

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
146-2**

Première édition
First edition
1974

Convertisseurs à semiconducteurs

Deuxième partie:

Convertisseurs autoalimentés à semiconducteurs

Semiconductor convertors

Part 2:

Semiconductor self-commutated convertors



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 146-2: 1974

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
146-2**

Première édition
First edition
1974

Convertisseurs à semiconducteurs

Deuxième partie:

Convertisseurs autoalimentés à semiconducteurs

Semiconductor convertors

Part 2:

Semiconductor self-commutated convertors

© CEI 1974 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
 Articles	
1. Généralités	6
1.1 Définitions	6
1.2 Renseignements généraux	6
1.3 Termes fondamentaux	6
1.4 Eléments de circuit convertisseur	8
1.5 Propriétés du circuit	10
1.6 Caractéristiques propres aux convertisseurs	12
1.7 Caractéristiques propres aux onduleurs	16
2. Classification des types de circuits onduleurs	20
3. Conditions de service	20
3.1 Conditions de service normal	20
3.2 Conditions de service à définir par l'utilisateur	26
3.3 Exigences d'aptitude à la fonction à préciser par l'utilisateur	26
4. Valeurs nominales pour convertisseurs	28
4.1 Valeurs nominales pour redresseurs	28
4.2 Valeurs nominales pour onduleurs	28
4.3 Valeurs nominales pour onduleurs à fréquence fixe	28
4.4 Valeurs nominales pour onduleurs à fréquence variable ou convertisseurs en courant alternatif pour charges à moteurs multiples	30
4.5 Valeurs nominales pour onduleurs à fréquence variable ou convertisseurs en courant alternatif pour un seul moteur (ou plusieurs moteurs fonctionnant comme un seul)	32
4.6 Identification du service en charge	32
4.7 Aptitude au courant nominal de court-circuit (pour la mise en œuvre des dispositifs de protection)	34
4.8 Valeur nominale de la tension d'entrée continue avec des batteries d'accumulateurs utilisées comme source	34
5. Essais pour les onduleurs	34
5.1 Domaine d'application	34
5.2 Caractéristiques d'essai et d'aptitude à la fonction	34
5.3 Essai préliminaire à faible charge	38
5.4 Vérification des dispositifs accessoires	40
5.5 Echauffement	40
5.6 Essais à charge nominale continue et à faible charge	40
5.7 Bruit audible	46
5.8 Essai de surtension et d'énergie d'alimentation	46
5.9 Courant de courte durée	48
5.10 Aptitude à supporter les courants de court-circuit	48
5.11 Redémarrage	48
5.12 Essai de déséquilibre de la tension de sortie	48
5.13 Modulation de la fréquence	50
5.14 Modulation périodique de la tension de sortie	50
5.15 Elévation de tension	50
5.16 Baisse de tension	50
5.17 Essai d'intervalle de suppression	50
FIGURE 1	12
FIGURE 2 – Composante harmonique maximale autorisée de la tension alternative d'entrée	24
FIGURE 3 – Surtension maximale prévue en fonction de la durée de la transitoire	25
FIGURE 4 – Circuit d'essai	38
FIGURE 5 – Calcul du facteur de déséquilibre de la tension	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
 Clause	
1. General	7
1.1 Definitions	7
1.2 General information	7
1.3 Basic terms	7
1.4 Converter circuit elements	9
1.5 Circuit properties	11
1.6 Characteristics related to converters	13
1.7 Characteristics related to inverters	17
2. Classification of inverter circuit types	21
3. Service conditions	21
3.1 Normal service conditions	21
3.2 Service conditions to be identified by user	27
3.3 Performance requirements to be identified by user	27
4. Rated values for converters	29
4.1 Rated values for rectifiers	29
4.2 Rated values for inverters	29
4.3 Rated values for fixed-frequency inverters	29
4.4 Rated values for variable frequency inverters or a.c. converters for multiple motor loads	31
4.5 Rated values for variable frequency inverters or a.c. converters for a single motor (or motors operating as one)	33
4.6 Load duty identification	33
4.7 Rated short-circuit current capability (for activating protective devices)	35
4.8 Input direct voltage rated value for battery sources	35
5. Tests for inverters	35
5.1 Scope	35
5.2 Test and performance characteristics	35
5.3 Preliminary light-load test	39
5.4 Checking of auxiliary devices	41
5.5 Temperature rise	41
5.6 Rated continuous load/light-load tests	41
5.7 Audible noise	47
5.8 Supply overvoltage and energy test	47
5.9 Short-time current	49
5.10 Short-circuit current capability	49
5.11 Restart	49
5.12 Output voltage unbalance test	49
5.13 Frequency modulation	51
5.14 Periodic output voltage modulation	51
5.15 Voltage rise	51
5.16 Voltage dip	51
5.17 Hold-off interval test	51
FIGURE 1	13
FIGURE 2 – Maximum permitted harmonic component of the input alternating voltage	24
FIGURE 3 – Maximum expected overvoltage versus duration of transient	25
FIGURE 4 – Test circuit	39
FIGURE 5 – Calculation of voltage unbalance factor	52

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

Deuxième partie: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs

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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 22B: Convertisseurs à semiconducteurs, du Comité d'Etudes N° 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1971. A la suite de cette réunion, un projet définitif, document 22B(Bureau Central)24, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1972.

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

Afrique du Sud
(République d')
Allemagne
Autriche
Belgique
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
France
Israël
Italie

Japon
Pays-Bas
Pologne
Portugal
Suède
Suisse
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

Il convient de noter que la Publication 146 constitue la première partie d'une recommandation complète relative aux convertisseurs à semiconducteurs.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR CONVERTORS

Part 2: Semiconductor self-commutated convertors

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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Sub-Committee 22B, Semiconductor Convertors, of IEC Technical Committee No. 22, Power Electronics.

A first draft was discussed at the meeting held in Stockholm in 1971. As a result of this meeting, a final draft, document 22B(Central Office)24, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1972.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Portugal
Belgium	South Africa
Denmark	(Republic of)
France	Sweden
Germany	Switzerland
Israel	Turkey
Italy	Union of Soviet
Japan	Socialist Republics
Netherlands	United States of America
Poland	Yugoslavia

It should be noted that Publication 146 constitutes Part 1 of the complete recommendation for semiconductor convertors.

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

Deuxième partie: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs

1. Généralités

Domaine d'application

Les présentes recommandations s'appliquent à tous les types d'onduleurs à semiconducteurs autocommutés et aux convertisseurs à semiconducteurs qui comportent au moins une partie de type autocommuté, y compris les convertisseurs indirects de courant alternatif et les convertisseurs indirects de courant continu destinés à tous les usages possibles.

Note. – Pour des convertisseurs directs de courant continu, des recommandations séparées sont en préparation.

Les recommandations de la Publication 146 de la CEI s'appliquent aussi aux convertisseurs autocommutés aussi longtemps qu'ils ne sont pas en contradiction avec ces recommandations.

Dans le cas de certains usages spéciaux, tel que matériel électrique de traction, certaines recommandations complémentaires peuvent être applicables.

1.1 Définitions

1.2 Renseignements généraux

Certaines des définitions sont tirées des définitions actuellement à l'étude pour le V.E.I. ou en sont des équivalents.

On trouvera d'autres définitions en consultant le V.E.I. (Publication 50 de la CEI), en particulier le chapitre 5: Définitions fondamentales, et le chapitre 11: Convertisseurs statiques, ainsi que la deuxième édition de la Publication 146 de la CEI: Convertisseurs à semiconducteurs.

Dans les présentes définitions, les adjectifs qui sont implicites en raison du sujet de ces recommandations seront le plus souvent omis par souci de concision et de clarté; par exemple: à semiconducteurs, électronique, etc.

1.3 Termes fondamentaux

1.3.1 Convertisseur ou groupe convertisseur

Unité fonctionnelle pour la conversion électronique de l'énergie, comprenant une ou plusieurs valves électroniques, transformateurs et filtres si nécessaire et auxiliaires lorsqu'ils existent.

1.3.2 Convertisseur autocommuté

Convertisseur dans lequel les tensions de commutation sont délivrées par des composants inclus dans le convertisseur.

Note. – *En font partie*, par exemple, les convertisseurs dans lesquels les tensions de commutation sont créées dans les dispositifs à semiconducteurs (comme dans les transistors et dans les thyristors qui peuvent être coupés par la gâchette), ou dans lesquels ces tensions sont produites à l'extérieur des dispositifs à semiconducteurs, au moyen de condensateurs.

En sont exclus, les convertisseurs dont la charge doit répondre à certaines caractéristiques pour qu'ils commutent.

1.3.3 Redresseur

Convertisseur pour la conversion de courant alternatif en courant continu.

SEMICONDUCTOR CONVERTORS

Part 2: Semiconductor self-commutated convertors

1. General

Scope

These recommendations apply to all types of semiconductor inverters of the self-commutated type and semiconductor convertors which contain at least one part of a self-commutated type, including indirect a.c. convertors and d.c. convertors for all applications.

Note. – For direct d.c. convertors, separate recommendations are being prepared.

The recommendations of IEC Publication 146 apply also to self-commutated convertors as far as they are not in contradiction to these recommendations.

For some special applications, e.g. electric traction equipment, additional recommendations may apply.

1.1 Definitions

1.2 General information

Some of the following definitions have been taken from, or are equivalent to, definitions being considered for the I.E.V.

For further definitions refer to the I.E.V. (IEC Publication 50), especially Chapter 5: Fundamental Definitions, and Chapter 11: Static Convertors, and also to the Second edition of IEC Publication 146, Semiconductor Convertors.

In the present definitions, adjectives which are implicit by virtue of the subject of these recommendations are often omitted for brevity and clarity, e.g. semiconductor, electronic, etc.

1.3 Basic terms

1.3.1 Convertor or convertor equipment

An operative unit for electronic power conversion, comprising one or more electronic valve devices, transformers and filters if necessary and auxiliaries if any.

1.3.2 Self-commutated convertor

A convertor in which the commutating voltages are supplied by components within the convertor.

Note. – *Included*, as examples, are convertors in which the commutating voltages are built up within the semiconductor devices (as in transistors and in thyristors which can be turned off by the gate) or in which they are supplied outside the semiconductor devices by means of capacitors.

Excluded are convertors requiring special characteristics from the load to commute.

1.3.3 Rectifier

A convertor for conversion from a.c. to d.c.

1.3.4 *Onduleur*

Convertisseur pour la conversion de courant continu en courant alternatif.

1.3.5 *Convertisseur indirect à courant alternatif*

Convertisseur comprenant un redresseur et un onduleur avec une liaison en courant continu.

Note. – On peut citer, comme exemple d'un tel convertisseur, un convertisseur transformant le courant alternatif d'une tension, d'une fréquence et d'un nombre de phases donnés en un courant alternatif d'une tension, d'une fréquence et/ou d'un nombre de phase différents par l'intermédiaire d'une liaison en courant continu.

1.3.6 *Convertisseur indirect à courant continu*

Convertisseur comprenant un onduleur et un redresseur avec une liaison en courant alternatif.

1.3.7 *Onduleur de tension sinusoïdale*

Onduleur avec un résidu relatif de 10% ou moins.

1.4 *Éléments de circuit convertisseur*

1.4.1 *Valve de convertisseur (élément de circuit convertisseur)*

Partie du circuit convertisseur, limitée par deux bornes de valve(s) principale(s), qui a la propriété de conduction commandée ou non dans un seul sens.

Note. – On considère un thyristor bidirectionnel ou un thyristor sans blocage inverse comme une combinaison de deux valves de convertisseur à conceptions opposées.

