

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RAPPORT DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. REPORT

Publication 146

Première édition — First edition

1963

**Cellules, éléments, assemblages et groupes redresseurs
semiconducteurs monocristallins**

**Monocrystalline semiconductor rectifier cells, stacks,
assemblies and equipments**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RAPPORT DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. REPORT

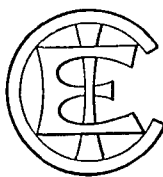
Publication 146

Première édition — First edition

1963

**Cellules, éléments, assemblages et groupes redresseurs
semiconducteurs monocristallins**

**Monocrystalline semiconductor rectifier cells, stacks,
assemblies and equipments**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE	4
PREFACE	4
100 <i>Généralités</i>	6
105 Domaine d'application	6
110 Note	6
120 Termes généraux	6
130 Termes et définitions électriques et physiques	14
140 Désignation des enroulements de transformateur	22
160 Termes relatifs à la variation de tension	22
165 Caractéristiques du réseau à courant alternatif	26
175 Conditions de service	28
180 Exécution des essais	30
185 Liste des principaux symboles	32
200 <i>Cellules et éléments</i>	34
210 Conditions de service	34
220 Caractéristiques nominales	38
225 Tension inverse nominale	42
230 Indications à fournir	44
240 Marquage	44
250 Essais	46
300 <i>Transformateurs et inductances</i>	56
310 Généralités	56
330 Essais	56
340 Pertes et chutes de tension dans les transformateurs et inductances	58
350 Essais d'isolement	68
360 Essais d'échauffement des transformateurs	68
370 Plaque signalétique	76
400 <i>Groupes et assemblages redresseurs</i>	78
420 Couplages et facteurs pour les calculs	78
430 Caractéristiques nominales	80
440 Indication des pertes ou du rendement, du facteur de puissance et de la variation de tension	84
450 Prescriptions relatives au fonctionnement	90
460 Plaque signalétique	92
470 Essais	96
480 Protection	104
500 <i>Tolérances éventuelles</i>	108
ANNEXE A	110

CONTENTS

	Pages
FOREWORD	5
PREFACE	5
100 <i>General</i>	7
105 Scope	7
110 Note	7
120 General terms	7
130 Electrical and physical terms and definitions	15
140 Designation of transformer windings	23
160 Terms used in connection with voltage regulation	23
165 A.C. system conditions	27
175 Service conditions	29
180 Performance of tests	31
185 List of principal symbols	33
200 <i>Cells and stacks</i>	35
210 Service conditions	35
220 Ratings	39
225 Rated reverse voltages	43
230 Declaration of data	45
240 Marking	45
250 Tests	47
300 <i>Transformers and reactors</i>	57
310 General	57
330 Tests	57
340 Losses and voltage drops in the transformer and reactors	59
350 Insulation tests	69
360 Transformer temperature-rise tests	69
370 Rating plate	77
400 <i>Rectifier equipments and assemblies</i>	79
420 Electrical connections and calculation factors	79
430 Ratings	81
440 Declaration of losses or efficiency, power-factor and regulation	85
450 Performance requirements	91
460 Rating plate	93
470 Tests	97
480 Protection	105
500 <i>Tolerances, if any</i>	109
APPENDIX A	111

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CELLULES, ÉLÉMENTS, ASSEMBLAGES ET GROUPES
REDRESSEURS SEMICONDUCTEURS MONOCRISTALLINS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Études 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.
- 5) La C.E.I. n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PRÉFACE

Le premier projet du présent rapport a été discuté en 1957 à Moscou par le Comité d'Études N° 22 et le Sous-Comité 22-2. Les discussions se sont poursuivies lors des réunions tenues à Ludvika et à Stockholm en 1958 et à Paris en 1959. A la suite de la réunion de Paris, un projet définitif a été soumis aux Comités nationaux en janvier 1961, pour approbation suivant la Règle des Six Mois.

Les 18 pays suivants ont voté explicitement en faveur de la publication de ce rapport:

Allemagne	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
États-Unis d'Amérique	Suède
France	Suisse
Inde	Tchécoslovaquie
Italie	Turquie
Japon	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Aucun pays n'a voté contre l'approbation.

Les observations présentées par l'Allemagne, les États-Unis, la France, le Japon, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Suisse, la Tchécoslovaquie et l'U.R.S.S. ont été prises en considération par le Secrétariat, pour autant qu'elles ne changent pas le sens du texte approuvé par le Comité d'Études N° 22. Les autres observations seront examinées à l'occasion de la première révision du présent rapport prévue dans quelques années.

Note du Secrétariat

Pendant que ce rapport était soumis à la Règle des Six Mois, le Comité National Britannique a fait remarquer que la méthode d'essai prévue à l'article 472.2 pour la mesure des pertes peut amener des erreurs considérables dans certaines circonstances, spécialement dues aux réactances de fuite dans les connexions monophasées.

Le Comité National Britannique a proposé d'utiliser dans les cas de connexions monophasées une méthode basée sur celle qui est indiquée pour la mesure de la chute de tension dans l'arc, dans la Publication 84 de la CEI: «Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure.»

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MONOCRYSTALLINE SEMICONDUCTOR RECTIFIER CELLS,
STACKS, ASSEMBLIES 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 recognized 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.
- 5) The I.E.C. has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

The first draft of the present Report was discussed in 1957 in Moscow by Technical Committee No. 22 and its Sub-Committee 22-2. Further discussions took place at the meetings held in Ludvika and Stockholm, 1958, and in Paris, 1959. As a result of the Paris meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1961.

The following 18 countries voted explicitly in favour of publication of this Report:

Austria	Netherlands
Belgium	Norway
Czechoslovakia	Romania
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
India	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America

No country voted against approval.

The comments submitted by Czechoslovakia, France, Germany, Japan, Netherlands, Switzerland, United Kingdom, U.S.A. and U.S.S.R. have been taken into consideration by the Secretariat in so far as they do not change the meaning of the text approved by Technical Committee No. 22. The remaining comments will be considered on the occasion of the first revision of the present Report foreseen within a few years.

Note by the Secretariat

When this Report was considered under the Six Months' Rule, the British National Committee pointed out that the method of power loss measurement given below in Clause 472.2 may under some circumstances (especially in single-way connections, due to leakage reactances) suffer from serious errors.

The British National Committee proposed that for single-way connections a method should be used which is based on that given for arc voltage drop measurements in I.E.C. Publication 84: Recommendations for Mercury-arc Convertors.

100 GÉNÉRALITÉS

105 Domaine d'application du rapport

Le présent rapport s'applique aux cellules redresseuses du type à semiconducteur monocristallin, telles que celles au germanium et au silicium, et actuellement, uniquement aux diodes destinées à fonctionner sur des réseaux à courant alternatif de fréquence comprise entre 15 Hz et 2 000 Hz et fournissant du courant continu sous des tensions ne dépassant pas 5 000 V. Il s'applique aux groupes et assemblages redresseurs d'une puissance nominale par cellule égale ou supérieure à 10 W. Le rapport ne s'applique pas aux cellules ou éléments redresseurs utilisés dans des appareils de télécommunications, autres que ceux alimentant en énergie ces appareils, ni aux cellules ou éléments redresseurs utilisés comme auxiliaires d'appareils de mesure.

Ce rapport s'applique également aux dispositifs semiconducteurs commandés et à ceux à caractéristiques asservies destinés à être utilisés dans les convertisseurs de puissance. Ce rapport doit les englober dans la mesure actuellement applicable; il sera étendu de façon à les englober en détail à une date ultérieure.

Pour les petits matériels de ces catégories dans lesquels on utilisait précédemment des cellules polycrystallines, les recommandations pour ces groupes redresseurs sont applicables s'il y a lieu.

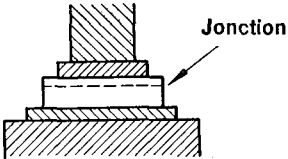
110 Note

Les termes, définitions, symboles, etc. adoptés dans ce document sont, dans toute la mesure du possible, conformes aux publications spéciales de la C.E.I. dans le domaine des termes, définitions, symboles, etc. En cas contraire, ils ne doivent pas être considérés comme des recommandations officielles de la C.E.I., mais uniquement comme un moyen de faciliter la compréhension du présent document.

Pour les autres termes et définitions dans ce domaine et ne figurant pas ci-dessous, se reporter au Vocabulaire Electrotechnique International de la C.E.I.

120 Termes généraux

121 Termes physiques relatifs aux éléments constitutants et assemblages

Termes	Exemples
121.1 <i>Jonction redresseuse</i> Dans une matière semiconductrice monocristalline, jonction qui présente une conductibilité dissymétrique suivant la polarité de la tension qui lui est appliquée.	

100 GENERAL

105 Scope of this report

This Report applies to rectifier cells of the monocrystalline semiconductor type, for example, germanium and silicon, at present only to power diodes for operation at a.c. supplies and frequencies between 15 Hz (c/s) and 2 000 Hz (c/s), and for d.c. power for voltages not exceeding 5 000 V. It applies to rectifier equipments and assemblies having a rated output per cell of 10 W and above. The Report does not apply to rectifier cells or stacks for use in telecommunication apparatus other than for power supplied to such apparatus, nor does it include rectifier cells or stacks used as auxiliaries of measuring instruments.

