

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 84 A

Première édition — First edition

1966

Complément à la Publication 84 (1957)

Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure

Onduleurs à vapeur de mercure

Supplement to Publication 84 (1957)

Recommendations for mercury-arc convertors

Mercury-arc inverters



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 84 A

Première édition — First edition

1966

Complément à la Publication 84 (1957)
Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure

Onduleurs à vapeur de mercure

Supplement to Publication 84 (1957)
Recommendations for mercury-arc convertors

Mercury-arc inverters



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Prix Fr. s. 25.—
Price S. Fr.

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1-100 <i>Généralités</i>	6
1-105 Domaine d'application de ces recommandations	6
1-115 Termes généraux	8
1-130 Définitions supplémentaires	8
1-135 Régimes nominaux	12
1-150 Circuit et principe de fonctionnement d'un onduleur	12
1-160 Variation de tension	18
1-185 Liste des principaux symboles littéraux	20
1-200 <i>Soupapes</i>	24
1-250 Essais	24
1-260 Pertes dans la soupape	26
1-290 Plaque signalétique	26
1-300 <i>Transformateur et bobines d'inductance</i>	28
1-310 <i>Généralités</i>	28
1-360 Plaque signalétique	28
1-400 <i>Onduleur</i>	30
1-410 Classes de régime nominal	30
1-430 Facteurs de puissance	30
1-440 Variations propre et totale de tension	32
1-450 Harmoniques et questions connexes	34
1-460 Conditions de service spéciales	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1-100 <i>General</i>	7
1-105 Scope of these Recommendations	7
1-115 General terms	9
1-130 Additional definitions	9
1-135 Ratings	13
1-150 Circuit and mode of operation of an inverter	13
1-160 Voltage regulation	19
1-185 List of principal letter symbols	21
1-200 <i>Valves</i>	25
1-250 Tests	25
1-260 Valve losses	27
1-290 Rating plate	27
1-300 <i>Transformer and reactors</i>	29
1-310 General	29
1-360 Rating plate	29
1-400 <i>Inverter</i>	31
1-410 Rating classifications	31
1-430 Power-factors	31
1-440 Inherent and total voltage regulation	33
1-450 Harmonics and associated effects	35
1-460 Special operating conditions	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 84 (1957)

RECOMMANDATIONS POUR LES CONVERTISSEURS A VAPEUR DE MERCURE

ONDULEURS A VAPEUR DE MERCURE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 CEI 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 CEI 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

Les présentes recommandations ont été établies par le Sous-Comité 22A: Convertisseurs à vapeur de mercure, du Comité d'Etudes N° 22 de la CEI: Convertisseurs statiques de puissance.

Elles constituent le premier complément à la Publication 84 de la CEI: Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure.

Elles contiennent les articles se rapportant aux onduleurs à vapeur de mercure.

Un premier projet fut discuté lors des réunions tenues à Belgrade en 1960, à Londres en 1960 et à Interlaken en 1961. A la suite de cette dernière réunion, un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1962.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de ce complément:

Afrique du Sud	Norvège
Allemagne	Pays-Bas
Autriche	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
France	Yougoslavie
Japon	

Les observations présentées par l'Allemagne, les Etats-Unis d'Amérique, la France, le Royaume-Uni et la Tchécoslovaquie ont été prises en considération par le Secrétariat du Sous-Comité 22A, pour autant qu'elles ne changent pas le sens du texte approuvé par le Sous-Comité 22A. Les autres observations, ainsi que celles présentées par la Suède, seront examinées à l'occasion de la première révision des présentes recommandations qui sera nécessaire à l'occasion de la première révision de la Publication 84 de la CEI.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SUPPLEMENT TO PUBLICATION 84 (1957)

RECOMMENDATIONS FOR MERCURY-ARC CONVERTORS

MERCURY - ARC INVERTERS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC 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 IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC 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.

PREFACE

These Recommendations were prepared by Sub-Committee 22A, Mercury-arc Convertors, of IEC Technical Committee No.22, Static Power Convertors.

They form the first supplement to IEC Publication 84, Recommendations for Mercury-arc Convertors. They give the clauses concerning mercury-arc inverters.