1.4.2 *Bras ou branche*

Partie d'un circuit comprise entre deux quelconques des bornes principales de courant alternatif ou de courant continu.

Pris dans un sens physique, un bras peut comprendre une ou plusieurs valves de convertisseur à conduction simultanée reliées ensemble.

Note. – Dans la plupart des cas, un bras comprend, en plus des dispositifs à semiconducteurs, d'autres dispositifs destinés à protéger les dispositifs à semiconducteurs et à assurer leur fonction propre, telle que la fonction de diviseurs de tension ou de courant, limiteurs de vitesse de montée, etc.

1.4.3 *Bras principal*

Bras concerné par le transfert principal de l'énergie entre l'un et l'autre côté du convertisseur.

1.4.4 *Bras auxiliaire*

Bras autres que les bras principaux.

Note. – On peut citer, comme exemples de bras auxiliaires, les bras de retour et les bras d'extinction.

1.4.5 *Bras d'extinction*

Bras auxiliaire destiné à dériver le courant de façon transitoire directement du bras principal.

1.3.4 *Inverter*

A convertor for conversion from d.c. to a.c.

1.3.5 *Indirect a.c. convertor*

A convertor comprising a rectifier and an inverter with a d.c. link.

Note. – A frequency convertor converting a.c. power of a given voltage, frequency and phase number to a.c. power of a different voltage, frequency and/or phase number via a d.c. link is an example of such a convertor.

1.3.6 *Indirect d.c. convertor*

A convertor comprising an inverter and a rectifier with an a.c. link.

1.3.7 *Sine-wave inverter*

An inverter with an output voltage relative harmonic content of 10% or less.

1.4 *Convertor circuit elements*

1.4.1 *Convertor valve (convertor circuit element)*

A part of the convertor circuit, bounded by two principal valve terminals, having the property of controllable or non-controllable conduction in only one direction.

Note. – A bidirectional thyristor or a non-reverse blocking thyristor are regarded to be a combination of two convertor valves conducting in opposite directions.

1.4.2 *Arm or branch*

A part of the circuit, bounded by any two principal a.c. or d.c. terminals.

In a physical sense, one arm may include one or more simultaneously conducting convertor valves connected together.

Note. – An arm very often comprises, in addition to the semiconductor devices, other devices intended to protect the semiconductor devices and to assure their proper function, such as: voltage and current dividers, rate of rise limiters, etc.

1.4.3 *Principal arm*

An arm involved in the major transfer of energy from one side of the convertor to the other.

1.4.4 *Auxiliary arm*

Arms other than principal arms.

Note. – Examples of auxiliary arms are regenerative arms and turn-off arms.

1.4.5 *Turn-off arm*

An auxiliary arm intended to transiently take over the current directly from the previously conducting principal arm.

1.4.6 *Bras de retour*

Bras auxiliaire destiné au transfert d'une partie mineure de l'énergie du côté courant alternatif du convertisseur à commutation automatique (lorsqu'il fonctionne en onduleur) au côté courant continu ou au transfert de l'énergie dans le sens inverse (lorsqu'il fonctionne en redresseur).

1.5 *Propriétés du circuit*

1.5.1 *Courant principal d'une valve de convertisseur*

Courant de conduction ou à l'état passant des dispositifs à semiconducteurs d'une valve de convertisseur passant entre ses bornes (principales).

Note. – Le courant principal est souvent désigné comme le «courant» de la valve de convertisseur.

1.5.2 *Intervalle de conduction*

Partie du cycle de fonctionnement pendant laquelle le courant principal traverse une valve de convertisseur.

1.5.3 *Commutation*

Transfert de courant d'une valve de convertisseur dans une autre, ces deux valves conduisant simultanément le courant.

1.5.4 *Commutation directe*

Commutation établie entre deux valves de convertisseur principales.

1.5.5 *Commutation indirecte*

Commutation entre une valve de convertisseur principale et une valve de convertisseur auxiliaire, suivie d'une commutation vers la valve de convertisseur principale suivante.

Notes 1. – Une commutation indirecte est obtenue pour des redresseurs par des bras de shuntage et pour des onduleurs, au moyen de bras d'extinction.

2. – Dans certains montages de convertisseurs, plusieurs bras auxiliaires peuvent intervenir successivement.

1.5.6 *Intervalle de commutation (intervalle d'empiétement)*

Intervalle de temps au cours duquel deux valves de convertisseur commutant transportent simultanément un courant principal.

1.5.7 *Tension de commutation*

Tension qui provoque la commutation du courant d'une valve de convertisseur à la suivante.

1.5.8 *Intervalle de suppression*

Intervalle entre l'instant où le courant principal des dispositifs à semiconducteurs d'une valve de convertisseur devient nul et celui où les mêmes dispositifs à semiconducteurs sont soumis à une tension directe, à l'état bloqué.

Note. – L'intervalle de suppression doit être supérieur au temps de rétablissement des dispositifs à semiconducteurs commutés par le circuit. Ils dépendent tous deux des conditions d'utilisation du convertisseur.

1.4.6 *Regenerative arm*

An auxiliary arm intended to transfer a minor part of the energy from the a.c. side of the self-commutated convertor (in the inverter mode of operation) to the d.c. side or vice versa (in the rectifier mode of operation).

1.5 *Circuit properties*

1.5.1 *Principal current of convertor valve*

The on-state or forward current of the semiconductor devices of a convertor valve flowing between its (principal) terminals.

Note. – The principal current is often referred to as the “current” of the convertor valve.

1.5.2 *Conducting interval*

That part of an operating cycle in which principal current flows in a convertor valve.

1.5.3 *Commutation*

The transfer of current from one convertor circuit element to another, with both convertor valves carrying current simultaneously.

1.5.4 *Direct commutation*

A commutation between two principal convertor valves.

1.5.5 *Indirect commutation*

A commutation between a principal convertor valve and an auxiliary convertor valve succeeded by a commutation to the next principal convertor valve.

Notes 1. – Indirect commutation is given with rectifiers by by-pass arms and with inverters by turn-off arms.

2. – In some convertor connections, several auxiliary arms may be involved consecutively.

1.5.6 *Commutation interval (overlap interval)*

The time interval in which two commutating convertor valves are carrying principal current simultaneously.

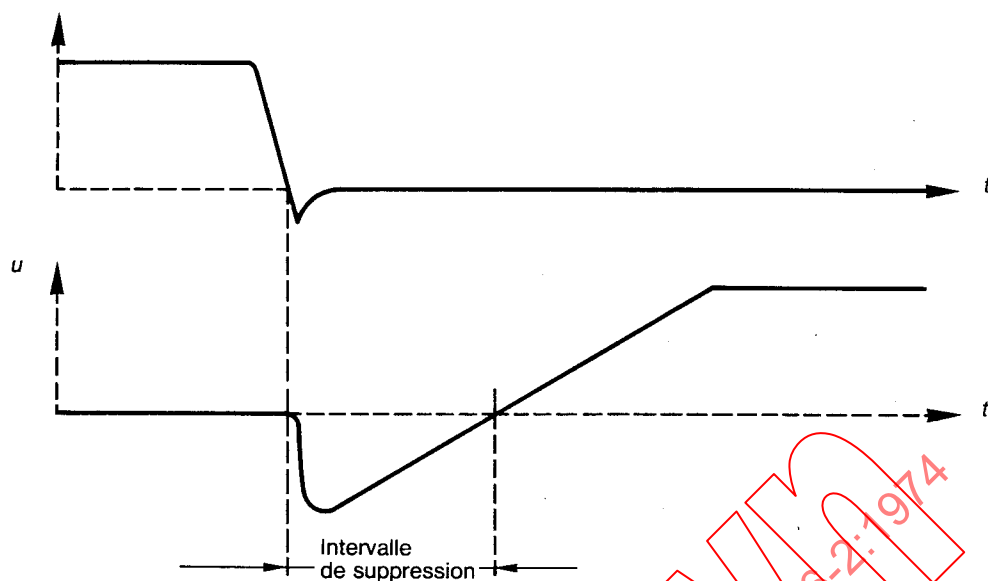
1.5.7 *Commutating voltage*

The voltage which causes the current to commute from one convertor valve to the next.

1.5.8 *Hold-off interval*

The interval between that instant when the principal current of the semiconductor devices of a convertor valve has decreased to zero and that instant when the same semiconductor devices are subjected to off-state voltage.

Note. – The hold-off interval shall exceed the circuit commutated recovery time of the semiconductor devices. Both of them depend on the service conditions of the convertor.



088/74

FIGURE 1

1.6 Caractéristiques propres aux convertisseurs

1.6.1 Rendement en puissance ou rendement

Rapport entre la puissance active de sortie et la puissance active d'entrée.

Note. – Ces deux puissances doivent être prises comme la puissance totale donnée par la formule:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt$$

1.6.2 Facteur de conversion (applicable seulement pour un convertisseur qui comporte un onduleur à tension sinusoïdale)

Rapport entre la puissance fondamentale de sortie et la puissance fondamentale d'entrée.

Note. – La puissance fondamentale du côté courant continu, le cas échéant, est à considérer comme étant le produit des valeurs moyennes de la tension et du courant.

La puissance fondamentale du côté courant alternatif, le cas échéant, est à considérer comme étant la puissance active correspondant aux composantes fondamentales de la tension et du courant.

1.6.3 Facteur de déphasage

Cosinus de l'angle de déphasage entre la composante fondamentale de la tension et celle du courant, du côté courant alternatif d'un convertisseur.

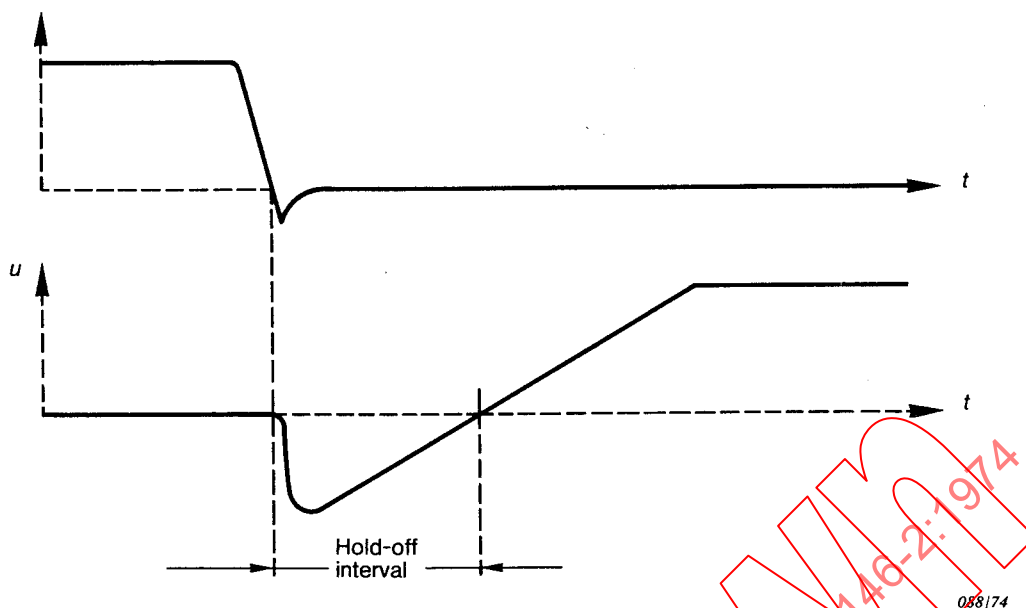


FIGURE 1

1.6 Characteristics related to convertors

1.6.1 Power efficiency or efficiency

The ratio of active output power and active input power.