This Report also applies to controlled semiconductor devices and those having trigger characteristics for use for power conversion. This Report shall cover them as far as applicable now and will be expanded to include them in detail at a later date.

For small equipments of such kinds where polycrystalline cells were previously used, the recommendations for such rectifier equipments are to be used where applicable.

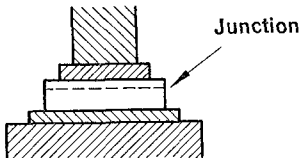
110 Note

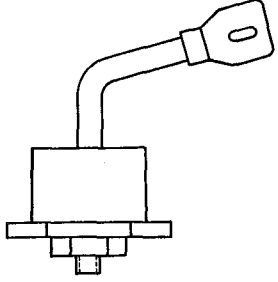
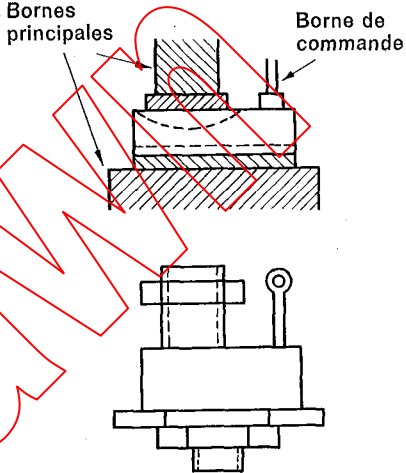
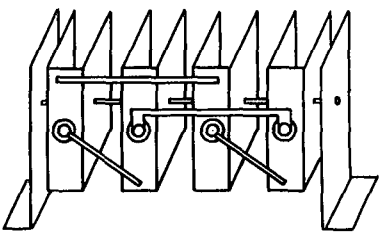
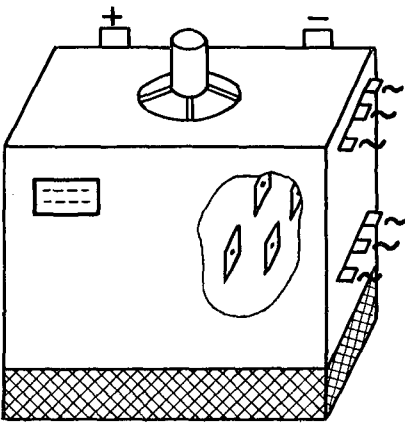
The terms, definitions, symbols, etc., adopted in this Report conform as closely as possible with the special I.E.C. Publications on terms, definitions, symbols etc. Where this is not so they are not to be regarded as official Recommendations of the I.E.C. but only as an aid to clarifying the present document.

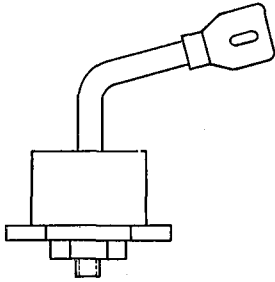
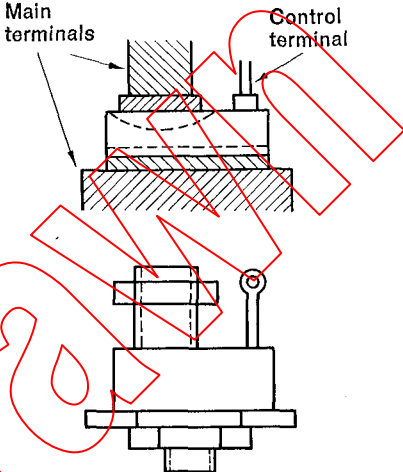
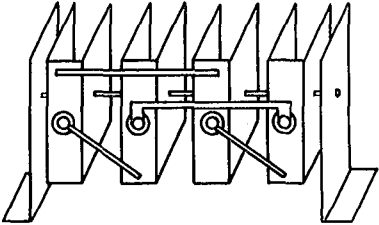
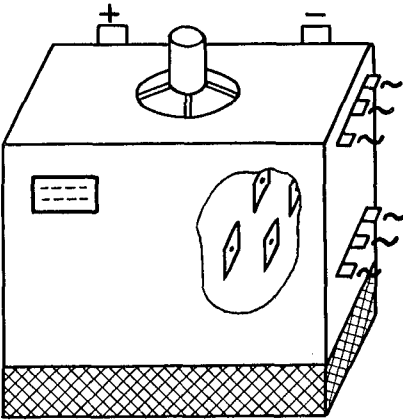
For other terms and definitions in this field, not included below, see the International Electro-technical Vocabulary of the I.E.C.

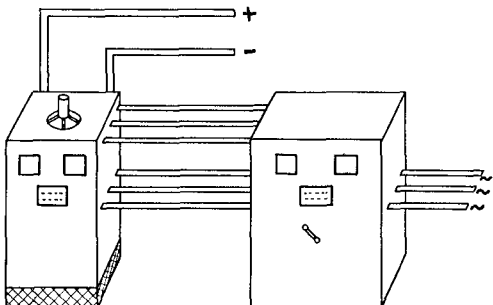
120 General terms

121 Physical terms relating to components and assemblies

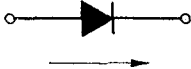
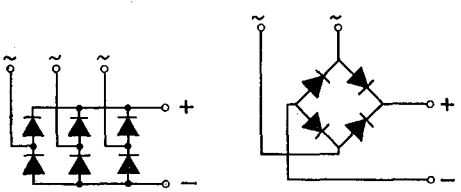
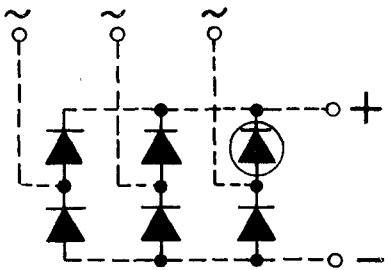
Terms	Examples
121.1 <i>Rectifier junction</i> A junction in a single crystal semiconductor material which presents an asymmetrical conductivity according to the polarity of the voltage applied to it.	

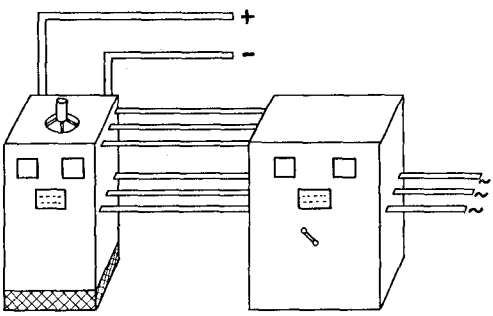
Termes	Exemples
121.2 <i>Cellule redresseuse (Diode redresseuse)</i> Dispositif redresseur élémentaire, consistant en une ou plusieurs jonctions redresseuses, présentant une conductibilité dissymétrique, complet dans son enveloppe et muni de moyens de refroidissement si ceux-ci en constituent une partie intégrante. <i>Note.</i> — Dans le présent rapport ce terme est abrégé en «cellule».	
121.3 <i>Cellule redresseuse commandée</i> Cellule redresseuse avec une ou plusieurs jonctions redresseuses et dont la conductibilité peut être commandée par des signaux électriques reçus par une ou plusieurs bornes de commande. <i>Note.</i> — Les cellules redresseuses commandées par des moyens non électriques, par exemple lumineux ou à champ magnétique, ne sont pas comprises.	
121.4 <i>Élément redresseur</i> Groupement unitaire d'une ou plusieurs cellules redresseuses avec le ou les dispositifs de montage correspondants, organes de refroidissement, s'il en existe, et moyens de raccordement électriques ou mécaniques.	
121.5 <i>Assemblage d'éléments redresseurs</i> Assemblage électrique et mécanique de cellules ou éléments, complet avec tous ses moyens de raccordement ainsi que les moyens de refroidissement, s'il en existe, compris dans son enveloppe mécanique.	

Terms	Examples
121.2 <i>Rectifier cell (Rectifier diode)</i> The elementary rectifying device, consisting of one or more rectifier junctions which presents an asymmetrical conductivity, complete in its envelope, and with cooling means if integral with it. <i>Note.</i> — In this Report this term is abbreviated as "cell".	
121.3 <i>Controlled rectifier cell</i> A rectifier cell with one or more rectifier junctions, the conductivity of which may be controlled by electrical signals supplied to one or more control terminals. <i>Note.</i> — Rectifier cells, controlled by non-electrical means, for instance light or magnetic field, are not included.	
121.4 <i>Rectifier stack</i> A single structure of one or more rectifier cells with its (their) associated mounting(s), cooling attachments, if any, and connections whether electrical or mechanical.	
121.5 <i>Rectifier assembly</i> An electrically and mechanically combined assembly of cells or stacks, complete with all its connections, together with means for cooling, if any, in its own mechanical structure.	

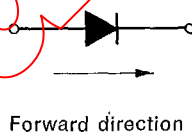
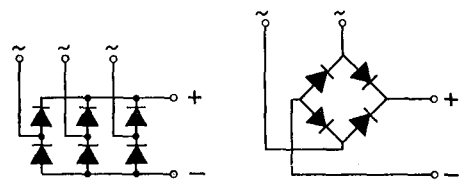
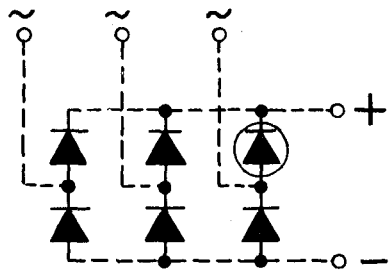
Termes	Exemples
121.6 Groupe redresseur Ensemble d'utilisation comprenant un ou plusieurs assemblages d'éléments redresseurs ainsi que des transformateurs, organes essentiels de coupure et autres accessoires, s'il en existe, destiné à la conversion du courant alternatif en courant continu.	