A first draft was discussed at the meetings held in Belgrade in 1960, in London in 1960, and in Inter-laken in 1961. As a result of this latter meeting, a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1962.

The following countries voted explicitly in favour of publication of this Supplement:

Austria	Norway
Belgium	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Switzerland
France	United Kingdom
Germany	United States of America
Japan	Yugoslavia
Netherlands	

The comments submitted by Czechoslovakia, France, Germany, the United Kingdom and the United States of America have been taken into consideration by the Secretariat of Sub-Committee 22A in so far as they do not change the meaning of the text approved by Sub-Committee 22A. The remaining comments, as well as those submitted by Sweden, will be considered on the occasion of the first revision of these Recommendations, which will be necessary on the occasion of the first revision of IEC Publication 84.

COMPLÉMENT A LA PUBLICATION 84 (1957)

RECOMMANDATIONS POUR LES CONVERTISSEURS A VAPEUR DE MERCURE

ONDULEURS A VAPEUR DE MERCURE

1-100

GÉNÉRALITÉS

1-105 Domaine d'application de ces recommandations

- 1-105-1 Les présentes recommandations s'appliquent aux convertisseurs à vapeur de mercure qui fournissent de la puissance à un réseau à courant alternatif contenant une ou plusieurs machines synchrones qui sont la source principale de la force électromotrice de commutation. Dans ces recommandations, ce type de convertisseur est dénommé «onduleur».
- 1-105-2 Pour le moment, ces recommandations ne s'appliquent qu'aux onduleurs dont la puissance nominale totale est d'au moins 50 kW, le courant continu nominal d'au moins 10 A et dont la tension continue nominale ne dépasse pas 5 000 V.

1-106 Notes

- 1-106-1 Les articles de la Publication 84 de la CEI: Recommandations pour les convertisseurs à vapeur de mercure, sont valables aussi pour les onduleurs à vapeur de mercure, pour autant qu'ils ne sont pas modifiés par les articles des présentes recommandations.
- 1-106-2 Les numéros des articles des présentes recommandations sont ceux des articles correspondants de la Publication 84 de la CEI augmentés par adjonction du chiffre 1... avant le numéro de l'article correspondant de la Publication 84 de la CEI.
- 1-106-3 Les articles ou paragraphes suivants correspondent à des articles ou paragraphes existants de la Publication 84 de la CEI, dont le texte a toutefois été modifié en vue de son application aux onduleurs:

1-100; 1-105; 1-105-1; 1-105-2; 1-115; 1-130; 1-131-3; 1-135; 1-135-2; 1-150; 1-152; 1-152-1; 1-152-4; 1-160; 1-185; 1-185-1; 1-185-2; 1-200; 1-250; 1-254; 1-254-1; 1-260; 1-263; 1-290; 1-300; 1-310; 1-360; 1-400; 1-410; 1-430; 1-431; 1-431-2; 1-431-3; 1-440; 1-450; 1-451; 1-451-4; 1-451-5; 1-451-64.

Les articles ou paragraphes supplémentaires suivants sont indépendants des articles ou paragraphes existants de la Publication 84 de la CEI et ne s'appliquent qu'aux onduleurs:

1-106; 1-106-1; 1-106-2; 1-106-3; 1-115-6; 1-115-7; 1-115-8; 1-115-9; 1-115-10; 1-115-11; 1-131-8; 1-131-9; 1-132-0; 1-132-1; 1-132-2; 1-132-3; 1-132-4; 1-132-5; 1-132-6; 1-132-7; 1-152-5; 1-152-6; 1-153; 1-153-1; 1-153-2; 1-154; 1-154-1; 1-154-2; 1-154-3; 1-160-5; 1-160-6; 1-160-7; 1-160-8; 1-160-9; 1-185-3; 1-254-2; 1-254-3; 1-254-4; 1-254-5; 1-254-6; 1-254-7; 1-293-1; 1-293-2; 1-313; 1-362-7; 1-431-23; 1-432; 1-432-1; 1-432-2; 1-460; 1-461; 1-461-1; 1-461-2; 1-462.