Note. – Both powers are to be taken as the total power as given by the formula:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u i \, dt$$

1.6.2 Conversion factor (only applicable for a convertor comprising a sine-wave inverter)

The ratio between output fundamental power and input fundamental power.

Note. – The fundamental power on the d.c. side, if any, is to be taken as the product of the mean values of the voltage and current.

The fundamental power on the a.c. side, if any, is to be taken as the power of the fundamental frequency components of the voltage and current.

1.6.3 Displacement factor

The cosine of the displacement angle between the fundamental component of the voltage and current on the a.c. side of a convertor.

1.6.4 *Résidu*

Fonction périodique obtenue en soustrayant la composante fondamentale d'une fonction périodique non sinusoïdale.

1.6.5 *Composantes en harmoniques*

Composantes du résidu exprimées en fonction de l'ordre et des valeurs efficaces des termes de la série de Fourier qui décrit la fonction périodique.

1.6.6 *Résidu relatif*

Rapport entre la valeur efficace du résidu et la valeur efficace de la fonction périodique non sinusoïdale totale.

1.6.7 *Teneur relative de fondamentales*

Rapport entre la valeur efficace de la composante fondamentale et la valeur efficace de la fonction périodique non sinusoïdale totale.

1.6.8 *Facteur de forme côté continu*

Le facteur de forme côté continu d'une fonction périodique est le rapport de la valeur efficace à la valeur moyenne, pris sur une période complète de la fonction.

1.6.9 *Facteur de puissance du système (pour sortie quasi sinusoïdale seulement, voir le paragraphe 4.3.1 e)*

Rapport entre la puissance fondamentale active et la puissance apparente délivrée par le convertisseur et appliquée à la charge.

Note. – Le facteur de puissance du système peut être calculé comme étant le produit du facteur de déphasage par les teneurs relatives de fondamentales de la tension et du courant.

1.6.10 *Bande de tolérance*

Gamme des valeurs de régime établi que peut prendre une grandeur de sortie stabilisée, comprise entre les limites d'erreur de fonctionnement.

Notes 1. – La bande de tolérance constitue la déviation autorisée d'une grandeur de sortie stabilisée à partir d'une valeur nominale ou prédéterminée.

2. – La définition d'une bande de tolérance est utile lorsque la subdivision en effets de sortie et erreurs intrinsèques ne présente pas d'intérêt.

1.6.11 *Nombre d'impulsions*

Nombre de commutations non simultanées d'une valve principale de convertisseur à une autre pendant une période de la tension alternative.

1.6.12 *Valeur nominale*

Valeur spécifique assignée aux grandeurs électriques, thermiques, mécaniques et climatiques par le constructeur afin de définir les conditions de fonctionnement dans lesquelles on peut attendre d'un convertisseur un fonctionnement satisfaisant.

1.6.4 *Harmonic content*

The function obtained by subtracting the fundamental component from a non-sinusoidal periodic function.

1.6.5 *Harmonic components*

The components of the harmonic content as expressed in terms of the order and r.m.s. values of the Fourier series terms describing the periodic function.

1.6.6 *Relative harmonic content*

The ratio of the r.m.s. value of the harmonic content to the r.m.s. value of the total non-sinusoidal periodic function.

1.6.7 *Relative fundamental content*

The ratio of the r.m.s. value of the fundamental component to the r.m.s. value of the total non-sinusoidal periodic function.

1.6.8 *D.C. form factor*

The d.c. form factor of a periodic function is the ratio of the r.m.s. value to the mean value, averaged over a full period of the function.

1.6.9 *System power factor (for approximate sinusoidal output only, see Sub-clause 4.3.1 e)*

The ratio of the active fundamental power to the apparent power as delivered from the convertor to the load.

Note. – The system power factor can be calculated as the product of the displacement factor and the relative fundamental contents of the voltage and current.

1.6.10 *Tolerance band*

The range of steady-state values of a stabilized output quantity lying between the limits of operating error.

Notes 1. – Tolerance band describes the permissible deviation of a stabilized output quantity from a rated or pre-set value.

2. – A statement of tolerance band is useful when a sub-division into output effects and intrinsic errors is not of interest.

1.6.11 *Pulse number*

The number of non-simultaneous commutations from one principal convertor valve to another during one cycle of the alternating voltage.

1.6.12 *Rated value*

A specified value for the electrical, thermal, mechanical and environmental quantities assigned by the manufacturer to define the operating conditions under which a convertor is expected to give satisfactory service.

1.7 *Caractéristiques propres aux onduleurs*

1.7.1 *Tension de sortie*

Tension efficace (sauf spécification contraire pour une charge particulière), mesurée entre les bornes de sortie.

1.7.2 *Courant de sortie*

Courant efficace obtenu aux bornes de sortie.

1.7.3 *Puissance de sortie*

Puissance active obtenue aux bornes de sortie (somme de la puissance correspondant aux composantes fondamentales de la tension et du courant, et de la puissance correspondant aux composantes harmoniques).

1.7.4 *Facteur de puissance de la charge*

Caractéristique d'une charge en courant alternatif exprimée comme étant le rapport entre la puissance active et la puissance apparente en supposant une tension sinusoïdale idéale.

1.7.5 *Courant nominal de sortie*

Courant de sortie spécifié par le constructeur comme base des cycles de service et de la tenue aux surintensités.

1.7.6 *Courant de sortie nominal permanent*

Courant de sortie maximal qui peut être débité en permanence sans excéder les limites établies dans des conditions de service prescrites.

1.7.7 *Courant de sortie nominal de courte durée*

Courant de sortie maximal qui peut être débité pendant un temps spécifié sans excéder les limites établies dans des conditions de service prescrites.

1.7.8 *Tension de sortie nominale*

Tension de sortie spécifiée par le constructeur comme base des données d'utilisation.

1.7.9 *Puissance utile nominale*

Puissance apparente dans des conditions de charge spécifiées (voir l'article 4).

1.7.10 *Fréquence nominale (gamme de fréquences)*

Valeur nominale de la fréquence fondamentale ou gamme de fréquences fondamentales de la tension de sortie sur laquelle la fréquence fondamentale peut être réglée.

1.7.11 *Fonction tension/fréquence*

Rapport entre la tension de sortie et la fréquence fondamentale de sortie en fonction de la fréquence.

1.7.12 *Tension d'alimentation en courant continu*

Valeur moyenne de la tension en courant continu entre les bornes d'entrée, prise sur une période de toute tension d'ondulation apparaissant aux bornes d'entrée.

1.7 *Characteristics related to inverters*

1.7.1 *Output voltage*

The r.m.s. voltage (unless otherwise specified for a particular load) between the output terminals.

1.7.2 *Output current*

The r.m.s. current from the output terminals.

1.7.3 *Output power*

The active power (the sum of the power of the fundamental frequency components of voltage and current and power of the harmonic components) from the output terminals.

1.7.4 *Load power factor*

Characteristic of an a.c. load in terms expressed by the ratio of active power to apparent power assuming an ideal sinusoidal voltage.

1.7.5 *Rated output current*

The output current specified by the manufacturer as a basis of declaring the duty cycles and over-current capability.

1.7.6 *Rated continuous output current*

The maximum output current which can be carried continuously without exceeding established limitations under prescribed conditions of operation.

1.7.7 *Rated short-time output current*

The maximum output current which can be carried for a specified time without exceeding the established limitations under prescribed conditions of operation.

1.7.8 *Rated output voltage*

The output voltage specified by the manufacturer as a basis for rating.

1.7.9 *Rated output*

The apparent power output for specified load conditions (see Clause 4).

1.7.10 *Rated frequency (frequency range)*

The rated value of the fundamental frequency of the output voltage or the range over which the fundamental frequency may be adjusted.

1.7.11 *Voltage/frequency function*

The ratio of output voltage to the frequency of the output fundamental as a function of the frequency.

1.7.12 *D.C. supply voltage*

The mean value of the direct voltage between the input terminals taken over one period of any ripple voltage appearing between the input terminals.

1.7.13 *Tension nominale d'alimentation*

Tension d'alimentation spécifiée par le constructeur comme base des données d'utilisation.

1.7.14 *Surtension transitoire d'alimentation*

Pointe de tension transitoire qui peut apparaître sur les lignes d'alimentation de l'onduleur, celui-ci étant débranché.

1.7.15 *Inductance d'alimentation*

Inductance vue de la ligne d'alimentation de l'onduleur lorsque celui-ci est débranché.

1.7.16 *Energie transitoire d'alimentation*

Energie que le système d'alimentation en courant continu, soumis à une variation transitoire, est capable de fournir aux bornes auxquelles l'onduleur doit être raccordé.

1.7.17 *Courant de court-circuit dynamique de sortie*

Courant transitoire venant de l'onduleur entre les bornes de sortie lors d'un court-circuit de ces dernières.

1.7.18 *Impédance de sortie*

Impédance présentée à la charge par un convertisseur pour des fréquences données.

1.7.19 *Modulation périodique de la tension de sortie*

Variation périodique de l'amplitude de la tension de sortie à des fréquences inférieures à la fréquence fondamentale de sortie.

1.7.20 *Modulation périodique de la fréquence*

Variation périodique de la fréquence de sortie autour de sa valeur nominale.

1.7.21 *Déviation de la tension*

Différence instantanée entre la tension instantanée réelle et la valeur correspondante de l'onde précédemment non perturbée.

Note. – L'amplitude de la déviation de la tension s'exprime en pourcentage ou par unité par rapport à la valeur de crête de la tension précédemment non perturbée.

1.7.22 *Baisse de tension*

Amplitude de la déviation transitoire de la tension dont la direction est orientée vers une diminution de la tension absolue.

1.7.23 *Elévation de tension*

Amplitude de la déviation transitoire de la tension dont la direction est orientée vers une élévation de la tension absolue.

1.7.24 *Circuit triphasé dissymétrique*

Circuit triphasé dans lequel la valeur efficace de la tension (ou du courant) d'au moins une des phases ou la tension entre phases est nettement différente des autres.

Note. – Dans un circuit triphasé dissymétrique, il existe des composantes inverses ou homopolaires.

1.7.13 *Rated supply voltage*

The supply voltage specified by the manufacturer as a basis for rating.

1.7.14 *Supply transient overvoltage*

The peak instantaneous voltage that may appear between the input lines to the inverter with the inverter disconnected.

1.7.15 *Supply inductance*

The inductance appearing in the input lines to the inverter with the inverter disconnected.

1.7.16 *Supply transient energy*

The energy which the d.c. supply system, due to a transient, is capable to deliver at the terminals to which the inverter is to be connected.

1.7.17 *Dynamic short-circuit output current*

The transient current which flows from the inverter into a short-circuit across the output terminals.

1.7.18 *Output impedance*

The impedance presented by the converter to the load for specified frequencies.

1.7.19 *Periodic output voltage modulation*

The periodic variation of output voltage amplitude at frequencies less than the fundamental output frequency.

1.7.20 *Periodic frequency modulation*

The periodic variation of the output frequency from its rated value.

1.7.21 *Voltage deviation*

The instantaneous difference between the actual instantaneous voltage and the corresponding value of the previously undisturbed waveform.

Note. – Voltage deviation amplitude is expressed in per cent or per unit referred to the peak value of the previously undisturbed voltage.

1.7.22 *Voltage dip*

The transient voltage deviation amplitude, the direction of which is towards diminishing the absolute voltage.

1.7.23 *Voltage rise*

The transient voltage deviation amplitude, the direction of which is towards increasing absolute voltage.