122 Termes utilisés en relation avec les schémas de circuits

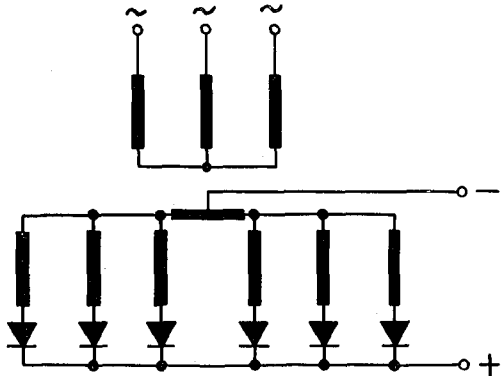
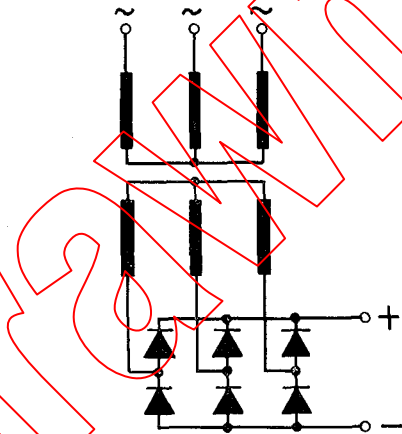
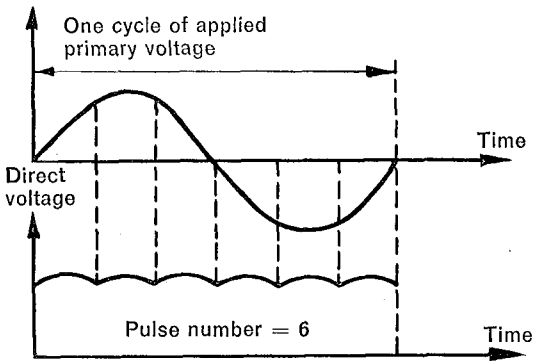
Termes	Exemples
122.1 Soupape Élément de circuit limité par une borne positive et une borne négative et caractérisé par le fait qu'il ne laisse passer effectivement le courant que dans un seul sens. <i>Note.</i> — Dans la pratique, une soupape peut être constituée soit d'une cellule, soit de plusieurs cellules reliées en série, en parallèle, ou en série-parallèle. Ceci revient à dire que l'élément constituant correspondant peut être une partie ou l'ensemble d'un élément redresseur ou d'un assemblage d'éléments redresseurs.	 Sens direct
122.2 Montage redresseur Mode de connexion d'une ou plusieurs soupapes en vue de la conversion du courant alternatif en courant continu.	
122.3 Branche d'un montage redresseur Une des soupapes d'un montage redresseur.	

Terms	Examples
121.6 Rectifier equipment An operative assembly comprising one or more rectifier assemblies, together with transformers, essential switching devices and other auxiliaries, if any, for the conversion of alternating current into direct current.	

122 Terms used in connection with circuit diagrams

Terms	Examples
122.1 Rectifying element (rectifier circuit element) A circuit element bounded by one positive and one negative terminal, and having the characteristic of conducting current effectively in only one direction. <i>Note.</i> — 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. That means that the corresponding component may be either the part or the whole of a stack or a stack assembly.	
122.2 Rectifier connection A method of connecting one or more rectifying elements for the conversion of alternating current into direct current.	
122.3 Arm of a rectifier connection One rectifying element of a rectifier connection.	

Termes	Exemples
122.4 <i>Montage à simple voie</i> Mode de connexion dans lequel chacune des bornes de phase du circuit de courant alternatif ou chacun des enroulements côté cellule du transformateur n'est relié qu'à une borne d'une seule branche d'un montage redresseur.	
122.5 <i>Montage à deux voies</i> Mode de connexion dans lequel chacune des bornes de phase du circuit de courant alternatif ou chacun des enroulements côté cellule du transformateur est relié à une connexion réunissant 2 branches d'un montage redresseur, les 2 branches étant reliées à des bornes de polarité opposée.	
122.6 <i>Indice de pulsation p</i> Caractéristique d'un montage de convertisseur exprimée par le nombre de commutations non simultanées se produisant au cours d'un cycle dans le convertisseur.	
122.7 <i>Indice de commutation q</i> Nombre de commutations se produisant au cours d'une période dans chaque groupe commutant.	

Terms	Examples
122.4 <i>Single-way connection</i> A method of connection such that each of the phase terminals of the a.c. circuit or of the transformer cell windings is connected only to one terminal of one arm of a rectifier connection.	
122.5 <i>Double-way connection</i> A method of connection such that each of the phase-terminals of the a.c. circuit or of the transformer cell windings, is connected to an interconnection of two arms of a rectifier connection, the two arms interconnected with terminals of opposite polarity.	
122.6 <i>Pulse number p</i> A characteristic of a converter connection expressed as the number of non-simultaneous commutations occurring during one cycle in the converter.	Alternating voltage 
122.7 <i>Commutating number q</i> The number of commutations occurring during one cycle in each commutating group.	

130 Termes et définitions électriques et physiques

131 Termes relatifs aux cellules redresseuses.

131.1 Sens direct

Sens pour lequel une cellule redresseuse possède la conductance la plus élevée.

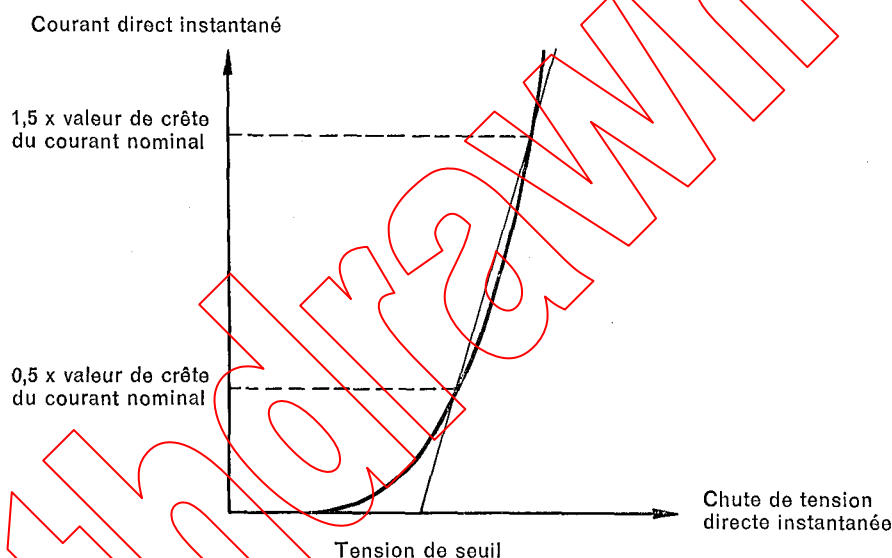
131.2 Chute de tension directe

Chute de tension qui résulte du passage du courant dans le sens direct.

131.3 Tension de seuil U_{th}

Valeur de la chute de tension directe obtenue au point de rencontre avec l'axe des abscisses d'une droite représentant approximativement la caractéristique tension-courant direct de la cellule.

Note. — Il est recommandé de prendre pour représentation approximative la droite qui coupe la caractéristique tension-courant de la cellule aux points ayant pour abscisses 0,5 et 1,5 fois la valeur de crête du courant nominal spécifié à l'article 223.



131.4 Résistance différentielle r_d

Valeur de la résistance directe, calculée à partir de la pente de la droite utilisée pour déterminer la tension de seuil.

Note. — La tension de seuil et la résistance différentielle dépendent toutes deux de la température.

131.5 Sens inverse

Sens dans lequel une cellule redresseuse a la conductance la plus faible.

131.6 Courant inverse

Courant passant dans le sens inverse d'une cellule redresseuse.

131.7 Courant direct

Courant passant dans le sens direct d'une cellule redresseuse.

132 Caractéristiques électriques des soupapes

132.1 Chute de tension directe instantanée

Valeur instantanée de la chute de tension directe (paragraphe 131.2) d'une soupape pour un courant direct donné.

130 Electrical and physical terms and definitions

131 Terms relating to rectifier cells

131.1 Forward direction

The direction in which a rectifier cell has the higher conductance.