SUPPLEMENT TO PUBLICATION 84 (1957)
RECOMMENDATIONS FOR MERCURY-ARC CONVERTORS

MERCURY - ARC INVERTERS

1-100 **GENERAL**

1-105 **Scope of these Recommendations**

- 1-105-1 These Recommendations apply to mercury-arc convertors which supply power to an a.c. supply system containing one or more synchronous machines which are the main source of the commutating e.m.f.
In these Recommendations, this type of convertor is called "inverter".
- 1-105-2 For the present, these Recommendations apply only to inverters with total rated power of at least 50 kW, rated direct current of at least 10 A and rated d.c. voltage up to 5 000 V.

1-106 **Notes**

- 1-106-1 The clauses of IEC Publication 84, Recommendations for Mercury-arc Convertors, are also valid for mercury-arc inverters in so far as they are not altered by the clauses of these Recommendations.
- 1-106-2 The clause numbers of this Recommendation are the same as those of IEC Publication 84 with the addition of the number 1..... in front of the corresponding clause number of IEC Publication 84.
- 1-106-3 The following Clauses or Sub-clauses correspond to existing Clauses or Sub-clauses in IEC Publication 84 with their texts, however, adapted for application to inverters:
- 1-100; 1-105; 1-105-1; 1-105-2; 1-115; 1-130; 1-131-3; 1-135; 1-135-2; 1-150; 1-152; 1-152-1; 1-152-4; 1-160; 1-185; 1-185-1; 1-185-2; 1-200; 1-250; 1-254; 1-254-1; 1-260; 1-263; 1-290; 1-300; 1-310; 1-360; 1-400; 1-410; 1-430; 1-431; 1-431-2; 1-431-3; 1-440; 1-450; 1-451; 1-451-4; 1-451-5; 1-451-64.

The following supplementary Clauses or Sub-clauses are independent of existing Clauses or Sub-clauses of IEC Publication 84 and apply only to inverters:

1-106; 1-106-1; 1-106-2; 1-106-3; 1-115-6; 1-115-7; 1-115-8; 1-115-9; 1-115-10; 1-115-11; 1-131-8; 1-131-9; 1-132-0; 1-132-1; 1-132-2; 1-132-3; 1-132-4; 1-132-5; 1-132-6; 1-132-7; 1-152-5; 1-152-6; 1-153; 1-153-1; 1-153-2; 1-154; 1-154-1; 1-154-2; 1-154-3; 1-160-5; 1-160-6; 1-160-7; 1-160-8; 1-160-9; 1-185-3; 1-254-2; 1-254-3; 1-254-4; 1-254-5; 1-254-6; 1-254-7; 1-293-1; 1-293-2; 1-313; 1-362-7; 1-431-23; 1-432; 1-432-1; 1-432-2; 1-460; 1-461; 1-461-1; 1-461-2; 1-462.

1-115 Termes généraux

- 1-115-6 *Onduleur à vapeur de mercure*. Convertisseur à vapeur de mercure servant à la conversion de puissance d'un réseau à courant continu vers un réseau à courant alternatif. Dans ces recommandations, ce convertisseur est désigné en abrégé par «onduleur».
- 1-115-7 *Onduleur à commutation par machine*. Onduleur dans lequel la force électromotrice de commutation est fournie principalement par une ou plusieurs machines tournantes synchrones à courant alternatif ou asynchrones à courant alternatif excitées par des condensateurs.
- 1-115-71 *Note*. — Ces machines tournantes à courant alternatif peuvent faire partie du réseau à courant alternatif existant alimenté par l'onduleur, ou bien former partie intégrante de l'installation de conversion.
- 1-115-72 *Note*. — En général, la puissance installée dans le réseau à courant alternatif est grande comparativement à la puissance nominale de l'onduleur, et la tension alternative ainsi que la fréquence sont imposées par le réseau. Si l'onduleur fournit la totalité ou une grande partie de la puissance du réseau à courant alternatif, la tension alternative et la fréquence peuvent être réglées ou influencées par l'installation de conversion.
- 1-115-8 *Onduleur à commutation par condensateur**. Onduleur dans lequel la force électromotrice de commutation est fournie principalement par des condensateurs.
- 1-115-81 *Note*. — Ces condensateurs forment généralement partie intégrante du circuit de puissance de l'onduleur, mais ils peuvent aussi faire partie du circuit de charge à courant alternatif.
- 1-115-9 *Onduleur à commutation par condensateur, à fréquence imposée**. Onduleur à commutation par condensateur dont la fréquence est maintenue à une valeur spécifiée au moyen d'une source de fréquence indépendante ou d'un régulateur approprié.
- 1-115-10 *Onduleur à commutation par condensateur, à fréquence élastique**. Onduleur dont la fréquence est contrôlée par réaction de son circuit à courant alternatif.
- 1-115-11 * *Note*. — Bien que les onduleurs de ce type ne soient pas compris dans le domaine d'application des présentes recommandations, les articles appropriés de ces recommandations peuvent être utilisés pour ces onduleurs dans la mesure où ils leur sont applicables.