1.7.24 *Unbalanced three-phase system*

A three-phase system in which the r.m.s. value of at least one phase voltage (or current) or line-to-line voltage is significantly different from the others.

Note. – In an unbalanced three-phase system, negative or zero-sequence components are existing.

1.7.25 *Rapport de dissymétrie*

Différence entre la valeur la plus haute et la valeur la plus basse des valeurs efficaces de la fondamentale dans un circuit triphasé, par rapport à la moyenne des trois valeurs efficaces de la fondamentale du courant ou des tensions, selon le cas.

1.7.26 *Facteur de dissymétrie*

Rapport entre la composante inverse et la composante directe.

2. **Classification des types de circuits onduleurs**

Les onduleurs sont codés de façon à renseigner sur la configuration du circuit de base et sur le nombre de circuits de base utilisés:

$n \times p$ où

n = nombre de circuits de base comme spécifié par xp

X = identification du circuit de base

x = B pour pont

M pour voie simple

D pour connexion en doubleur

p = nombre d'impulsions du circuit de base

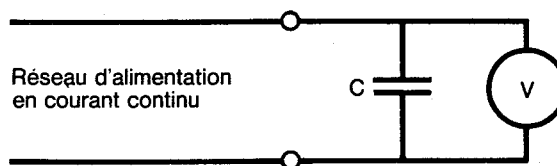
3. **Conditions de service**

3.1 *Conditions de service normal*

Les matériels conformes aux présentes recommandations devront pouvoir, sauf spécification contraire, fonctionner dans les conditions suivantes:

- a) La température ambiante de l'air dans lequel se trouve le matériel doit être supérieure à 0°C et inférieure ou égale à 40°C.
- b) S'il est fait usage d'un liquide à des fins de refroidissement, la température d'entrée de ce liquide doit être supérieure à 5°C et inférieure ou égale à 30°C.
- c) L'altitude à laquelle le matériel est utilisé ne doit pas excéder 1 000 m (3 300 ft).
- d) Aucune des conditions énumérées au paragraphe 3.2 ne doit être présente.
- e) L'énergie transitoire d'alimentation ne doit pas produire plus de 4 joules dans le cas de convertisseurs à commutation automatique dont la tension d'alimentation est inférieure ou égale à 260 V. Pour ceux dont la tension d'alimentation en courant continu est supérieure à 260 V, l'énergie transitoire d'alimentation peut dépasser 4 joules et les possibilités du convertisseur à cet égard doivent alors faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Pour savoir si l'énergie transitoire d'alimentation est supérieure ou inférieure à 4 joules, on la détermine en branchant un condensateur (C) et un voltmètre de crête (V) en parallèle sur les lignes d'alimentation à la place du convertisseur.



1.7.25 *Unbalance ratio*

The difference between the highest and the lowest fundamental r.m.s. values in a three-phase system, referred to the average of the three fundamental r.m.s. values of current or voltages respectively.

1.7.26 *Unbalance factor*

The ratio of the negative sequence component to the positive sequence component.

2. **Classification of inverter circuit types**

Inverters are numbered to provide information on the basic circuit configuration and the number of basic circuits used:

$n \times p$, where

n = number of basic circuits as specified by xp

X = identification of basic circuit

x = B for bridge

M for single way

D for doubler connection and

p = pulse number of the basic circuit

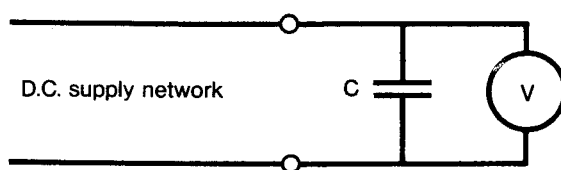
3. **Service conditions**

3.1 *Normal service conditions*

Equipment conforming to these recommendations shall be capable of operating under the following conditions if not otherwise specified:

- a) The ambient air temperature at the equipment is above 0°C and does not exceed 40°C.
- b) If a liquid is used for cooling purposes, the temperature of the incoming liquid is greater than 5°C and does not exceed 30°C.
- c) The altitude does not exceed 1 000 m (3 300 ft).
- d) No conditions listed under Sub-clause 3.2 are present.
- e) The supply transient energy shall not exceed 4 joules in the case of self-commutated converters with a supply voltage of 260 V or less. For self-commutated converters with a d.c. supply voltage exceeding 260 V, the supply transient energy may exceed 4 joules and the capability of the convertor in this respect shall then be subject to agreement between user and manufacturer.

Whether the supply transient energy is more or less than 4 joules is determined by connecting a capacitor (C) and a peak recording voltmeter (V) across the supply lines instead of the convertor.



La capacité est donnée par la formule:

$$C = 4 \cdot \frac{2}{U_{\text{limite}}^2 - U_{\text{dN}}^2}$$

où:

U_{limite} = surtensions maximales citées au paragraphe 3.1 j)

U_{dN} = tension nominale d'alimentation

L'énergie transitoire d'alimentation W ne dépasse pas 4 joules si la tension maximale U , apparaissant aux bornes du condensateur dans les conditions les plus défavorables sur les lignes d'alimentation, correspondant à l'énergie donnée par la formule:

$$W = \frac{1}{2} C (U^2 - U_{\text{dN}}^2)$$

ne dépasse pas 4 joules.

f) Variations de la tension d'entrée.

- 1) Plage de tension d'alimentation de $\pm 15\%$ par rapport à la tension d'alimentation nominale lorsque la source utilisée est une batterie (voir le paragraphe 4.8).

Note. – Cette plage ne tient pas compte de la plage de tension supplémentaire requise pour la charge exceptionnelle d'égalisation ou de formation des batteries.

- 2) Pour toutes les autres sources de courant continu, plage de la tension d'alimentation égale à la tension nominale d'alimentation $+ 5\% - 7,5\%$.

- 3) Pour un convertisseur indirect à courant alternatif, plage de la tension alternative d'alimentation égale à la tension nominale d'entrée $\pm 5\%$ pour un usage prolongé ou $\pm 10\%$ pour un usage momentané.

- g) L'onduleur résiduelle crête à crête de la tension continue ne doit pas dépasser 15% de la valeur de la tension nominale d'alimentation.

Note. – Le convertisseur est supposé débranché et l'impédance interne de la source d'alimentation devra être spécifiée dans l'accord passé entre le constructeur et l'utilisateur, si elle a une valeur appréciable.

- h) Les harmoniques de la tension alternative d'entrée d'un convertisseur indirect à courant alternatif sont limitées par les restrictions suivantes:

- 1) Résidu relatif ne dépassant pas 10%, c'est-à-dire teneur relative en fondamentale $\geq 99,5\%$.
- 2) Composantes harmoniques non supérieures aux valeurs indiquées sur la figure 2, page 24.

Note. – La note du point g) s'applique également à ce point.

- j) Les surtensions doivent être conformes aux valeurs indiquées sur la figure 3, page 25.

Notes 1. – Dans certains cas, les surtensions peuvent être considérablement supérieures à la tension normale d'alimentation. Par exemple, lorsqu'on utilise une batterie d'accumulateurs pour alimenter des charges à commutation brusque, il peut se produire des surtensions identiques à celles indiquées sur la figure 3.

2. – La figure 3 est destinée à s'appliquer principalement à des tensions continues d'alimentation inférieures à 50 V. Pour les tensions continues d'alimentation de valeur supérieure à 100 V, la courbe est coupée au niveau de tension spécifié obtenu par la formule suivante:

$$U_{\text{limite}} = 1\,400\text{ V} + 2,3\, U_{\text{dN}}$$

The capacity is given by the formula:

$$C = 4 \cdot \frac{2}{U_{\text{limit}}^2 - U_{\text{dN}}^2}$$

where:

U_{limit} = the maximum overvoltages specified in Sub-clause 3.1 j)

U_{dN} = the rated supply voltage

The supply transient energy W does not exceed 4 joules if the maximum voltage U , appearing across the capacitor under the most onerous transient conditions in the supply lines, corresponds to an energy given by the formula:

$$W = \frac{1}{2} C (U^2 - U_{\text{dN}}^2)$$

which does not exceed 4 joules.

f) Input voltage variations.

- 1) Supply voltage range for battery sources equal to the rated supply voltage $\pm 15\%$ (refer to Sub-clause 4.8).

Note. – This range does not include the additional voltage range required for gas charge of batteries.

- 2) Supply voltage range for all other d.c. sources equal to the rated supply voltage $+5\% - 7.5\%$.

- 3) Input alternating voltage range for an indirect a.c. convertor equal to the rated input voltage $\pm 5\%$ prolonged and $\pm 10\%$ momentary.

g) Ripple on the supply direct voltage does not exceed 15% peak-to-peak of the rated supply voltage value.

Note. – The convertor equipment is assumed to be disconnected and the internal impedance of the supply source should be specified in agreement between user and manufacturer, if this impedance is of significant value.

h) Harmonics on the input alternating voltage supplying an indirect a.c. convertor are restricted by the following limits:

- 1) Relative harmonic content shall not exceed 10%, i.e. a relative fundamental content $\geq 99.5\%$.
- 2) Harmonic components not exceeding values given in Figure 2, page 24.

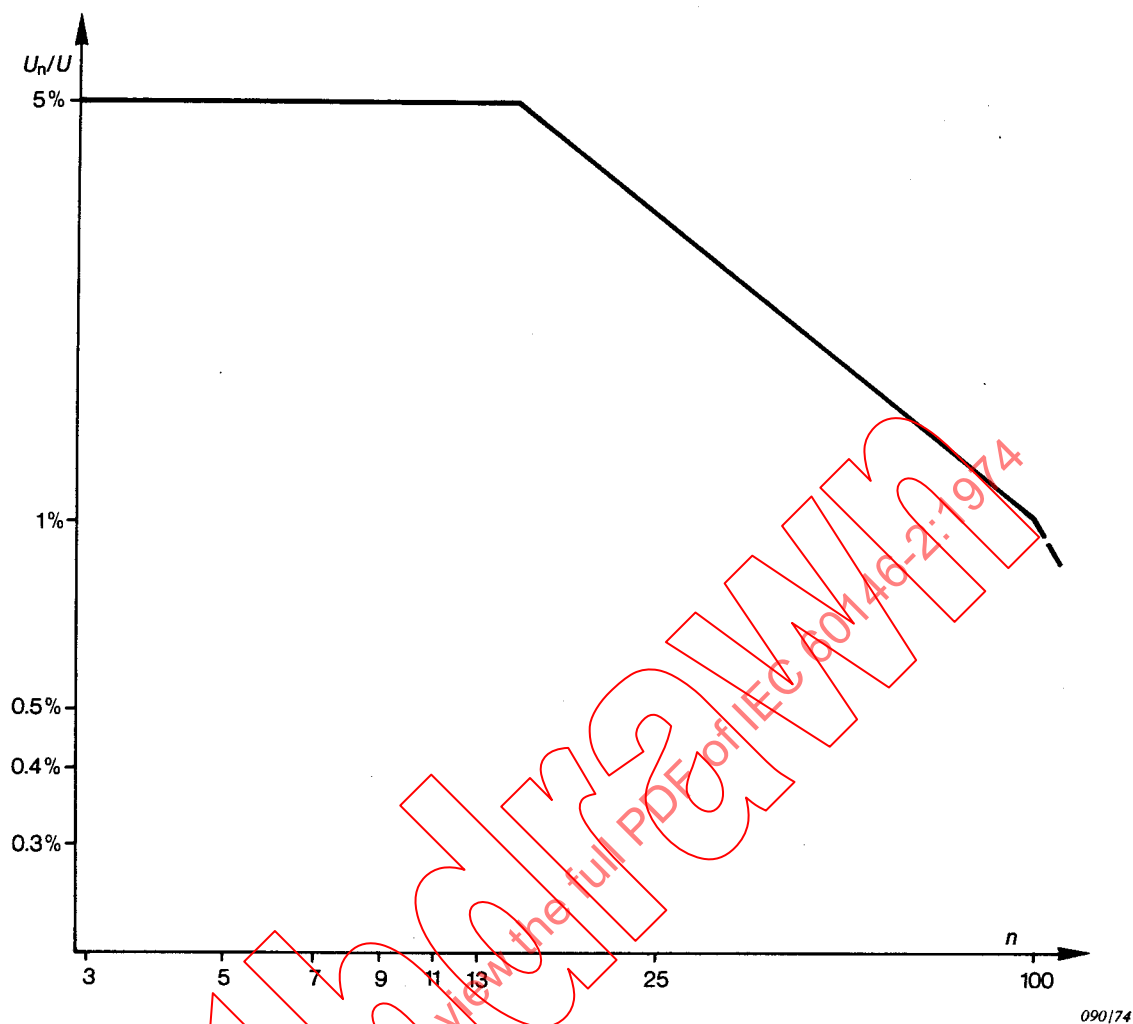
Note. – The note of Item g) applies to this item.

j) Supply overvoltages as specified in Figure 3, page 25.