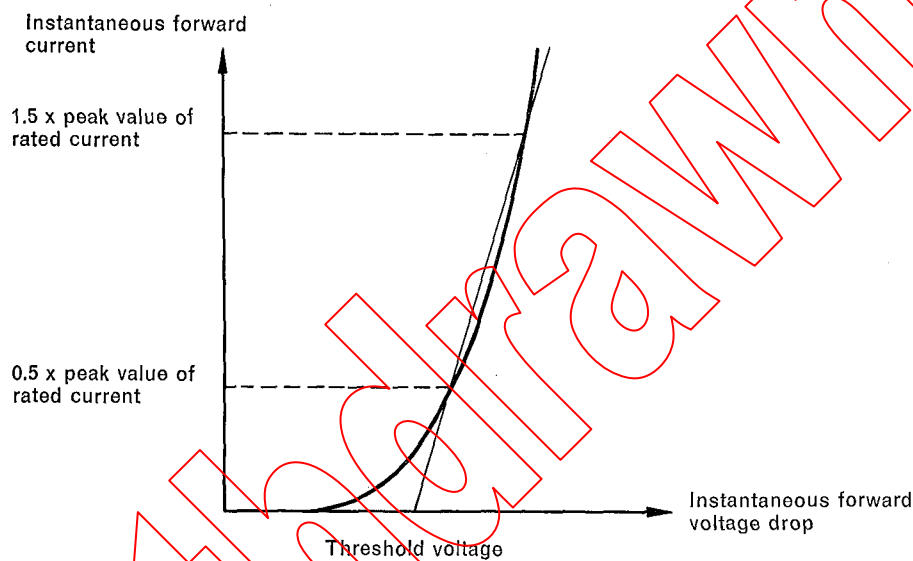
131.2 Forward voltage drop

The voltage drop which results from the flow of current in the forward direction.

131.3 Threshold voltage U_{th}

The value of the forward voltage drop obtained at the intersection with the axis for zero current of a straight line, approximating the forward voltage-current characteristic of the cell.

Note. — A recommended approximation is a straight line, crossing the voltage current characteristic of the cell at 0.5 and 1.5 times peak value of rated current as specified in Clause 223.



131.4 Differential resistance r_t

The value of forward resistance, calculated from the slope of the straight line, used when determining the threshold voltage.

Note. — Both threshold voltage and differential resistance are temperature dependent.

131.5 Reverse direction

The direction in which a rectifier cell has the lower conductance.

131.6 Reverse current

The current which flows in the reverse direction of a rectifier cell.

131.7 Forward current

The current which flows in the forward direction of a rectifier cell.

132 Electrical characteristics of rectifying elements

132.1 Instantaneous forward voltage drop

The instantaneous value of forward voltage drop (Sub-clause 131.2) of a rectifying element at a given forward current.

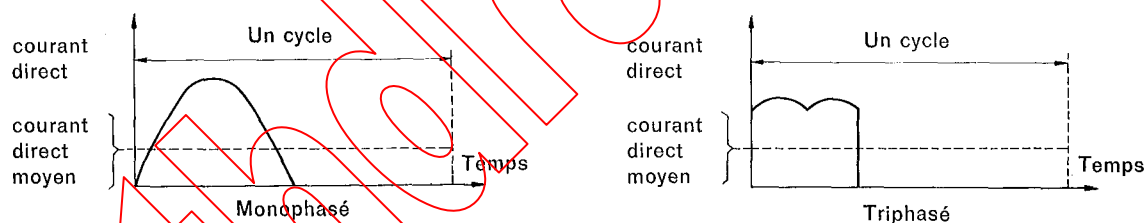
- 132.2 *Chute de tension directe moyenne U_a* (moyenne d'un cycle complet)
Valeur moyenne arithmétique, pendant un cycle complet d'une forme d'onde spécifiée, de la chute de tension directe (paragraphe 131.2) d'une soupape.
- 132.3 *Chute de tension de conduction directe moyenne*
Valeur moyenne arithmétique, pendant une période de conduction directe de forme d'onde spécifiée, de la chute de tension directe (paragraphe 131.2) d'une soupape.
- 132.4 *Courant inverse instantané*
Valeur instantanée du courant (paragraphe 131.6) pour une tension inverse donnée.
- 132.5 *Courant inverse moyen*
Valeur moyenne arithmétique, pendant un cycle complet avec une valeur et une forme d'onde caractérisant la tension appliquée, du courant inverse (paragraphe 131.6) passant par une soupape.

133 Conditions de fonctionnement du circuit qui agissent sur les soupapes

133.1 Sens direct

133.1.1 Courant direct moyen I_a

Valeur moyenne arithmétique pendant un cycle complet du courant en sens direct d'une soupape, à l'exclusion du courant inverse.



Note. — Les valeurs nominales du courant direct pour les cellules et éléments sont attribuées par le constructeur conformément à l'article 223.

133.2 Sens inverse

133.2.1 Tension de crête inverse effective U_r

Valeur de crête de la tension du circuit appliquée aux bornes de la cellule ou de la soupape en sens inverse, à l'exclusion des surtensions oscillatoires récurrentes dues à la commutation (paragraphe 133.2.2) et des surtensions transitoires occasionnelles (paragraphe 133.2.3).

133.2.2 Tension inverse périodique maximale U_{rm}

Valeur maximale de la surtension périodique appliquée aux bornes de la cellule ou de la soupape en sens inverse, y compris les effets de circuit tels que la commutation, mais à l'exclusion des surtensions transitoires occasionnelles (article 133.2.3).

133.2.3 Tension de crête inverse transitoire U_{rt}

Valeur de crête d'une tension de choc non périodique quelconque appliquée aux bornes de la cellule ou de la soupape en sens inverse et due à une onde transitoire occasionnelle dans le circuit.

132.2 *Average forward voltage drop U_a* (averaged over a full cycle)

The average value of the forward voltage drop (Sub-clause 131.2) of a rectifying element averaged over a full cycle of specified waveshape.

132.3 *Average forward conduction voltage drop*

The average value of the forward voltage drop (Sub-clause 131.2) of a rectifying element averaged over a forward conduction period of a specified waveshape.

132.4 *Instantaneous reverse current*

The instantaneous value of reverse current (Sub-clause 131.6) at a given reverse voltage.

132.5 *Average reverse current*

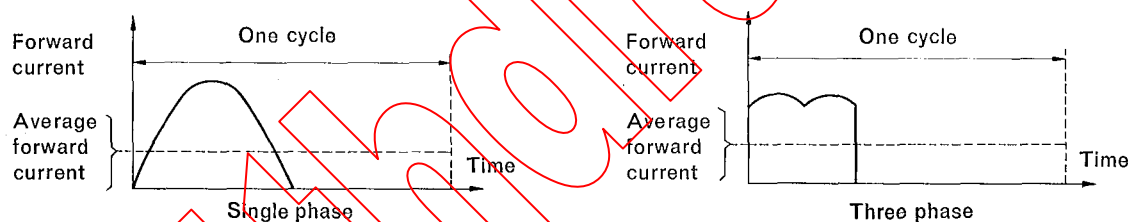
The average value of reverse current (Sub-clause 131.6) through a rectifying element and averaged over a full cycle with specified magnitude and waveform of applied voltage.

133 Circuit operating conditions affecting rectifying elements

133.1 *Forward direction*

133.1.1 *Average forward current, I_a*

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



Note. — Forward current ratings for cells and stacks are assigned by the manufacturer in accordance with Clause 223.

133.2 *Reverse direction*

133.2.1 *Crest working reverse voltage, U_r*

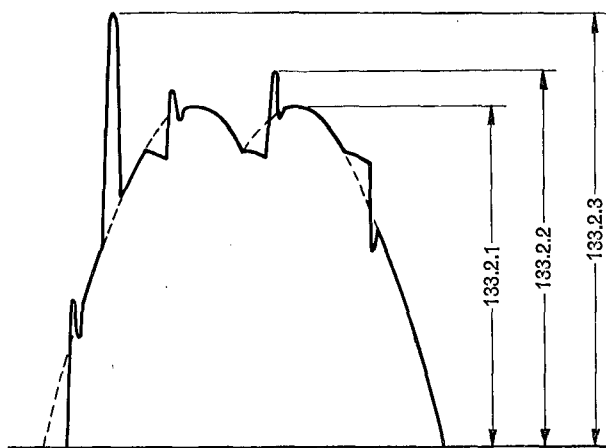
The crest value of the circuit voltage applied across the cell or rectifying element in the reverse direction, excluding recurrent oscillatory overvoltages due to commutation (Sub-clause 133.2.2) and excluding random transient overvoltages (Sub-clause 133.2.3)

133.2.2 *Maximum recurrent reverse voltage, U_{rm}*

The maximum value of the periodic overvoltage impressed across the cell or rectifying element in the reverse direction including circuit effects such as commutation, but excluding random transient overvoltages (Sub-clause 133.2.3).

133.2.3 *Peak transient reverse voltage, U_{rt}*

The peak value of any non-periodic surge voltage impressed across the cell or rectifying element in the reverse direction, due to a random circuit transient.



Exemple pour les paragraphes 133.2.1 à 133.2.3

- Notes 1) — La tension définie au paragraphe 133.2.1 est la valeur de crête de la tension nominale du circuit (y compris les fluctuations de la tension d'alimentation) pour le raccordement du redresseur.
- 2) — La tension définie au paragraphe 133.2.2 se produit dans un raccordement de redresseur en raison des propriétés des jonctions redresseuses en combinaison avec les constantes du circuit et dépend dans une certaine mesure de la façon dont le raccordement est conçu.
- 3) — Les causes des tensions de choc définies au paragraphe 133.2.3 ne dépendent pas habituellement du mode de réalisation de raccordement, mais ces tensions peuvent souvent être réduites si l'on prévoit des dispositifs éliminant les ondes de choc.
- 4) — Les valeurs nominales de la tension inverse pour les cellules et éléments sont attribuées par le constructeur conformément à l'article 125. Des valeurs nominales différentes pour les tensions périodiques définies par les paragraphes 133.2.1 et 133.2.2 peuvent être attribuées aux cellules et éléments dont la dissipation inverse est importante. Dans de nombreux cas, on attribue une autre valeur nominale pour la tension de choc non périodique définie au paragraphe 133.2.3.