1-130 Définitions supplémentaires

- 1-131-3 *Angle d'avance β* : Intervalle de temps, exprimé en unités d'angle électrique, entre le point de départ de la commutation et le point d'intersection des deux demi-ondes négatives des deux phases de la tension anodique qui sont juste en train de commuter (voir figure 1-1 B à la page 13 a). β est ajusté par le réglage de phase et est relié à l'angle de retard α par la relation $\beta = 180^\circ - \alpha$.
- 1-131-8 *Marge de commutation γ (angle de marge)*: Intervalle de temps, exprimé en unités d'angle électrique, entre la fin de la commutation et le point d'intersection des demi-ondes négatives des deux phases de la tension anodique qui viennent juste de commuter.
 γ dépend de l'angle d'avance β (paragraphe 1-131-3) et de l'angle d'empiètement u (voir Publication 84 de la CEI, paragraphe 152-3) et est déterminé par la relation: $\gamma = \beta - u$.

1-115 General terms

- 1-115-6 *Mercury-arc inverter*. Mercury-arc convertor for conversion of electrical power from d.c. to a.c. In these Recommendations, this term is abbreviated to “inverter”.
- 1-115-7 *Machine-commutated inverter*. An inverter in which the commutating e.m.f. is supplied essentially by one or more rotating synchronous a.c. machines or capacitor-excited asynchronous a.c. machines.
- 1-115-71 *Note*. — The rotating a.c. machinery may be part of an existing a.c. system fed by the inverter, or alternatively it may be an integral part of the conversion installation.
- 1-115-72 *Note*. — Generally, the power capacity of the a.c. network is large in comparison with the rating of the inverter, and the a.c. voltage and frequency are fixed by the network. If the inverter supplies the whole or a large part of the power of the a.c. network, the a.c. voltage and the frequency may be controlled or influenced by the conversion installation.
- 1-115-8 *Capacitor-commutated inverter**. An inverter in which the commutating e.m.f. is supplied essentially by capacitors.
- 1-115-81 *Note*. — These capacitors are usually an integral part of the inverter power circuit, but may be a part of the a.c. load circuit.
- 1-115-9 *Forced frequency capacitor-commutated inverter**. A capacitor-commutated inverter whose frequency is maintained at a specified value by means of an independent-frequency source or a suitable regulator.
- 1-115-10 *Elastic-frequency capacitor-commutated inverter**. An inverter whose frequency is influenced by feedback from its a.c. circuit.
- 1-115-11 * *Note*. — Although inverters of these types are not included within the scope of these Recommendations, the appropriate clauses of these Recommendations may be employed in so far as they are applicable.

1-130 Additional definitions

- 1-131-3 *Angle of advance β* : The time in electrical angular measure, by which the starting point of commutation leads the point of intersection between the negative half-waves of the two anode voltage phases which are just commutating (See Figure 1-1 B, page 13 a). β is adjusted by phase control and is related to the delay angle α by $\beta = 180^\circ - \alpha$.
- 1-131-8 *Margin of commutation γ (margin angle)*: The time in electrical angular measure from the termination of commutation to the point of intersection between the negative half-waves of the two anode voltage phases which have just commutated.
 γ depends from the angle of advance β (Sub-clause 1-131-3) and the angle of overlap u (see IEC Publication 84, Clause 152-3) and is determined by the relation: $\gamma = \beta - u$.