Notes 1. – For some applications, such overvoltage magnitudes may be considerably in excess of the normal supply voltage. As an example, the use of a battery source to supply switched loads in addition to an inverter may occasion overvoltages as indicated in Figure 3.

2. – Figure 3 is intended to apply particularly to d.c. supplies of less than 50 V. For d.c. supply voltages higher than 100 V, the curve is cut off at the voltage level specified by the following formula:

$$U_{\text{limit}} = 1\,400\text{ V} + 2.3\, U_{\text{dN}}$$



n = rang de la composante harmonique
 U_n = valeur efficace de l'harmonique de rang n
 U = valeur efficace de la tension alternative nominale d'entrée

 n = order of harmonic component
 U_n = r.m.s. value of harmonic order n
 U = r.m.s. value of rated input alternating voltage

FIG. 2 – Composante harmonique maximale autorisée de la tension alternative d'entrée (voir le paragraphe 3.1 h).

Maximum permitted harmonic component of the input alternating voltage (see Sub-clause 3.1 h).

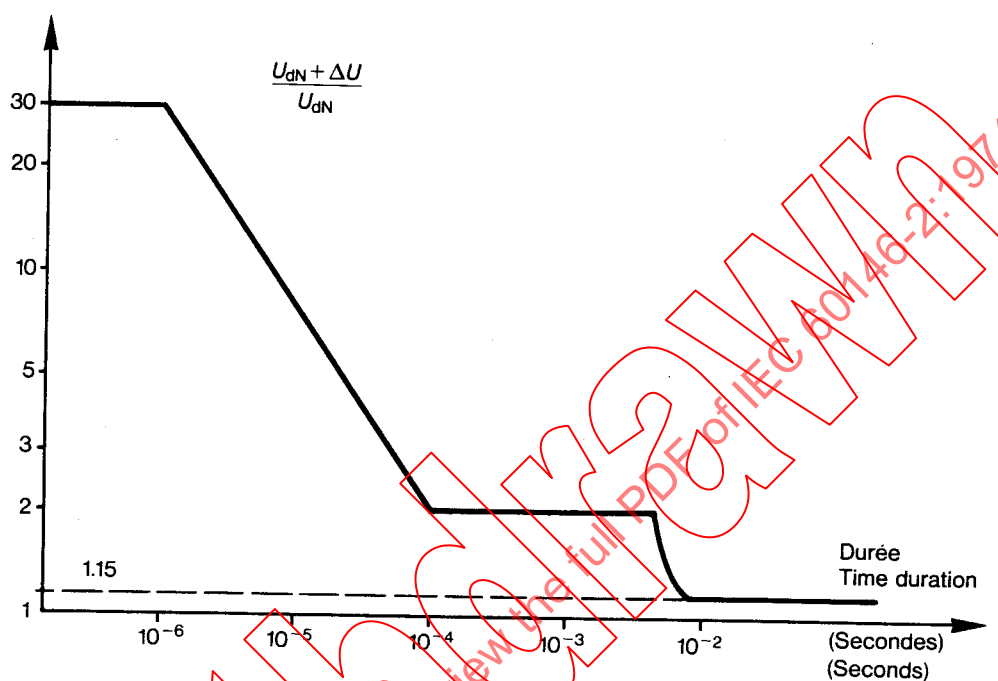


FIG. 3. – Surtension maximale prévue en fonction de la durée de la transitoire.
Maximum expected overvoltage versus duration of transient.

3.2 *Conditions de service à définir par l'utilisateur*

L'emploi d'un convertisseur de puissance à semiconducteurs dans des conditions différentes de celles reconnues comme «Conditions normales de service» doit être considéré comme emploi spécial.

Des conditions de la nature de celles répertoriées ci-dessous peuvent exiger des caractéristiques de construction ou de protection spéciales et, si elles se produisent, doivent être spécifiées par l'utilisateur.

3.2.1 *Conditions de milieu*

- a) vapeurs nocives;
- b) humidité excessive;
- c) poussière excessive;
- d) poussière abrasive;
- e) vapeur d'eau;
- f) vapeurs d'huile;
- g) mélanges explosifs de poussières ou de gaz;
- h) air salin;
- j) pluie ou chutes d'eau verticales;
- k) températures extrêmes ou à brusque variation;
- l) eau de refroidissement contenant de l'acide ou des impuretés pouvant provoquer un entartrage, un dépôt de boues, des effets d'électrolyse ou de corrosion excessifs sur les parties du convertisseur qui sont en contact avec cette eau;
- m) champs électromagnétiques anormalement élevés;
- n) niveaux radioactifs supérieurs au niveau normal d'activité.

3.2.2 *Conditions mécaniques*

- a) exposition à des vibrations, chocs ou secousses anormaux;
- b) conditions de transport ou de stockage spéciales (l'utilisateur doit préciser le mode de manutention prévu pour le matériel);
- c) limites d'encombrement et de poids inhabituelles.

3.2.3 *Conditions électriques*

- a) charge de travail inhabituelle;
- b) inductance d'entrée supérieure à 0,75 mH;
- c) tensions de réseau anormalement élevées par rapport à la masse;
- d) superposition de tensions à hautes fréquences;
- e) harmoniques d'une tension d'alimentation alternative;
- f) charge non linéaire ou engendrant soit des harmoniques en quantité excessive, soit en ondulation de courant;
- g) incapacité de l'alimentation en continu d'accepter un courant dans la direction inverse;
- h) variation anormale de fréquence en alimentation alternative;
- j) charges autres que linéaires, passives et équilibrées.

3.3 *Exigences d'aptitude à la fonction à préciser par l'utilisateur*

Des conditions telles que celles mentionnées aux paragraphes 3.3.1 et 3.3.2 peuvent nécessiter une construction spéciale et, lorsqu'elles se produisent, doivent être indiquées par l'utilisateur.

3.2 *Service conditions to be identified by user*

The use of semiconductor power convertor equipment under conditions departing from those noted under "Normal service conditions" shall be considered special.

Conditions of the kind given below may require special construction or protective features and, where they exist, shall be specified by the user.

3.2.1 *Environmental conditions*

- a) damaging fumes;
- b) excessive moisture;
- c) excessive dust;
- d) abrasive dust;
- e) steam;
- f) oil vapour;
- g) explosive mixtures of dust or gas;
- h) salt air;
- j) weather or dripping water;
- k) extreme or sudden changes in temperature;
- l) cooling water containing acid or impurities which may cause excessive scale, sludge, electrolysis or corrosion of the convertor parts exposed to the water;
- m) unusually strong electro-magnetic fields;
- n) radioactive levels above natural background.

3.2.2 *Mechanical conditions*

- a) exposure to abnormal vibration, shocks or tilting;
- b) special transportation or storage conditions (user to identify method of handling equipment);
- c) unusual space and weight limitations.

3.2.3 *Electrical conditions*

- a) unusual operating duty;
- b) supply inductance exceeding 0.75 mH;
- c) abnormally high-system voltages to ground;
- d) superimposed high-frequency voltages;
- e) alternating supply voltage harmonics;
- f) non-linear load or one generating excessive harmonic or ripple current;
- g) no capability for the d.c. supply to accept a current in the reverse direction;
- h) abnormal frequency variation in case of a.c. supply;
- j) a load which is not passive, linear and balanced between phases.

3.3 *Performance requirements to be identified by user*

Conditions of the kind given in Sub-clauses 3.3.1 and 3.3.2 may require special construction and, where they exist, shall be specified by the user.

3.3.1 *Restrictions de fonctionnement*

Les restrictions s'appliquant aux points suivants sont à préciser:

- a) bruit audible;
- b) bruit rayonné;
- c) harmoniques du courant alternatif d'alimentation;
- d) distorsion harmonique de sortie;
- e) composante du courant alternatif provenant de la source de tension continue;
- f) interférence avec les fréquences radiophoniques.

3.3.2 *Exigences particulières de fonctionnement*

Les exigences particulières de fonctionnement applicables aux points ci-dessous doivent être précisées:

- a) stabilisation de la tension de sortie;
- b) stabilité en fréquence;
- c) synchronisation et dérive de phase.

4. **Valeurs nominales pour convertisseurs**

4.1 *Valeurs nominales pour redresseurs*

Pour les valeurs nominales de la partie redresseur d'un convertisseur, voir la deuxième édition (1973) de la Publication 146 de la CEI.

4.2 *Valeurs nominales pour onduleurs*

Les valeurs nominales d'un onduleur doivent être considérées comme un ensemble de caractéristiques définissant les valeurs nominales de sortie qui peuvent être obtenues de l'appareil dans des conditions de fonctionnement spécifiées sans dépasser aucune des limites définies par les normes établies (qui s'appliquent à divers composants d'un convertisseur), ni provoquer de panne fondamentale. La charge nominale d'un onduleur doit être exprimée en termes de puissance apparente disponible aux bornes de sortie, d'après les bases indiquées ci-après.

Toutes les valeurs nominales spécifiées à l'article 4 doivent être indiquées soit sur la plaque d'identification du matériel, soit de toute autre façon appropriée. Pour plus de renseignements sur le contenu de la plaque d'identification (ou plaque signalétique), se référer à la Publication 146A de la CEI.

4.3 *Valeurs nominales pour onduleurs à fréquence fixe*

A défaut de spécification contraire, ces valeurs seront basées sur:

- a) les conditions normales de service;
- b) un service continu.

3.3.1 *Performance limitations*

Limitations to the items given below shall be specified:

- a) audible noise;
- b) radiated noise;
- c) alternating supply current harmonics;
- d) output harmonic distortion;
- e) alternating current component drawn from direct voltage source;
- f) radio frequency interference.

3.3.2 *Special performance requirements*

Special performance requirements regarding the items listed below shall be specified:

- a) output voltage stabilization;
- b) frequency stability;
- c) synchronization and phase shift.

4. **Rated values for convertors**

4.1 *Rated values for rectifiers*

For rated values related to the rectifier part of a convertor, refer to the Second edition (1973) of IEC Publication 146.

4.2 *Rated values for inverters*

The rated values for an inverter shall be regarded as a rating which defines the rated output values which can be taken from the apparatus under specified service conditions without exceeding any of the limitations of established standards (which apply to various components of a convertor unit) or incurring structural failure. An inverter shall have its rated load expressed in terms of apparent power available at the output terminals on the basis listed below.