134 Définitions relatives au rendement

134.1 Rendement de conversion

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

134.2 Rendement en puissance

Rapport entre la puissance débitée 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. En conséquence, le rendement de conversion a une valeur plus faible. Pour un redresseur monophasé, deux alternances (pleine onde), le rendement de conversion maximal théorique est de 81 % en admettant que la charge est résistive.

135 Facteurs du côté alternatif

135.1 Facteur de puissance global

$$\lambda = \frac{\text{puissance active}}{\text{puissance apparente}}$$

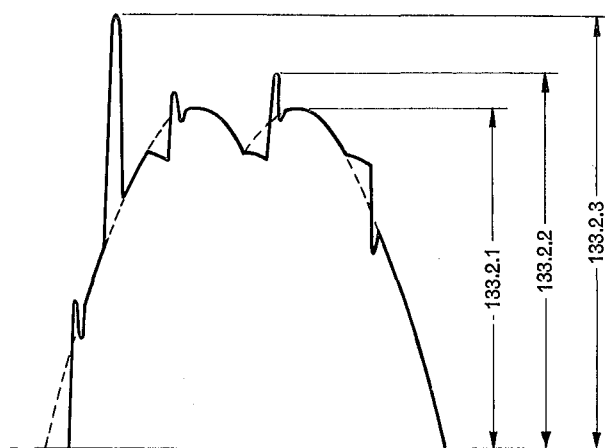


Illustration to Sub-clauses 133.2.1 to 133.2.3

- Notes 1) — The voltage defined by Sub-clause 133.2.1 is the crest value of the nominal circuit voltage for the rectifier connections (including a.c. supply voltage variations).
- 2) — The voltage defined by Sub-clause 133.2.2 occurs in a rectifier connection due to rectifier junction properties in conjunction with circuit constants, and is to some extent under the control of the connection designer.
- 3) — The causes of surge voltages defined by Sub-clause 133.2.3 are usually outside the control of the connection designer, but these voltages may often be minimized by the provision of surge suppression components.
- 4) — Reverse voltage ratings for cells and stacks are assigned by the manufacturer in accordance with Clause 225. Cells and stacks whose reverse dissipation is significant may be assigned different rated values of the periodic voltages defined by Sub-clauses 133.2.1 and 133.2.2. In many cases a further rating will be assigned for the non-periodic surge voltage defined by Sub-clause 133.2.3.

134 Efficiency definitions

134.1 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.

134.2 Power efficiency

The ratio between the output power 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 resistance load.

135 Factors on a.c. side

135.1 Total power-factor

$$\lambda = \frac{\text{active power}}{\text{apparent power}}$$

135.2 *Facteur de puissance de l'onde fondamentale ou facteur de déphasage*

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

135.3 *Facteur de déformation*

$$v = \frac{\lambda}{\cos \varphi}$$

136 Définitions relatives aux valeurs nominales

136.1 *Valeurs nominales (d'un élément, assemblage ou groupe redresseur)*

Indication de ses possibilités dans les conditions de service du présent rapport, telles qu'elles lui sont attribuées par le constructeur. Elle comprend les grandeurs énumérées et définies ci-dessous, indiquées sur la plaque signalétique ou d'une autre manière, conformément au présent rapport.

138 Valeurs nominales des transformateurs de redresseurs

138.1.1 *Fréquence nominale f_1*

Fréquence du réseau du côté alternatif du transformateur, spécifié comme base du régime nominal.

138.1.2 *Tension nominale U_{L1} de l'enroulement côté réseau*

Tension efficace entre phases du côté réseau du transformateur, spécifiée comme base du régime nominal. Si l'enroulement côté réseau est muni de prises, la tension nominale de l'enroulement côté réseau doit se rapporter à une prise spécifiée, désignée sous le nom de prise principale.

138.1.3 *Tension nominale U_{V0} de l'enroulement côté cellule*

138.1.3.1 Pour les montages à une voie: Tension efficace à vide entre bornes de phase et de neutre de l'enroulement côté cellule (paragraphe 140.2), l'enroulement côté réseau (paragraphe 140.1) étant sous la tension nominale.

138.1.3.2 Pour les montages à deux voies: Tension efficace à vide entre bornes de phase à commutation consécutive des enroulements côté cellule d'un groupe de commutation, l'enroulement côté réseau étant sous la tension nominale.

138.1.4 *Courant nominal I_{L1} du côté réseau*

Courant efficace passant par les bornes de ligne du transformateur. Pour un matériel polyphasé, il est calculé à partir du courant continu nominal en se basant sur des courants de forme rectangulaire dans les branches du redresseur. Pour un matériel monophasé, la base du calcul fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

138.1.5 *Courant nominal I_{V1} du côté cellule*

Courant efficace passant dans chaque borne du transformateur du côté cellule. Pour un matériel polyphasé, il est calculé à partir du courant continu nominal en se basant sur des courants de forme rectangulaire dans les branches du redresseur. Pour un matériel monophasé, la base du calcul fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

138.1.6 *Puissance nominale de l'enroulement côté réseau*

Puissance apparente totale, exprimée en kVA, aux bornes côté réseau, à la fréquence nominale, sous la tension nominale côté réseau et avec le courant continu nominal du convertisseur, calculé conformément au paragraphe 138.1.4.

135.2 *Power-factor of the fundamental wave, or displacement factor*

$$\cos \varphi = \frac{\text{active power of the fundamental wave}}{\text{apparent power of the fundamental wave}}$$

135.3 *Distortion factor*

$$v = \frac{\lambda}{\cos \varphi}$$

136 Rating definitions

136.1 *Ratings (of a rectifier stack, assembly or equipment)*

A statement of its capabilities under the service conditions of this Report, as assigned to it by the manufacturer. It comprises the quantities listed and defined below and indicated on the rating plate or in other ways, according to this Report.

138 Ratings for rectifier transformer

138.1.1 *Rated frequency f_1*

The frequency of the source of supply on the a.c. side of the transformer specified as the basis of rating.

138.1.2 *Rated voltage U_{L1} of line winding*

The r.m.s. voltage between lines on the line side of the transformer specified as the basis of rating. If the line winding is provided with taps, the rated voltage of the line winding shall refer to a specified tap, which is designated as the principal (rated) tap.

138.1.3 *Rated voltage U_{v0} of cell winding*

138.1.3.1 For single-way connections: The r.m.s. no-load voltage between phase and neutral terminals of the cell winding (Sub-clause 140.2) at rated voltage on the line winding (Sub-clause 140.1).

138.1.3.2 For double-way connections: the r.m.s. no-load voltage between consecutive commutating phase terminals of the cell windings of a commutating group, at rated voltage on the line winding.

138.1.4 *Rated current I_{L1} on line side*

The r.m.s. current of the line terminals of the transformer. For polyphase equipment this is computed from the rated direct current on the basis of rectangular-shaped rectifier arm currents. For single-phase equipment the basis of calculation is that agreed between the purchaser and the manufacturer.

138.1.5 *Rated current I_{v1} on cell side*

The r.m.s. current in each terminal of the transformer on the cell side. For polyphase equipment this is computed from the rated direct current on the basis of rectangular-shaped rectifier arm currents. For single-phase equipment the basis of calculation is that agreed between the purchaser and the manufacturer.

138.1.6 *Rated line kVA of the transformer line side winding*

The total apparent power expressed in kVA, at the line side terminals, at rated frequency, rated line side voltage, and at rated direct current of the converter, computed in accordance with Sub-clause 138.1.4.

139 Valeurs nominales des groupes et assemblages redresseurs

139.1 Puissance nominale débitée

Produit de la tension continue nominale par le courant continu nominal, que le dispositif peut fournir avec le cycle de service stipulé dans les conditions spécifiées dans le présent rapport et dans les limites de fonctionnement qui lui sont attribuées par le constructeur.

139.2 Courant continu nominal I_{d1}

Courant continu spécifié comme base du régime nominal. C'est la valeur moyenne arithmétique du courant continu que le groupe ou assemblage redresseur peut supporter dans les conditions spécifiées de cycle de charge et de service.

139.3 Tension continue nominale U_{d1}

Tension continue prise comme base du régime nominal. C'est la valeur moyenne arithmétique de la tension continue entre les bornes côté continu du groupe ou de l'assemblage redresseur parcourues par le courant continu normal.

139.4 Tension nominale d'entrée

Valeur efficace de la tension entre phases du circuit de courant alternatif sur laquelle le groupe doit fonctionner et sur laquelle doivent être basées les caractéristiques de fonctionnement indiquées.

139.5 Courant nominal d'entrée

Valeur efficace du courant alternatif absorbé à partir de l'alimentation en courant alternatif au courant nominal. Pour un matériel polyphasé, elle est calculée en se basant sur des courants de forme rectangulaire dans les branches du redresseur. Pour un matériel monophasé, le base du calcul fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

140 Désignation des enroulements de transformateur

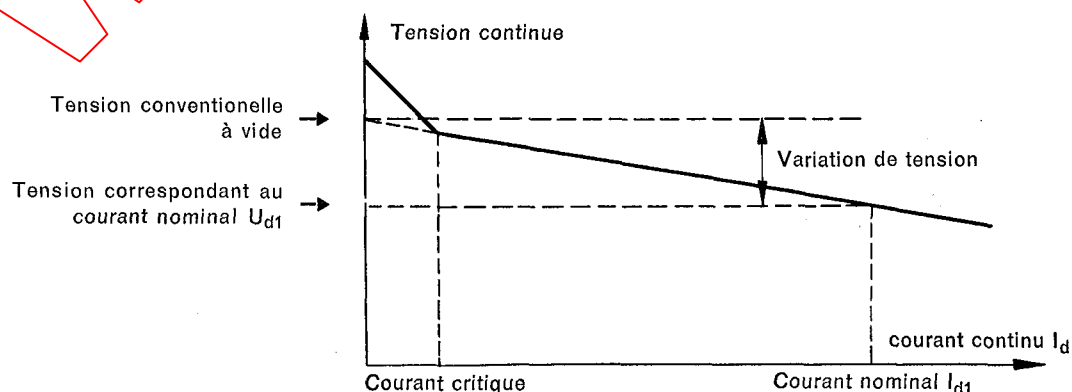
140.1 Enroulements côté réseau

Enroulements qui sont directement reliés au réseau de courant alternatif.

140.2 Enroulements côté cellule

Enroulements qui sont reliés aux cellules redresseuses d'un assemblage redresseur.

160 Termes relatifs à la variation de tension



139 Ratings for rectifier equipments and assemblies

139.1 *Rated output*

The product of the rated direct voltage and the rated direct current, which the device can deliver under the specified duty cycle in the conditions stated in this Report, and within the operating limitations assigned to it by the manufacturer.

139.2 *Rated direct current, I_{d1}*

The direct current specified as the basis of rating. It is the arithmetic mean value of the direct current which the rectifier equipment or assembly is capable of carrying under the specified load cycle and service conditions.

139.3 *Rated direct voltage, U_{d1}*

The direct voltage as the basis of rating. It is the arithmetic mean value of the direct voltage between d.c. terminals of the rectifier equipment or assembly at rated direct current.

139.4 *Rated input voltage*

The r.m.s. value of the voltage between lines of the a.c. circuit from which the equipment or assembly is to operate and on which the declared performance is to be based.

139.5 *Rated input current*

The r.m.s. value of the alternating current drawn from the a.c. supply at rated current. For polyphase equipment this is computed from the rated direct current on the basis of rectangular-shaped rectifier arm currents. For single-phase equipment the basis of calculation is that agreed between the purchaser and the manufacturer.

140 Designation of transformer windings

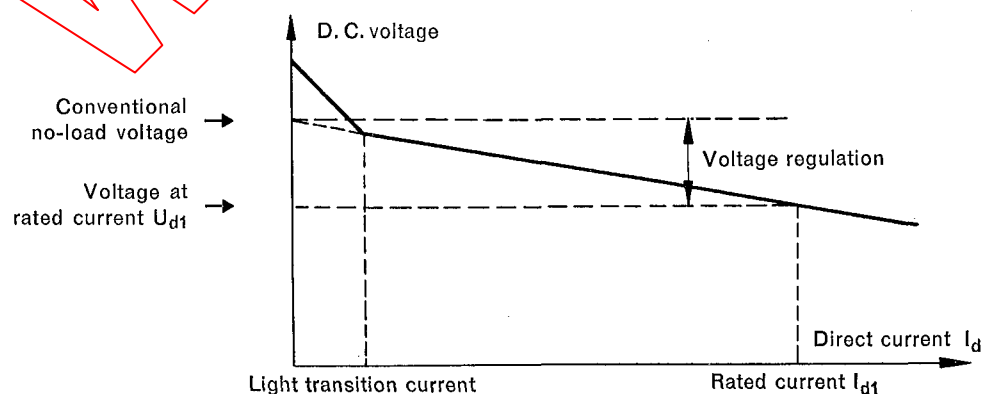
140.1 *Line windings*

The windings which are directly connected to the a.c. source of supply.

140.2 *Cell windings*

The windings which are connected to the rectifier cells of a rectifier assembly.

160 Terms used in connection with voltage regulation



160.1 *Courbe caractéristique tension-courant côté continu*

Relation existant entre les valeurs moyennes de la tension et du courant continu d'un groupe redresseur, exprimée sous forme d'une courbe pour des valeurs données de la tension et de la fréquence de l'alimentation en courant alternatif et pour une nature spécifiée de la charge.

160.2 *Tension conventionnelle à vide*

Valeur de la tension continue que l'on obtiendrait en prolongeant la courbe caractéristique tension-courant côté continu jusqu'à sa rencontre avec l'axe des ordonnées (voir figure).

160.3 *Tension continue fictive à vide*

La tension continue fictive à vide, en admettant qu'il n'y a pas de réduction due à une régulation du déphasage, de chute de tension dans les cellules, ni d'accroissement de tension pour de faibles charges, s'obtient à partir de la tension entre phase et neutre $U_{\psi 0}$, de l'indice de commutation q et du nombre de groupes reliés en série s , ou à partir de la tension entre deux phases des enroulements de la cellule $U_{\psi 0}$ et de l'angle ψ entre ces deux phases, au moyen de la formule:

$$U_{d10} = \sqrt{2} \cdot U_{\psi 0} \cdot \frac{q \cdot s}{\pi} \sin \frac{\pi}{q} = \sqrt{2} \cdot U_{\psi 0} \cdot \frac{q \cdot s}{2\pi} \cdot \frac{\sin \frac{\pi}{q}}{\sin \frac{\psi}{2}}$$

160.4 *Variation de tension*

Différence entre la tension continue pour le courant nominal et la tension conventionnelle à vide (voir figure) exprimée en volts, lorsque la tension efficace aux bornes côté réseau du groupe redresseur reste constante. Si on utilise un régulateur automatique de tension ou d'autres dispositifs de compensation, on applique le paragraphe 160.7.

Note. — La nature du circuit de charge de courant continu (par exemple condensateurs, force contre-électromotrice) peut influencer sur la variation de tension et en pareil cas il peut être nécessaire d'effectuer une étude spéciale.

160.5 *Variation propre de tension*

Variation de tension (voir paragraphes 160.4 et 443), sans tenir compte des effets de l'impédance du réseau de courant alternatif ni des effets correctifs du régulateur automatique de tension, si on en utilise un.

160.6 *Variation totale de tension*

Variation de tension (voir paragraphes 160.4 et 443), en tenant compte des effets de l'impédance du réseau de courant alternatif, lorsqu'elle est spécifiée, mais sans tenir compte des effets correctifs du régulateur automatique de tension, si on en utilise un.

160.7 *Variation de tension corrigée*

Variation de tension (voir paragraphe 160.4) dans le cas où on utilise un régulateur automatique de tension. On ne tient pas compte des effets produits sur la tension continue par des facteurs autres que les variations de charge.

160.8 *Ecart de la commande automatique*

Moitié de la différence entre les valeurs maximale et minimale de la tension continue de sortie, affectée du signe $\pm$. L'écart doit être spécifié pour une série bien déterminée de facteurs susceptibles de l'influencer, tels que variations de charge, tension alternative d'entrée, température, etc.

160.1 *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 for a given voltage, frequency of supply and specified character of load.

160.2 *Conventional no-load voltage*

The value of the direct voltage which would be obtained by extrapolating the d.c. output voltage/current characteristic back to zero current (see Figure).

160.3 *Ideal no-load d.c. voltage*

The ideal no-load d.c. voltage of a rectifier, which assumes no reduction by phase control, no voltage drop in the cells and no voltage rise at small loads, is obtained from the phase to neutral voltage U_{vo} , the commutation number q and the number of series connected commutating groups s , or from the voltage between any two phases of the cell windings, $U_{\psi o}$, and from the angle ψ between these two phases, by the formula:

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

160.4 *Voltage regulation*

The difference between the d.c. voltage at rated current and the conventional no-load d.c. voltage (see Figure) expressed in volts, when the r.m.s. voltage remains constant at the line side terminals of the rectifier equipment. If an automatic voltage regulator or other compensating means is used, then Sub-clause 160.7 is valid.

Note. — The nature of the d.c. load circuit (e.g. capacitors, back-e.m.f. load) may affect the voltage regulation and where this is so, special consideration may be required.

160.5 *Inherent voltage regulation*

The voltage regulation (see Sub-clauses 160.4 and 443), excluding the effect of a.c. system impedance and the correcting effect of the automatic voltage regulator if used.

160.6 *Total voltage regulation*

The voltage regulation (see Sub-clauses 160.4 and 443), including the effect of the a.c. system impedance where specified but excluding the correcting effect of the automatic voltage regulator if used.

160.7 *Corrected voltage regulation*

The voltage regulation (see Sub-clause 160.4) when an automatic regulator is used. The influence on d.c. voltage of other factors than load changes is to be excluded.

160.8 *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 shall be stated for a specific range of factors which may have influence on this, such as variations in load, input a.c. voltage, temperature, etc.

165 Caractéristiques du réseau à courant alternatif

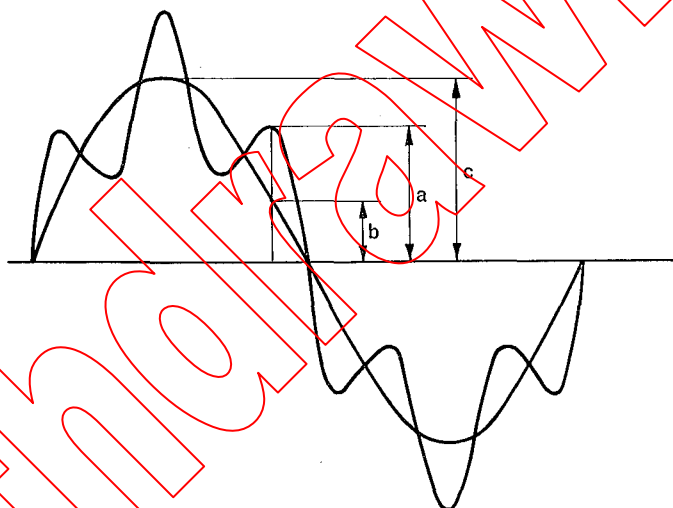
166 Forme d'onde de la tension alternative

- 166.1 Sauf spécification contraire, toutes les grandeurs nominales et autres indications rentrant dans le domaine d'application du présent rapport s'appliquent à une forme sinusoïdale de la tension alternative aux bornes côté alternatif des redresseurs ou groupes redresseurs, lorsque le matériel n'est pas en fonction.
- 166.2 La forme d'onde est considérée comme sinusoïdale dans le présent rapport si la valeur maximale de la différence $(a - b)$, indiquée sur la figure, b étant la valeur simultanée de l'onde fondamentale, ne dépasse pas 5 % de la valeur de crête c de l'onde fondamentale, c'est-à-dire une valeur :

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

Pour les redresseurs à 12 phases sans correction automatique de la dissymétrie, cette limite est réduite à 2,5 %, c'est-à-dire :

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



167 Impédance du réseau à courant alternatif

- 167.1 Pour les groupes redresseurs qui subissent l'influence de l'impédance du réseau à courant alternatif, on doit se conformer aux articles 165, 443, 444, 445 et 446 de la Publication 84 (1957) de la C.E.I.: Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure, en ce qui concerne l'influence de l'impédance du réseau à courant alternatif, dans la mesure applicable.

168 Variations de la tension et de la fréquence

168.1 *Éléments et cellules*

Pour les éléments et cellules, aucune augmentation de la tension inverse de crête de travail ou de la tension inverse instantanée périodique au-dessus des valeurs nominales n'est admise. On doit en tenir compte en choisissant la tension nominale des cellules et éléments utilisés dans les groupes et assemblages (voir paragraphe 168.2).

165 A.C. system conditions

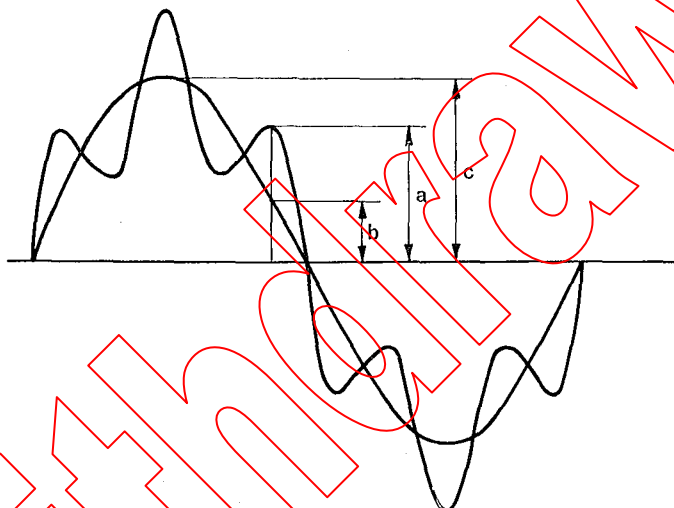
166 Waveform of alternating voltage

- 166.1 Where not otherwise specified, all ratings and other information given within the scope of this Report apply for a sinusoidal alternating voltage on the a.c. terminals of rectifiers or rectifier equipments, when the equipment is switched out.
- 166.2 The waveform of a voltage is considered sinusoidal in this Report, if the largest deviation ($a - b$) in the figure, 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

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



167 A.C. system impedance

- 167.1 For rectifier equipments where the effect of a.c. system impedance may be significant, Clauses 165, 443, 444, 445, and 446 of I.E.C. Publication 84 (1957), Recommendations for Mercury-arc Converters, relating to the influence of the a.c. system impedance, shall apply.

168 Voltage and frequency variations

168.1 *Stacks and cells*

For stacks and cells, no increase of the crest working reverse voltage or maximum recurrent reverse voltage above the rated values is permitted. Allowance for this must be made when selecting the voltage rating of cells and stacks used in equipments and assemblies (see Sub-clause 168.2).

168.2 Assemblages et groupes

Les assemblages et groupes doivent pouvoir fonctionner en service temporaire avec une tension d'entrée allant jusqu'à 110 % de la tension d'entrée nominale et une fréquence au moins égale à 95 % de la fréquence nominale, à condition qu'une diminution de la fréquence ne coïncide pas avec une augmentation de la tension. Lorsqu'une tension alternative comprise entre 100 et 110 % de la valeur nominale est appliquée, on ne doit pas dépasser le courant nominal et/ou la puissance nominale.

Note. — Des variations de la tension alternative d'alimentation dans les limites ci-dessus donnent naissance à une variation analogue de la tension de sortie continue à moins qu'on ne prenne des mesures de compensation.

169 Symétrie du systèmes polyphasés

169.1 Sauf spécification contraire, toutes les grandeurs nominales et autres indications rentrant dans le domaine du présent rapport s'appliquent, dans le cas d'une tension d'alimentation polyphasée, à un système de tensions symétriques.

169.2 Les tensions sont considérées comme symétriques si ni la composante inverse ni la composante homopolaire ne dépassent 5 % de la composante directe.

169.3 Si un système polyphasé n'est pas parfaitement symétrique tout en restant dans les limites définies au paragraphe 169.2, c'est la moyenne arithmétique de toutes les tensions entre phases que l'on doit prendre pour la tension d'alimentation.

175 Conditions de service

Les conditions de service sont tous les facteurs extérieurs (température ambiante, humidité de l'air, nature de la charge, etc.) qui peuvent exercer une influence sur le fonctionnement d'une cellule, d'un assemblage ou d'un groupe redresseur à semiconducteur.

176 Valeurs de la température

On peut spécifier différentes températures pour les éléments redresseurs et pour leur transformateur. Les valeurs des températures de fluides de refroidissement relatives aux cellules ou éléments sont indiquées à l'article 210 et pour les transformateurs dans la Publication 76 de la C.E.I.: Recommandations pour les transformateurs de puissance.

177 Nature de la charge

Etant donné que la nature de la charge peut affecter les caractéristiques de fonctionnement d'un groupe redresseur, on doit toujours spécifier la nature de la charge, par exemple: résistive, inductive, force contre-électromotrice, réaction, etc...

178 Conditions anormales de service et d'installation

Les conditions suivantes, si elles sont remplies, doivent être indiquées par l'acheteur avant la commande.

178.1 Contraintes mécaniques anormales telles que chocs et vibrations.

178.2 Eau de refroidissement pouvant entraîner des corrosions ou obstructions telle qu'eau de mer ou eau dure.

178.3 Présence de particules étrangères dans l'air ambiant telles qu'impuretés ou poussières anormales.

178.4 Air salin (par exemple à proximité de la mer), humidité élevée, chutes d'eau en gouttes ou gaz corrosifs.

168.2 *Assemblies and equipments*

Assemblies and equipments shall be capable of temporary operation with an input voltage up to 110 % of rated input voltage and a frequency not less than 95 % of rated frequency, provided that a decrease in frequency does not coincide with an increase in voltage. When a.c. voltage between 100 and 110 % of rated value is applied, rated current and/or rated power must not be exceeded.

Note. — Variations in the a.c. supply voltage, within the above limits, will give rise to a similar variation in the d.c. output voltage, unless compensating measures are taken.

169 **Symmetry of polyphase system**

169.1 When not otherwise specified, all ratings and other information given within the scope of this Report, in the case of a polyphase supply voltage, apply for a system with symmetrical voltages.

169.2 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.

169.3 If a polyphase system is not perfectly symmetrical but is within the limits of Sub-clause 169.2, 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 semi-conductor rectifier cell, stack, assembly or equipment.

176 **Temperature values**

Different temperatures may be specified for the rectifier cells or stacks and for the rectifier transformer. The values of cooling medium temperatures relating to the cells or stacks are given in Clause 210 and those relating to the transformer are given in I.E.C. Publication 76, Recommendations for Power Transformers.

177 **Character of load**

Because the character of the load may affect the performance characteristics of a rectifier equipment, the character of load must always be specified, e.g. resistive load, inductive load, counter-e.m.f. load, regenerative load etc.

178 **Unusual service and installation conditions**

The following conditions, if existing, should be declared by the purchaser before placing the order.

178.1 Unusual mechanical stresses, e.g. shocks and vibrations.

178.2 Cooling water which may cause corrosion or obstruction, e.g. sea water or hard water.

178.3 Foreign particles in the ambient air, e.g. abnormal dirt or dust.

178.4 Salt air (e.g. proximity to the sea), high humidity, dripping water or corrosive gases.

- 178.5 Exposition aux vapeurs d'eau ou d'huile.
- 178.6 Exposition à des mélanges explosifs de poussières ou gaz.
- 178.7 Fluide contenant des particules radioactives.
- 178.8 Température ambiante, si elle diffère des spécifications de l'article 212 et de la Publication 76 de la C.E.I.: Recommandations pour les transformateurs de puissance.
- 178.9 Exposition à des températures ambiantes inférieures à -30°C . (le matériel n'étant pas en fonction et sans eau de refroidissement).
- 178.10 Service à des températures ambiantes inférieures à:
 - 10°C avec refroidissement par air
 - 0°C avec refroidissement par eau
 - 5°C avec refroidissement à huile.
- 178.11 Valeurs élevées de l'humidité relative et de la température du genre de celles que l'on rencontre dans les climats semi-tropicaux ou tropicaux.
- 178.12 Variations importantes et brusques de la température et de l'humidité.
- 178.13 Altitude supérieure à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.
- 178.14 Superposition de tensions à haute fréquence.
- 178.15 Fréquences en dehors de la gamme de 15 à 2 000 Hz.
- 178.16 Variations de la tension d'alimentation supérieures à $\pm 10\%$.
- 178.17 Utilisation des cellules ou éléments redresseurs comme éléments de circuits de transducteurs.

Les autres conditions anormales de service non comprises dans cette énumération doivent également faire l'objet d'un accord spécial entre l'acheteur et le constructeur.

Les corrections à appliquer lors des essais de matériel spécifié comme devant fonctionner à des altitudes supérieures à 1 000 m et à des températures ambiantes supérieures à celles que l'on peut réaliser en usine sont indiquées quand il y a lieu dans les articles relatifs aux essais.

180 Exécution des essais

Il est opportun de limiter l'exécution des essais onéreux à ceux qui sont nécessaires. Le présent rapport de la C.E.I. est présenté de telle sorte que les essais peuvent être normalement limités aux essais à l'usine du constructeur sur les éléments séparés conformément aux articles 250, 330 et 470.

D'autres essais, comme ceux effectués sur le groupe redresseur complètement assemblé ou les essais au lieu d'installation, ne doivent être compris qu'en cas d'accord à cet effet avant la commande.

Si l'acheteur ou son représentant désire assister aux essais en usine, il doit le spécifier dans la commande.

L'acheteur a intérêt à s'abstenir d'exiger des essais spéciaux ou des essais en présence de témoins. L'acheteur ou son représentant peut cependant assister aux essais si un accord dans ce sens a été conclu avant la commande.

En cas d'accord avant la commande, le constructeur doit fournir des certificats des essais de type et/ou individuels qu'il a effectués et ceux-ci doivent indiquer les résultats obtenus.

- 178.5 Exposure to steam or oil vapour.
- 178.6 Exposure to explosive mixtures of dust or gases.
- 178.7 Fluid containing radioactive particles.
- 178.8 Ambient temperature, if different from that specified in Clause 212 and I.E.C. Publication 76, Recommendations for Power Transformers.
- 178.9 Exposure to ambient temperatures below -30°C (when out of service and without cooling water).
- 178.10 Service at ambient temperatures below:
 - 10°C with air cooling
 - 0°C with water cooling
 - 5°C with oil cooling.
- 178.11 High values of relative humidity and temperature similar to those associated with sub-tropical or tropical climatic conditions.
- 178.12 Considerable and rapid fluctuations of temperature and humidity.
- 178.13 Altitude of more than 1 000 m above sea level.
- 178.14 Superimposed high-frequency voltages.
- 178.15 Frequencies outside the range between 15 and 2 000 Hz (c/s).
- 178.16 Supply voltage variations larger than $\pm 10\%$.
- 178.17 The use of cells or stacks as components in transducer circuits.

Other unusual conditions of service not covered by this list shall also be subject to special agreement between purchaser and manufacturer.

Corrections to be applied when testing equipment specified for service at altitudes above 1 000 m and ambient temperatures above that which are available at the works are given in the test clauses when necessary.

180 Performance of tests

It is advisable to confine the performance of costly tests to those which are necessary. This I.E.C. Report is so drawn up that testing can normally be confined to tests in the manufacturer's works on the separate components in accordance with Clauses 250, 330 and 470.

Other tests, such as tests on the completely assembled rectifier equipment or tests on site, are only to be included if specifically agreed in the contract.

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

It is in the interest of the purchaser to avoid calling for special or witnessed tests. Nevertheless the purchaser or his representative may witness tests if agreed at the time of making the contract.

When agreed before placing the order, the manufacturer shall provide certificates of type and/or routine tests made by him, and these shall show the results obtained.

Les éléments constitutants et un groupe redresseur de chaque type dimensionnel figurant au contrat doivent, sous réserve des dispositions de l'alinéa suivant, être soumis aux essais de type de façon à établir que le groupe est conforme au contrat. Tous les éléments constitutants doivent être soumis aux essais individuels. Si le redresseur, le transformateur ou un autre élément est semblable à un matériel précédemment essayé, le constructeur peut produire un certificat de tout essai effectué précédemment avec les mêmes modalités que celles spécifiées au contrat. En pareil cas, il n'est pas nécessaire, sauf spécifications contraires, de répéter, soit entièrement soit en partie, les essais de type du redresseur, du transformateur ou de l'élément constituant considéré.

Les essais sont classés en *Essais de type* (paragraphe 180.1) et *Essais individuels* (paragraphe 180.2).

180.1 *Essais de type*

Les essais de type doivent être effectués pour vérifier si un produit satisfait aux conditions spécifiées et convenues entre l'acheteur et le constructeur conformément au présent rapport.

Certains de ces essais ou tous ces essais peuvent être répétés périodiquement sur des échantillons prélevés sur la production ou les livraisons courantes, de façon à confirmer que la qualité du produit est toujours conforme aux conditions spécifiées.

180.2 *Essais individuels*

Les essais individuels du constructeur font partie des mesures prises par le constructeur pour s'assurer que les propriétés de ses produits correspondent à celles constatées lors des essais de type.

185 **Liste des principaux symboles**

Cette liste ne comprend que les symboles les plus utilisés. Les symboles d'une utilisation rare sont définis dans le texte à l'endroit approprié. Pour une liste plus complète des symboles employés dans le domaine des convertisseurs statiques, il y a lieu de se reporter à la Publication 84 (1957) de la C.E.I.: Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure, article 185.

185.1 *Liste des indices*

- 0 A vide
- 1 A la charge nominale
- d Courant continu ou tension continue
- i Fictif
- L Côté réseau d'un transformateur
- v Côté cellule d'un transformateur
- a Valeur moyenne.

185.2 *Liste des symboles*

Les symboles affectés de l'indice 1, désignant des valeurs nominales ou des valeurs à la charge nominale, ne sont donnés qu'occasionnellement dans la liste afin d'éviter les répétitions.

Symboles	Désignation	Paragraphe
U_d	= Tension continue, toute valeur définie	160.1
U_{d10}	= Tension continue, valeur fictive à vide	160.3
U_{d1}	= Tension continue, valeur nominale	139.3
U_{th}	= Tension de seuil dans le sens direct	131.3
U_a	= Chute de tension directe, valeur moyenne	132.2
I_a	= Courant direct dans une soupape redresseuse, valeur moyenne	133.1.1

The components of one rectifier equipment of each size in the contract shall, subject to the provisions in the following paragraph, be subjected to type tests to ensure that the equipment complies with the contract. All the components shall be subjected to routine tests. If the rectifier or transformer or other component is similar to one previously tested, the manufacturer may submit a certificate of any previous test at least equal to requirements specified for the contract. In such cases the type tests, either wholly or in part, on the rectifier, the transformer or the component concerned, need not be repeated unless otherwise specified.

Tests are classified as *Type tests* (Sub-clause 180.1) and *Routine tests* (Sub-clause 180.2).

180.1 *Type tests*

Type tests shall be carried out to verify that a product will meet the requirements specified and agreed between purchaser and manufacturer according to this Report.

Some or all of these tests may be repeated from time to time on samples drawn from current production or deliveries, so as to confirm that the quality of the product still meets the requirements specified.

180.2 *Routine tests*

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 during the type tests.

185 List of principal symbols

This list only covers the most widely used symbols. Symbols infrequently used are defined in the text in the appropriate places. For a more complete list of symbols used in connection with static converters, reference should be to I.E.C. Publication 84 (1957): Recommendations for Mercury arc Convertors, Clause 185.

185.1 *List of suffixes*

0	At no-load
1	At rated load
d	Direct current or voltage
i	Ideal
L	Line side of transformer
v	Cell side of transformer
a	Average value.

185.2 *List of symbols*

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

<i>Symbol</i>	<i>Description</i>	<i>Sub-clause</i>
U_d	= Direct voltage, any defined value	160.1
U_{di0}	= Direct voltage, ideal no-load value	160.3
U_{d1}	= Direct voltage, rated value	139.3
U_{th}	= Threshold voltage in forward direction	131.3
U_a	= Forward voltage drop, average value	132.2
I_a	= Forward current in a rectifying element, average value	133.1.1