γ peut être calculé aussi au moyen de la formule:

$$\cos \gamma = \cos \beta + 2 \cdot \frac{d_x}{100}$$

où d_x = élévation inductive totale de la tension continue, exprimée en % de la tension continue idéale à vide U_{dio} (paragraphe 1-152-42).

- 1-131-81 *Note.* — Cet angle γ comprend la durée de rétablissement du contrôle (paragraphe 1-131-9) (avec une marge pour tenir compte des incertitudes de la désionisation) et tient compte également de conditions de transition spécifiées qui auraient pour effet de prolonger la commutation.
- 1-131-9 *Temps (angle) de rétablissement du contrôle d'une soupape:* Intervalle de temps exprimé en unités d'angle électrique pour la fréquence donnée, ou en secondes, nécessaire à la soupape pour regagner sa pleine capacité de contrôle et de blocage et mesuré à partir de la fin de son temps de conduction.
- 1-131-91 *Note.* — La durée de rétablissement du contrôle d'une soupape peut être représentée par une famille de courbes en fonction de facteurs tels que la température du mercure condensé, les courants et les tensions d'anode et de grille et le réglage du courant de grille.
- 1-132-0 *Blocage:* Suppression de la conduction au moyen de l'action de grilles, d'igniteurs, ou des deux, lorsqu'un potentiel positif est appliqué à l'anode principale par rapport à la cathode à la suite d'une période de non-conduction.
- 1-132-1 *Force électromotrice de commutation:* Différence de tension entre deux phases successives d'un même groupe commutant, qui provoque le transfert du courant de l'une à l'autre pendant la commutation.
- 1-132-2 *Rupture d'arc:* Rupture ou étranglement spontané de l'arc dans une soupape au cours d'un temps de conduction dû à des conditions anormales comme surcharge trop forte ou température trop basse de la soupape, ou à ces deux causes à la fois, et susceptible de produire des surtensions dangereuses dans le groupe convertisseur et, pendant le fonctionnement en onduleur, un décrochage (paragraphe 1-132-5).
- 1-132-3 *Raté d'allumage:* Défaut d'allumage de l'anode principale de la soupape au moment prévu pour l'allumage de cette anode.
- 1-132-31 *Note 1.* — Des variations insignifiantes causées par de petites asymétries des angles d'allumage du convertisseur sont exclues.
- 1-132-32 *Note 2.* — Pendant le fonctionnement en onduleur un raté d'allumage peut avoir pour effet un décrochage (paragraphe 1-132-5).
- 1-132-4 *Raté de commutation:* Défaut de commutation du courant dans le sens direct d'une phase en période de conduction vers la phase suivante.
- 1-132-41 *Note.* — Pendant le fonctionnement en onduleur un raté de commutation a pour effet un décrochage (paragraphe 1-132-5).

γ may also be calculated by the formula:

$$\cos \gamma = \cos \beta + 2 \cdot \frac{d_x}{100}$$

where d_x = total inductive d.c. voltage increase in per cent of the ideal no-load d.c. voltage U_{dio} (Sub-clause 1-152-42).

1-131-81 *Note.* — This angle γ includes provision for control recovery time (Sub-clause 1-131-9) (with a margin for the band of uncertainty in de-ionization) and specified transient conditions which would prolong the commutation.

1-131-9 *Control recovery time (angle) of a valve:* The time in electrical angular measure at the given frequency, or in seconds, required for the valve to regain its full control and blocking capacity, as measured from the end of its conducting period.

1-131-91 *Note.* — The control recovery time of a valve can be presented as a family of curves relating such factors as condensed mercury temperature, anode and grid currents, anode and grid voltages, and regulation of the grid current.

1-132-0 *Blocking:* The prevention of conduction by means of grid or ignitor action, or both, when a positive potential is applied to the main anode with respect to the cathode following a non-conducting period.

1-132-1 *Commutating electromotive force (e.m.f.):* The voltage difference between two successive phases of a commutation group, which causes the transfer of current between them during commutation.