All rated values as specified in Clause 4 shall be either indicated on the rating plate or in any other suitable way. As a guidance for the content of the rating plate, refer to IEC Publication 146A.

4.3 *Rated values for fixed-frequency inverters*

If not otherwise specified the values shall be based on:

- a) normal service conditions;
- b) continuous duty.

4.3.1 Les valeurs nominales et caractéristiques suivantes doivent être spécifiées par le constructeur. Les valeurs indiquées entre parenthèses sont applicables à défaut de spécification contraire.

- a) plage de tension d'alimentation (voir les paragraphes 3.1 f) et 4.8);
- b) tension nominale de sortie et plage de tolérance (tension nominale $\pm 5\%$);
- c) courant nominal de sortie pour un facteur de puissance de la charge spécifié (facteur de puissance = 1,0);
- d) fréquence et plage de fréquence (fréquence $\pm 2\%$);
- e) le résidu relatif maximal de la tension de sortie sur une charge linéaire résistive (pour les onduleurs sinusoïdaux seulement).

4.3.2 Les points suivants doivent, le cas échéant, être spécifiés par le constructeur:

- a) déséquilibre permmissible en charge;
- b) rapport entre le déséquilibre en charge et le déséquilibre en tension;

Note. – Il est recommandé d'exprimer l'effet du déséquilibre de la charge sur les tensions de phase soit en donnant l'impédance interne par phase de l'onduleur pour les composantes directe, inverse et homopolaire, soit en indiquant le déséquilibre en tension qui résulte d'un déséquilibre spécifié, par exemple: $Z_U = 1,2$ p.u., $Z_V = 1$ p.u. et $Z_W = 1$ p.u. de charge résistive, U , V et W désignant les trois phases de la tension de sortie.

- c) plage admissible pour le facteur de puissance de la charge;

Note. – Sauf spécification contraire, le facteur de puissance de la charge est donné pour une tension sinusoïdale.

- d) la baisse de tension, l'élévation de tension et le temps de rétablissement pour un changement de palier du courant de charge doivent être indiqués selon qu'il s'agit d'une charge équilibrée ou non
- e) facteur de conversion et/ou rendement en puissance.

Note. – Pour définir quelles pertes doivent être comprises, se référer à l'article 420 de la deuxième édition de la Publication 146 de la CIE.

4.4 *Valeurs nominales pour onduleurs à fréquence variable ou convertisseurs en courant alternatif pour charges à moteurs multiples*

Les valeurs nominales des onduleurs à fréquence variable doivent être, sauf spécification contraire et excepté pour les applications à moteur unique, basées sur:

- a) des conditions normales de service;
- b) un service continu.

4.4.1 Les valeurs nominales et caractéristiques suivantes doivent être spécifiées par le constructeur. Les valeurs indiquées entre parenthèses sont applicables à défaut de spécification contraire:

- a) tension d'alimentation ou tension alternative d'alimentation ou plage de tension alternative d'alimentation;
- b) valeurs de référence dans la plage tension de sortie/fréquence de sortie auxquelles l'onduleur fonctionne (la tension de sortie est comprise comme étant la valeur efficace de la composante fondamentale);
- c) plage de tension nominale de sortie;
- d) courant nominal de sortie pour un facteur de puissance spécifié de la charge (déphasage arrière 0,8) pour une fréquence spécifiée;
- e) plage de fréquence nominale de sortie.

4.3.1 The following rated values and characteristics shall be specified by the manufacturer. The values provided in parentheses shall apply if not otherwise specified.

- a) supply voltage range (see Sub-clauses 3.1 f) and 4.8);
- b) rated output voltage and tolerance band (rated voltage $\pm 5\%$);
- c) rated output current for specified load power factor (power factor = 1.0);
- d) frequency and frequency tolerance (frequency $\pm 2\%$);
- e) the maximum relative harmonic content of the output voltage at linear resistive load (for sine-wave inverters only).

4.3.2 The following items shall be specified by the manufacturer if applicable:

- a) permissible load unbalance;
- b) relation between load unbalance and voltage unbalance;

Note. – It is recommended that the effect of load unbalance on the phase voltages be expressed either in terms of the inverter internal impedance per phase for positive, negative and zero-sequence components, or as the resulting voltage unbalance for a specified unbalance in phase load impedance, e.g. $Z_U = 1.2$ p.u., $Z_V = 1$ p.u. and $Z_W = 1$ p.u. resistive load, U , V and W referring to the three phases of the output voltage.

- c) permissible range of load power factor;

Note. – Unless otherwise specified, the load power factor is given for sinusoidal voltage.

- d) voltage dip, voltage rise and settling time for a step change in load current, being specified if it is for a balanced or unbalanced load;

- e) conversion factor and/or power efficiency;

Note. – To state which losses that shall be included, refer to Clause 420 in the Second edition of IEC Publication 146.

4.4 *Rated values for variable frequency inverters or a.c. convertors for multiple motor loads*

Rated values for variable frequency inverters, if not otherwise specified (except for single motor applications), shall be based on:

- a) normal service conditions;
- b) continuous duty.

4.4.1 The following rated values and characteristics shall be specified by the manufacturer. The values provided in parentheses shall apply if not otherwise specified:

- a) supply voltage or input alternating voltage or input alternating voltage range;
- b) reference values within the range of output voltage/output frequency over which the inverter shall operate (the output voltage is understood to be the r.m.s. value of the fundamental);
- c) rated output voltage range;
- d) rated output current for specified load power factor (0.8 lagging) for a specified frequency;
- e) rated output frequency range.

4.4.2 Les points suivants doivent, le cas échéant, être spécifiés par le constructeur:

a) plage admissible pour le facteur de puissance de la charge;

Note. – Sauf spécification contraire, le facteur de puissance de la charge est donné pour une tension sinusoïdale.

b) la baisse de tension, l'élévation de tension et le temps de rétablissement pour un changement de palier du courant de charge doivent être indiqués selon qu'il s'agit d'une charge équilibrée ou non;

c) facteur de conversion et/ou rendement en puissance.

Note. – Pour établir quelles pertes doivent être comprises, se référer à l'article 420 de la deuxième édition de la Publication 146 de la CEI.

4.5 *Valeurs nominales pour onduleurs à fréquence variable ou convertisseurs en courant alternatif pour un seul moteur (ou plusieurs moteurs fonctionnant comme un seul)*

Les valeurs nominales des onduleurs à fréquence variable pour un seul moteur ou plusieurs moteurs travaillant comme un seul doivent être les mêmes que celles des autres onduleurs à fréquence variable sauf que les valeurs nominales doivent également comprendre la puissance et le type du moteur; par exemple: à induction, à réductance, synchrone alternatif à bagues. Les données d'utilisation doivent mentionner le type du moteur, le nombre des moteurs et les indications données par leurs plaques signalétiques.

Note. – Les types de moteurs mentionnés devront être définis conformément au V.E.I.

4.6 *Identification du service en charge*

4.6.1 *Généralités*

L'identification d'un convertisseur doit être établie suivant la formule suivante:

$$a/b - c/d - e - f$$

a = nombre indiquant, en p.u., la grandeur du courant de longue durée que peut fournir le convertisseur pendant une période spécifiée de longue durée (en minutes);

b = nombre indiquant, en minutes, la durée permise pour un courant de sortie de longue durée;

c = nombre indiquant, en p.u., la grandeur du courant de sortie de courte durée que peut fournir un convertisseur pendant une période spécifiée de courte durée (en secondes);

d = nombre indiquant la durée permise pour un courant de sortie de courte durée, exprimée en secondes;

e = nombre indiquant la valeur de crête maximale *instantanée* du courant que peut fournir le convertisseur, en termes de p.u. (basé sur le courant nominal de sortie, mentionné au paragraphe 4.6.2);

f = lettre ou lettres indiquant les caractéristiques de commande

A Arrêt en cas de surcharge

B Limite de courant

C Démarrage commandé en fréquence

D Démarrage commandé en tension.

4.6.2 *Base de courant pour l'identification*

Toutes les valeurs nominales de courant spécifiées en p.u. sont basées sur le courant nominal de sortie.

4.4.2 The following items shall be specified by the manufacturer if applicable:

a) permissible range of load power factor;

Note. – Unless otherwise specified, the load power factor is given for sinusoidal voltage.

b) voltage dip, voltage rise and settling time for a step change in load current, being specified if it is for a balanced or unbalanced load;

c) conversion factor and/or power efficiency;

Note. – To state which losses that shall be included, refer to Clause 420 in the Second edition of IEC Publication 146.

4.5 *Rated values for variable frequency inverters or a.c. convertors for a single motor (or motors operating as one)*

The rated values for variable frequency inverters for a single motor (or motors operating as one) shall be the same as for other variable frequency inverters except that the rated values shall also include motor power and motor type; e.g. induction, reluctance, slip-ring synchronous. The rating shall contain the type of motor, the number of motors and their nameplate rating.

Note. – The types of motors mentioned should be defined in accordance with the I.E.V.

4.6 *Load duty identification*

4.6.1 *General*

The identification of a convertor shall be specified in terms of the following formula:

$$a/b - c/d - e - f$$

a = a figure to indicate, in p.u., the magnitude of long-time current which may be delivered by the convertor for a specified long duration (in minutes);

b = a figure to indicate, in minutes, the permissible duration of the long-time output current;

c = a figure to indicate, in p.u., the magnitude of short-time output current which may be delivered by the convertor for a specified short duration (in seconds);

d = a figure to indicate the permissible duration, in seconds, of the short-time output current;

e = a figure to indicate the maximum *instantaneous* peak value of current which may be delivered by the convertor in terms of p.u. (based on the rated output current according to Sub-clause 4.6.2);

f = a letter or letters to indicate the control characteristics provided

A Shut off on overload

B Current limit

C Controlled frequency start

D Controlled voltage start.

4.6.2 *Current base for the identification*

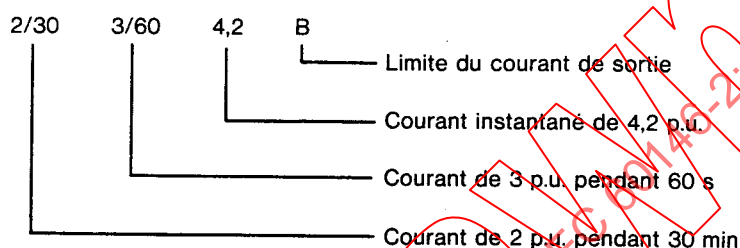
All rated current values specified in p.u. are based on the rated output current.

4.6.3 Chiffres normalisés de l'identification

Il est recommandé de choisir les chiffres d'identification d'après les indications suivantes:

- $a = 1,0, 2,0, 3,0$, etc.
- $b = 10, 15, 20, 25$, etc. (minutes)
- $c = 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0$, etc.
- $d = 30, 40, 50, 60$, etc. (secondes)
- $e = 1,4, 2,1, 2,8, 4,2$, etc. (exemple: onde sinusoïdale)
1, 2, 3, 4, etc. (exemple: onde carrée).

4.6.4 Exemple de l'identification selon le paragraphe 4.6



4.7 Aptitude au courant nominal de court-circuit (pour la mise en œuvre des dispositifs de protection)

L'aptitude au courant nominal de court-circuit doit être le I^2t minimal disponible pour une base de temps donnée. Elle est dérivée du courant de court-circuit dynamique de sortie dans les conditions les plus sévères en fonction des valeurs nominales.

Note. – Le courant de court-circuit de régime établi d'un onduleur est généralement faible. Pour le déclenchement des dispositifs de protection contre les surintensités tels que des fusibles, il est nécessaire, lors de la conception de l'onduleur, de se baser sur le courant de court-circuit transitoire de sortie de l'onduleur.

L'aptitude au courant nominal transitoire de court-circuit doit être indiquée sous la forme d'un graphique donnant I^2t minimal en fonction du temps.

Elle devra être donnée pour les conditions qui produisent la valeur la plus faible sur la courbe I^2t , en tenant compte de la charge ayant précédé immédiatement et de l'instant de l'onde de tension auquel se produit le court-circuit.

4.8 Valeur nominale de la tension d'entrée continue avec des batteries d'accumulateurs utilisées comme source

Pour les onduleurs destinés à être alimentés par des batteries d'accumulateurs, la valeur de référence doit être égale au produit de 2 V par élément au plomb (1,2 V par élément au cadmium nickel) par le nombre d'éléments.

5. Essais pour les onduleurs

5.1 Domaine d'application

On trouvera ci-incluse une description des essais permettant de vérifier les caractéristiques de fonctionnement. On trouvera également une méthode de mise en œuvre pour la détermination des caractéristiques définies à l'article 1.

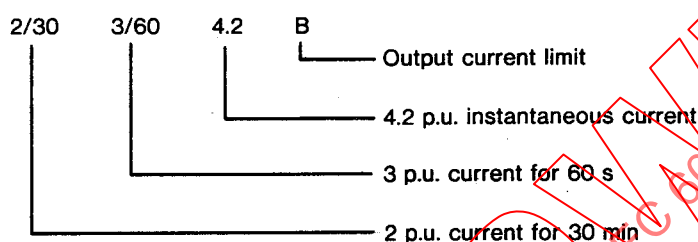
5.2 Caractéristiques d'essai et d'aptitude à la fonction

4.6.3 *Standard identification figures*

It is recommended that identification figures be chosen as follows:

- $a = 1.0, 2.0, 3.0$, etc.
- $b = 10, 15, 20, 25$, etc. (minutes)
- $c = 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0$, etc.
- $d = 30, 40, 50, 60$, etc. (seconds)
- $e = 1.4, 2.1, 2.8, 4.2$, etc. (example: sine wave)
- 1, 2, 3, 4, etc. (example: square wave).

4.6.4 *Example of identification of Sub-clause 4.6*



4.7 *Rated short-circuit current capability (for activating protective devices)*

The rated short-circuit current capability shall be the minimum available I^2t to a given time base. This is derived from the dynamic short-circuit output current under the most onerous conditions according to the rated values.

Note. – The steady-state short-circuit current of an inverter is usually small. For the clearing of load subcircuit over-current protective devices, such as fuses, it is necessary for the design to use the transient short-circuit output current of the inverter.

The rated transient short-circuit current capability should be given as a graph of the minimum I^2t to a base of time.

It should be given for those conditions which produce the lowest value of I^2t curve taking into consideration the immediately preceding load and the instant in voltage wave when short-circuit occurs.

4.8 *Input direct voltage rated value for battery sources*

For inverters intended to be supplied by batteries, the reference value shall be equal to the product of 2 V per lead acid cell (1.2 V per nickel cadmium cell) and the number of cells.

5. *Tests for inverters*

5.1 *Scope*

Included is a description of tests to verify performance characteristics. Also included is a method of implementation for the determination of those characteristics defined in Clause 1.

5.2 *Test and performance characteristics*

5.2.1 Généralités

Sauf accord contraire, les essais requis ou spécifiés doivent être exécutés par le constructeur avant expédition du matériel.

L'onduleur soumis à l'essai doit être représentatif, à tous égards, de l'ensemble de la production pour laquelle les essais sont réputés valables. Il conviendra de veiller à ce que les instruments de mesure, destinés à fournir des informations annexes ou à effectuer des essais complémentaires (tel que l'élévation de température), ne faussent pas les résultats.

5.2.2 Tableau des essais pour onduleurs

Le programme d'essais d'un onduleur comprend certains ou la totalité des essais répertoriés ci-dessous:

Des essais de type qui sont demandés sur un échantillon au moins de tous les types d'onduleurs.

Des essais individuels qui sont demandés sur tous les onduleurs.

Des essais facultatifs qui sont effectués seulement sur demande de l'utilisateur. Ils peuvent être soit de type, soit individuels, suivant accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Essai	Essai de type	Essai individuel	Essai facultatif	Spécification (paragraphe)
Isolément	X	X		492.1 (Publication 146 de la CEI [2 ^e édition])
Préliminaire à faible charge	X	X		492.2 (Publication 146 de la CEI [2 ^e édition])
Vérification des accessoires	X	X		5.3
Echauffement	X			5.4
Variation de la fréquence en fonction de la température	X ¹⁾			5.5
Tolérance sur la tension de sortie	X ¹⁾	X ¹⁾		5.5.1
Tolérance sur la fréquence	X ¹⁾			5.6.1
Teneur relative en harmoniques	X ¹⁾	X ¹⁾		5.6.2
Composantes harmoniques	X ¹⁾			5.6.3
Facteur de conversion			X	5.6.4
Rendement en puissance	X			5.6.5
Répartition du courant	X			5.6.6
Répartition de la tension	X	X		5.6.7
Fréquence radioélectrique			X	5.6.8
Bruit audible			X	22E(Secrétariat)4
Essai de surtension et d'énergie d'alimentation			X	5.7
Courant de courte durée			X	5.8
Aptitude au courant de court-circuit			X	5.9
Redémarrage			X	5.10
Essai de déséquilibre de la tension de sortie			X	5.11
Modulation en fréquence			X	5.12
Modulation périodique de la tension de sortie			X	5.13
Elévation de tension			X	5.14
Baisse de tension			X	5.15
Intervalle de suppression	X			5.16
				5.17

¹⁾ Applicable seulement si la valeur maximale est spécifiée.

5.2.1 General

Required or specified tests shall be performed by the manufacturer prior to shipment, unless otherwise agreed.

The inverter to be tested shall be representative, in all respects, of the production set for which the tests are to be considered valid. Care should be taken that instrumentation for auxiliary data or concurrent tests (e.g. temperature rise) does not distort test results.

5.2.2 Schedule of inverter tests

The test programme for an inverter unit includes some or all of the following tests:

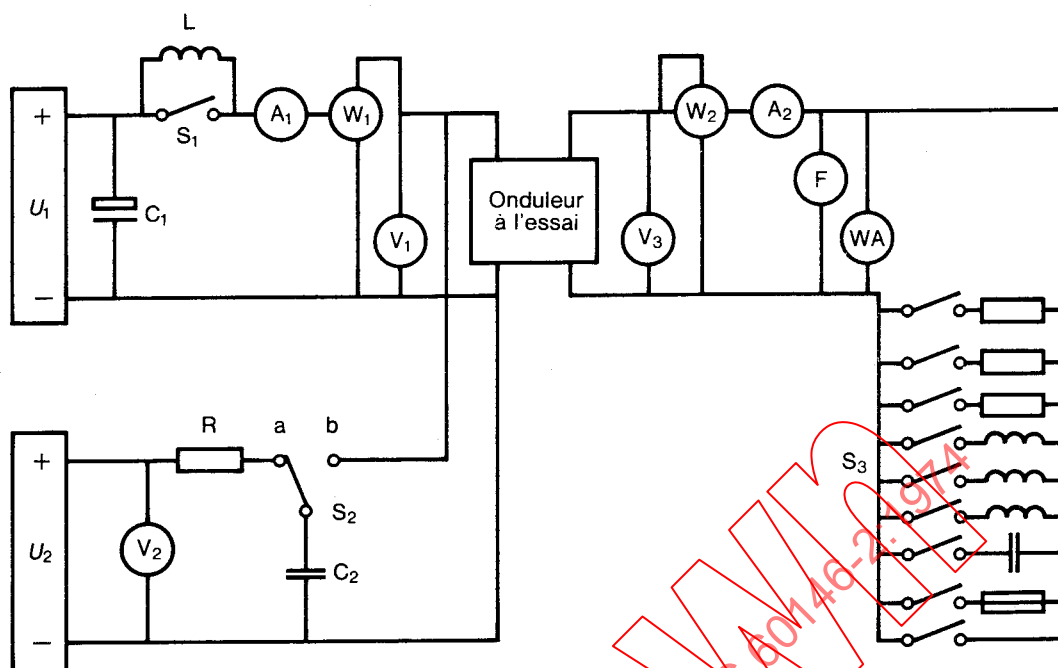
Type tests which are required on at least one sample of every type of inverter.

Routine tests which are required on all inverters.

Optional tests which are performed only if specified by the user. They may be either type or routine tests as agreed between user and manufacturer.

Test	Type test	Routine test	Optional test	Specification (Sub-clause)
Insulation	X	X		492.1 (IEC Publication 146 [2nd edition])
Preliminary light-load	X	X		492.2 (IEC Publication 146 [2nd edition])
Checking of auxiliary devices	X	X		5.3
Temperature rise	X			5.4
Temperature dependent frequency variation	X ¹⁾			5.5
Output voltage tolerance	X ¹⁾	X ¹⁾		5.5.1
Frequency tolerance	X ¹⁾			5.6.1
Relative harmonic content	X ¹⁾	X ¹⁾		5.6.2
Harmonic components	X ¹⁾			5.6.3
Conversion factor			X	5.6.4
Power efficiency	X			5.6.5
Current division	X			5.6.6
Voltage division	X	X		5.6.7
Radio frequency			X	5.6.8
Audible noise			X	22E(Secretariat)4
Supply overvoltage and energy test			X	5.7
Short-time current			X	5.8
Short-circuit current capability			X	5.9
Restart			X	5.10
Output voltage unbalance test			X	5.11
Frequency modulation			X	5.12
Periodic output voltage modulation			X	5.13
Voltage rise			X	5.14
Voltage dip			X	5.15
Hold-off interval	X			5.16
				5.17

¹⁾ Applicable only if a maximum value is specified.



092/74

FIG. 4. – Circuit d'essai.

5.2.3 Schéma du circuit d'essai

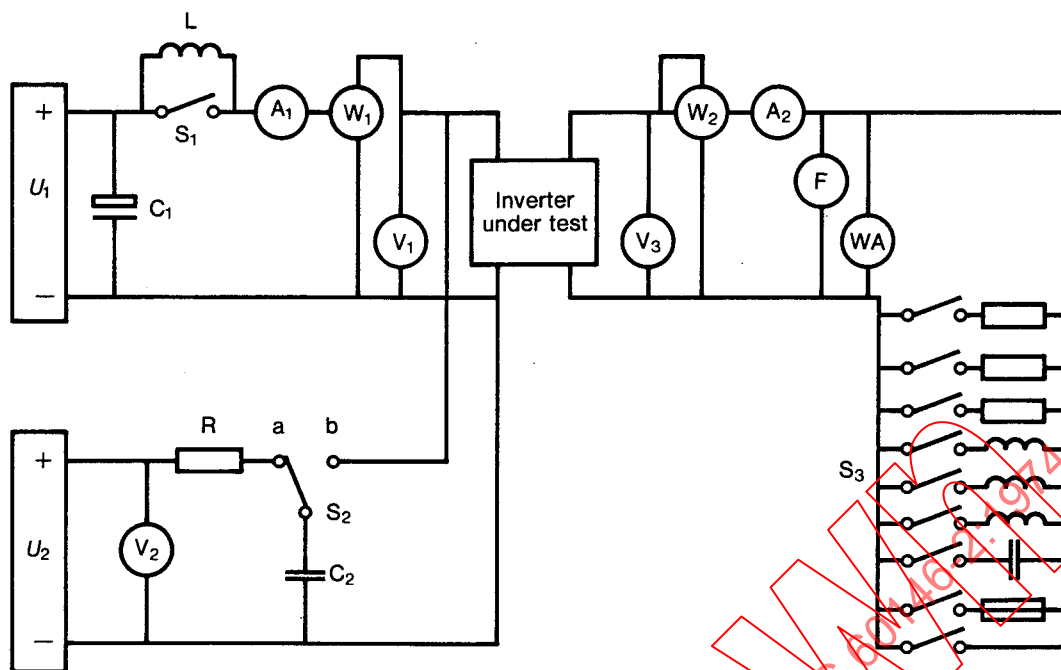
Les essais décrits aux articles suivants peuvent être effectués au moyen du circuit d'essai représenté à la figure 4. Le circuit représenté correspond à l'essai d'onduleurs monophasés, mais peut aussi bien être considéré comme la représentation monophasée d'un essai créé pour un onduleur polyphasé.

Le circuit d'essai proposé à la figure 4 n'est pas obligatoire mais, joint à la description qui est donnée des essais, il est destiné à établir les bases d'un accord mutuel entre le constructeur et l'utilisateur lors des essais du matériel.

Le circuit d'essai comprend une source de tension variable en courant continu U_1 , c'est-à-dire un convertisseur électronique de puissance, un banc de condensateurs électrolytiques afin d'assurer à l'onduleur à l'essai une tension d'entrée à basse impédance, une instrumentation d'entrée A_1 , W_1 et V_1 , une instrumentation de sortie V_3 , W_2 , A_2 , F et WA (analyseur de spectre), une charge variable composée de résistances, d'inductances et de condensateurs connectables au moyen des interrupteurs S_3 , des dispositifs complémentaires permettant d'inclure dans le circuit des fusibles et des courts-circuits et enfin le sous-circuit transitoire d'essai qui comprend une source de tension variable en courant continu U_2 , un voltmètre V_2 , un condensateur C qui peut être chargé par l'intermédiaire de la résistance R et relié aux bornes d'entrée de l'onduleur par le commutateur S_2 et une inductance L qui peut être introduite dans le circuit au moyen de l'interrupteur S_1 lors des essais de surtension d'alimentation et d'énergie transitoire.

5.3 Essai préliminaire à faible charge

L'essai a pour but de vérifier que l'onduleur est branché correctement et que sa commande statique est bien conforme aux prescriptions.



092/74

FIG. 4. – Test circuit.

5.2.3 Test circuit diagram

The tests described in the following clauses could be carried out with a test circuit as shown in Figure 4. The circuit shown is for testing single-phase inverters, but it can as well be regarded as a single-phase representation of a test set up for a multiphase inverter.

The proposed test circuit in Figure 4 is not mandatory but, together with the test descriptions, it is intended to establish a base for mutual agreement between user and manufacturer when testing equipment.

The test circuit consists of a variable direct voltage source U_1 , i.e. an electronic power convertor, a bank of electrolytic capacitors to ensure low impedance input voltage to the inverter under test, input instrumentation A_1 , W_1 and V_1 , output instrumentation V_3 , W_2 , A_2 , F and WA (wave analyser), a variable load consisting of resistors, inductors and capacitors to be connected by means of the switches S_3 , additional means for inserting fuses and short-circuits, and finally the transient test subcircuit containing a variable direct voltage source U_2 , a voltmeter V_2 , a capacitor C which can be charged via the resistor R and connected across the inverter input terminals by the switch S_2 , and an inductor L to be inserted in the circuit by means of the switch S_1 during the supply overvoltage and transient energy tests.

5.3 Preliminary light-load test

This test is carried out to verify that the inverter is correctly connected and that its static control properly fulfils the requirements.

Au cours de l'essai, on doit faire varier la tension d'alimentation sur toute la plage de tension pour laquelle l'onduleur est conçu. La tension et la fréquence de sortie ainsi que des signaux appropriés de conduite et de commande doivent être observés afin de vérifier le branchement et le fonctionnement corrects de l'appareil.

On choisira une résistance de charge produisant un courant de charge d'environ 0,1 p.u. de la valeur nominale.

Le fonctionnement des dispositifs de protection et d'alarme doit être vérifié au cours de cet essai.

5.4 *Vérification des dispositifs accessoires*

Il convient de vérifier le fonctionnement des dispositifs auxiliaires tels que contacteurs, pompes, ventilateurs, etc. Le cas échéant, cette vérification peut être effectuée dans le cadre de l'essai préliminaire à faible charge.

5.5 *Echauffement*

L'onduleur fonctionnera dans les conditions de charge nominale jusqu'à ce que la température de tous les composants importants ait pratiquement atteint sa valeur permanente.

La tension d'alimentation, comprise dans la plage de tension de l'onduleur, est choisie de façon à provoquer un échauffement maximal. Si cette tension n'est pas connue, l'échauffement doit être déterminé pour les valeurs minimale, nominale et maximale.

La température de tous les composants importants doit être contrôlée afin de pouvoir déterminer le point auquel l'état de régime permanent a été atteint. Cela doit se faire dans les conditions nominales de refroidissement. Se reporter à l'article 343 et au paragraphe A3.14 de l'annexe A de la Publication 146 de la CEI, deuxième édition, pour toute information spécifique sur la détermination de l'échauffement des transformateurs et semiconducteurs.

Note. – Il est normalement entendu que l'essai de charge nominale continue est effectué sur les onduleurs les plus petits. Dans la gamme approximativement égale et supérieure à 50 kVA, les valeurs appropriées peuvent être déterminées par des essais sur des fractions du circuit convertisseur et par calcul, ou par calcul seulement selon la teneur des accords passés entre le constructeur et l'utilisateur.

5.5.1 *Variation de la fréquence en fonction de la température*

Le fréquencesmètre F doit être d'une précision suffisante pour permettre de lire la fréquence fondamentale de la tension de sortie, tant à une valeur fixée que dans la plage de fréquence de l'onduleur soumis à l'essai.

La variation de la fréquence en fonction de la température est déterminée à partir des lectures effectuées sur F au cours de l'essai d'échauffement.

Note. – Cet essai peut s'effectuer en soumettant à un essai séparé la base de temps de l'onduleur sur toute la plage de température.

5.6 *Essais à charge nominale continue et à faible charge*

La tension d'alimentation est réglée successivement à la valeur minimale, puis à la valeur nominale, puis à la valeur maximale. A chaque palier, on effectue les mesures prescrites dans les conditions nominales de charge.

Ces mesures étant faites, l'onduleur est soumis à l'essai à faible charge.

During the test, the supply voltage shall be varied over the entire range for which the inverter is designed. Output voltage and frequency and appropriate drive and control signals shall be observed to check for correct connection and operation.

A load resistor providing a load current of approximately 0.1 p.u. of the rated value is chosen.

The functioning of protective and warning devices shall be checked during this test.

5.4 *Checking of auxiliary devices*

The functioning of auxiliary devices such as contactors, pumps, fans, etc., shall be checked. If convenient, this can be done in conjunction with the light-load test.

5.5 *Temperature rise*

The inverter will be operated at rated load conditions until the temperature of all critical components have practically reached steady-state value.

The supply voltage, within the supply voltage range of the inverter, is selected to give maximum temperature rise. If this supply voltage is not known, temperature rise shall be determined for the minimum, rated and maximum values.

Temperature of all critical components shall be monitored to determine the point at which steady-state has been reached. This shall be done under rated cooling conditions. Refer to Clause 343 and Sub-clause A3.14 of Appendix A of IEC Publication 146, Second edition, for specific information on transformer and semiconductor temperature rise determination.

Note. – It is normally anticipated that the rated continuous load test be made on the smaller size inverters. In the range of approximately 50 kVA and higher, the appropriate values may be determined by subcircuit tests and calculation or calculation alone as agreed upon by user and manufacturer.

5.5.1 *Temperature dependent frequency variation*

Frequency meter F is to be of sufficient accuracy to read the fundamental frequency of the output voltage at a fixed value or over the frequency range of the inverter under test.

Temperature dependent frequency variation is determined from the readings taken of F during the temperature-rise test.

Note. – This test may be made by testing the inverter clock independently over the full temperature range.

5.6 *Rated continuous load/light-load tests*

The supply voltage is adjusted sequentially to the minimum, rated and maximum values. At each point under continuous rated load, measurements are made as required.

After completion of the above, the inverter is tested under light-load condition.

La tension d'alimentation est une fois encore réglée successivement à la valeur minimale, puis à la valeur nominale, puis à la valeur maximale. A chaque palier, on effectue les mesures prescrites dans les conditions de faible charge.

Note. – La note du paragraphe 5.5 est applicable à cet essai.

5.6.1 *Tolérance sur la tension de sortie*

Le voltmètre V_1 est un voltmètre à valeur moyenne dont la précision doit permettre de lire la tension d'alimentation de l'onduleur soumis à l'essai.

Le voltmètre V_3 est un voltmètre alternatif mesurant la valeur efficace dont la précision doit permettre de lire la valeur efficace de la composante fondamentale de la tension de sortie de l'onduleur soumis à l'essai. Si la tension de sortie de l'onduleur doit être autre que sinusoïdale, il convient alors de choisir un voltmètre efficace approprié.

L'ampèremètre A_2 est un ampèremètre alternatif mesurant la valeur efficace, dont la précision doit permettre de lire la valeur efficace de la composante fondamentale du courant de sortie de l'onduleur soumis à l'essai. Si la tension de sortie de l'onduleur doit être autre que sinusoïdale, il convient de choisir un ampèremètre approprié mesurant les valeurs efficaces.

La tolérance sur la tension de sortie est déterminée à partir des lectures effectuées sur V_3 pour la plage spécifiée de tension d'alimentation lue sur le voltmètre V_1 et pour la faible charge et la charge nominale permanente relevées sur l'ampèremètre A_2 .

Note. – Dans l'éventualité où la tolérance sur la tension de sortie devrait être déterminée sur une plage de courant autre que celle allant de la faible charge à la charge nominale permanente, elle doit être mesurée sur la plage spécifiée et indiquée comme telle.

5.6.2 *Tolérance sur la fréquence*

Le voltmètre V_1 et l'ampèremètre A_2 sont ceux indiqués au paragraphe 5.6.1.

Le fréquencemètre F doit être d'une précision suffisante pour permettre de lire la fréquence fondamentale de la tension de sortie, tant à une valeur fixée que dans la plage de fréquence de l'onduleur soumis à l'essai.

La tolérance sur la fréquence est déterminée à partir des lectures faites sur F pour la plage spécifiée de tension d'alimentation lue sur le voltmètre V_1 et pour la faible charge et la charge nominale permanente indiquées sur l'ampèremètre A_2 .

Note. – Dans l'éventualité où la tolérance sur la fréquence devrait être déterminée sur une plage de courant autre que celle allant de la faible charge à la charge permanente nominale, elle doit être mesurée sur la plage spécifiée et indiquée comme telle.

5.6.3 *Teneur relative en harmoniques*

Les voltmètres V_1 et V_3 et l'ampèremètre A_2 sont ceux indiqués au paragraphe 5.6.1.

L'analyseur de spectre WA peut être un distorsiomètre ou un voltmètre à bande large couplé à un filtre de réjection et à un filtre passe-bande.

La teneur relative en harmoniques est déterminée à partir de la lecture de la valeur efficace de la tension de sortie de l'onduleur soumis à l'essai et de la valeur efficace après réjection de la fondamentale par l'analyseur de spectre WA .