1-132-2 *Arc chopping (quenching):* A spontaneous interruption or quenching of the arc within a valve arising from abnormal conditions such as heavy over-currents or too low a valve temperature, or the two together, which may result in dangerous over-voltages in the convertor equipment and, during inverter operation, in an arc-through (Sub-clause 1-132-5).

1-132-3 *Misfire:* The failure to ignite the main arc in a valve at the correct instant of time.

1-132-31 *Note 1.* — Minor variations arising from slight asymmetry in the convertor commutation delay angles are excepted.

1-132-32 *Note 2.* — In inverter operation, a misfire may result in an arc-through (Sub-clause 1-132-5).

1-132-4 *Commutation failure:* A failure to commute the direct current from the conducting phase to the succeeding phase.

1-132-41 *Note.* — In inverter operation, a commutation failure results in an arc-through (Sub-clause 1-132-5).

1-132-5 *Décrochage*: Défaillance de blocage d'une anode de soupape pendant le fonctionnement en onduleur à la fin du temps prévu de conduction, permettant le passage du courant utile dans le sens de conduction pendant le temps prévu de blocage de la soupape.

1-132-51 *Note*. — Un décrochage peut résulter de:

- Marge de commutation insuffisante (paragraphe 1-131-8 et 1-152-5).
- Rupture d'arc (paragraphe 1-132-2).
- Raté d'allumage (paragraphe 1-132-3).
- Raté de commutation (paragraphe 1-132-4).
- Défauts dans la tension du réseau à courant continu ou à courant alternatif (paragraphe 1-461-1).

1-132-6 *Raté de blocage*: Perte brusque de la capacité de blocage d'une anode de soupape au cours du temps prévu de blocage permettant le passage du courant utile dans le sens normal de conduction pendant une partie de ce temps.

1-132-61 *Note*. — Un raté de blocage peut résulter de raisons diverses, par exemple:

- Température excessive de la soupape.
- Surtensions inadmissibles.
- Défaut de blocage des grilles.

1-132-7 *Retour d'arc*: Production fortuite d'une tache cathodique sur une anode ayant pour effet de faire perdre à la soupape sa propriété de ne laisser passer le courant que dans un sens (V.E.I. 11-20-205).

1-135 Régimes nominaux

1-135-2 *Tension continue nominale U_{di}* : Tension continue maximale spécifiée qui sert de base au régime nominal. C'est la valeur moyenne arithmétique de la tension entre les bornes à courant continu de l'onduleur pour le courant continu nominal.

1-150 Circuit et principe de fonctionnement d'un onduleur

1-152 Les figures 1-1A et 1-1B représentent un exemple d'onduleur hexaphasé à simple voie ainsi que les formes d'onde des courants et des tensions. Il a été supposé que les tensions du réseau à courant alternatif sont symétriques et sinusoïdales, que l'onduleur est en charge et que les pertes dans les résistances et dans l'arc sont négligeables:

1-152-1 A. *Groupe onduleur à couplage hexaphasé*. Pour les définitions, voir Publication 84 de la CEI (paragraphe 152-1).

1-152-4 B. *Formes d'onde théoriques des courants et des tensions* en supposant que l'inductance de la bobine d'égalisation a une valeur finie, et en tenant compte des effets du réglage de phase et de la réactance de fuites. Pour les désignations, voir Publication 84 de la CEI (paragraphe 152-2 à 152-4).

1-152-41 En outre, les symboles suivants sont utilisés:

u_{AC} = valeur instantanée de la tension entre l'anode et la cathode (positive pendant la plus grande partie de la période).

Δu_{AC} = augmentation brusque de la tension entre l'anode et la cathode à la fin de la période de conduction de l'arc principal.

β = angle d'avance (paragraphe 1-131-3).

γ = marge de commutation (paragraphe 1-131-8).

U_{dio} = tension continue idéale (ou fictive) à vide.

Le contour $l m r$ représente les valeurs instantanées de la tension continue théorique à vide de l'onduleur. La valeur moyenne U_{dio} de cette tension ne peut pas être mesurée directement, mais peut être calculée au moyen de la formule suivante: