

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
146-3**

Première édition  
First edition  
1977

---

---

**Convertisseurs à semiconducteurs**

**Troisième partie:**

Convertisseurs à courant continu directs  
à semiconducteurs (hacheurs)

**Semiconductor convertors**

**Part 3:**

Semiconductor direct d.c. convertors  
(d.c. chopper convertors)



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 146-3: 1977

## 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  
146-3

Première édition  
First edition  
1977

---

---

**Convertisseurs à semiconducteurs**

**Troisième partie:**

Convertisseurs à courant continu directs  
à semiconducteurs (hacheurs)

**Semiconductor convertors**

**Part 3:**

Semiconductor direct d.c. convertors  
(d.c. chopper convertors)

© CEI 1977 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

S

● 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 Convertisseur à courant continu direct multiple .....	8
1.5 Caractéristiques propres aux convertisseurs .....	10
1.6 Caractéristiques propres aux convertisseurs à courant continu directs .....	12
2. Conditions de service .....	16
2.1 Conditions de service normal .....	16
2.2 Conditions de service à définir par l'utilisateur .....	20
2.3 Exigences d'aptitude à la fonction à préciser par l'utilisateur .....	22
3. Valeurs nominales .....	24
3.1 Valeurs nominales pour les convertisseurs à courant continu directs .....	24
3.2 Identification du service en charge .....	26
3.3 Valeur nominale de la tension d'entrée continue avec des batteries d'accumulateurs utilisées comme source .....	28
4. Essais .....	28
4.1 Essais à effectuer .....	28
4.2 Essai préliminaire à faible charge .....	30
4.3 Vérification des appareils auxiliaires .....	32
4.4 Echauffement .....	32
4.5 Variation de la fréquence .....	32
4.6 Essai à charge nominale (régime continu) et essai à faible charge .....	32
4.7 Bruit audible .....	38
4.8 Tenue aux surtensions d'alimentation avec apport d'énergie .....	38
4.9 Courant de courte durée .....	38
4.10 Courant de longue durée .....	40
4.11 Redémarrage .....	40
4.12 Essais mécaniques .....	40

## 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 Multiple direct d.c. convertor .....	9
1.5 Characteristics related to convertors .....	11
1.6 Characteristics related to direct d.c. convertors .....	13
2. Service conditions .....	17
2.1 Normal service conditions .....	17
2.2 Service conditions to be identified by user .....	21
2.3 Performance requirements to be identified by user .....	23
3. Rated values .....	25
3.1 Rated values for direct d.c. convertors .....	25
3.2 Load duty identification .....	27
3.3 Rated input direct voltage value for battery sources .....	29
4. Tests .....	29
4.1 Tests to be performed .....	29
4.2 Preliminary light-load test .....	31
4.3 Checking of auxiliary devices .....	33
4.4 Temperature rise .....	33
4.5 Frequency variation .....	33
4.6 Rated continuous load/light-load tests .....	33
4.7 Audible noise .....	39
4.8 Supply overvoltage and transient energy test .....	39
4.9 Short-time current .....	39
4.10 Long-time current .....	41
4.11 Restart .....	41
4.12 Mechanical .....	41

---

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS**

**Troisième partie: Convertisseurs à courant continu directs  
à semiconducteurs (hacheurs)**

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 norme 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 Munich en 1973. A la suite de cette réunion, un projet définitif, document 22B(Bureau Central)31, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1974.

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

Afrique du Sud (République d')	Pays-Bas
Allemagne	Pologne
Belgique	Portugal
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats Unis d'Amérique	Suisse
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	Yougoslavie
Norvège	

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:*

- Publications n<sup>os</sup> 50: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I).  
146: Convertisseurs à semiconducteurs.  
146A: Premier complément: Chapitre VII: Marques et indications sur les groupes convertisseurs et sur les blocs.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR CONVERTORS**

**Part 3: Semiconductor direct d.c. convertors (d.c. chopper 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 recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard 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 Munich in 1973. As a result of this meeting, a final draft, document 22B(Central Office)31, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Portugal
Canada	South Africa (Republic of)
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet
Israel	Socialist Republics
Netherlands	United Kingdom
Norway	United States of America
Poland	Yugoslavia

*Other IEC publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.).  
146: Semiconductor Convertors.  
146A: First supplement: Chapter VII: Markings on Convertor Equipments and Assemblies.

## CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

### Troisième partie: Convertisseurs à courant continu directs à semiconducteurs (hacheurs)

#### 1. Généralités

##### *Domaine d'application*

La présente norme s'applique à tous les types de convertisseurs à courant continu directs à semiconducteurs, c'est-à-dire aux convertisseurs continu-continu sans liaison à courant alternatif.

La présente norme constitue la troisième partie d'une série de publications traitant des convertisseurs à semiconducteurs. Les prescriptions de la Publication 146 de la CEI: Convertisseurs à semiconducteurs, sont applicables dans la mesure où elles ne sont pas en contradiction avec cette norme.

Dans le cas de certains matériels spéciaux, tels que le matériel électrique de traction, certaines normes complémentaires peuvent être applicables.

*Note.* - Cette norme peut aussi être utilisée pour certains commutateurs à courant continu dans les applications de commande, si elle convient.

##### 1.1 Définitions

##### 1.2 Renseignements généraux

Certaines de ces définitions ont été prises parmi celles actuellement examinées pour la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), ou en sont des équivalents. Un certain nombre d'entre elles ont été élargies au moyen de notes ou ont été remaniées pour couvrir plus précisément le sujet de cette norme. Des définitions se rapportant aux convertisseurs à courant continu ont été ajoutées.

Pour d'autres définitions, se reporter au V.E.I., en particulier au chapitre 5: Définitions fondamentales, et au chapitre 11: Convertisseurs statiques, ainsi qu'à la Publication 146 de la CEI.

Par souci de concision et de clarté, les adjectifs implicites, en raison du sujet de cette norme, seront le plus souvent omis; par exemple électronique, semiconducteurs, etc.

##### 1.3 Termes fondamentaux

###### 1.3.1 Convertisseur

Unité fonctionnelle pour la conversion électronique d'énergie comprenant une ou plusieurs valves électroniques, et, si nécessaire, des filtres et des auxiliaires.

###### 1.3.2 Convertisseur autocommuté

Convertisseur dans lequel les tensions de commutation sont produites par des composants du convertisseur.

*Note.* - En font partie, par exemple, les convertisseurs dans lesquels les tensions de commutation s'établissent dans les dispositifs à semiconducteurs (tels que transistors et thyristors pouvant être bloqués par la gâchette) ou dans lesquels ces tensions sont produites, au moyen de condensateurs, à l'extérieur des dispositifs à semiconducteurs. En sont exclus, les convertisseurs dont la charge doit répondre à certaines caractéristiques pour qu'ils commutent.

## SEMICONDUCTOR CONVERTORS

### Part 3: Semiconductor direct d.c. convertors (d.c. chopper convertors)

#### 1. General

##### *Scope*

This standard applies to all types of semiconductor direct d.c. convertors, that is d.c. to d.c. convertors without an a.c. link.

This standard is the third part of a series of publications dealing with semiconductor convertors. The requirements of IEC Publication 146, Semiconductor Convertors, are also applicable in as far as they are not in contradiction to this standard.

For some special appliances, e.g. electric traction equipment, additional standards may apply.

*Note.* – This standard may also be used for certain d.c. switches in control applications, if applicable.

#### 1.1 Definitions

#### 1.2 General information

Some of the following definitions have been taken from, or are equivalent to, definitions being considered for IEC Publication 50, International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.). A number of them have been expanded with notes or have been reformulated in order to cover the subject dealt with in this standard more precisely. Definitions pertaining to d.c. convertors have been added.

For further definitions, refer to the I.E.V., especially Chapter 5: Fundamental Definitions, and Chapter 11: Static Convertors, and to IEC Publication 146.

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

#### 1.3 Basic terms

##### 1.3.1 Converter

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

##### 1.3.2 Self-commutated converter

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

*Note.* – Included, as examples, are convertors in which the commutating voltages are built up within the semiconductor devices (as in transistors and 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 commutate.

### 1.3.3 *Convertisseur à courant continu direct*

Convertisseur à commutation automatique pour la conversion de continu en continu sans liaison à courant alternatif.

### 1.3.4 *Convertisseur à courant continu direct non réversible*

Convertisseur à courant continu direct dans lequel la direction de la puissance n'a qu'un sens.

### 1.3.5 *Convertisseur à courant continu direct réversible*

Convertisseur à courant continu direct dans lequel la direction de la puissance est réversible.

### 1.3.6 *Bloc (de valves)*

Assemblage électrique et mécanique de thyristors, de diodes, de chaînes de thyristors et/ou de chaînes de diodes, muni de tous ses moyens de connexion et composants auxiliaires ainsi que de ses moyens de refroidissement, s'ils existent, et monté dans son propre bâti, mais sans transformateur ni dispositifs de coupure ni autres organes auxiliaires.

### 1.3.7 *Partie hacheur*

Commutateur électronique à courant continu à fonctionnement périodique pour des applications de réglage.

### 1.3.8 *Facteur de transformation*

Rapport entre la tension du côté de la charge et la tension du côté de la source. On mesure ces tensions en valeurs moyennes arithmétiques.

- Notes 1.* – On peut modifier le facteur de transformation en faisant varier la durée de conduction du bras principal ou la fréquence élémentaire.
2. – Si le facteur de transformation est plus grand que un, le convertisseur peut être appelé hacheur élévateur. Si le facteur de transformation est plus petit que un, le convertisseur peut être appelé hacheur abaisseur.

## 1.4 *Convertisseur à courant continu direct multiple*

### 1.4.1 *Généralités*

Un convertisseur à courant continu direct multiple est une combinaison de plusieurs convertisseurs à courant continu directs associés de façon telle qu'ils ne peuvent être considérés comme indépendants.

*Note.* – On peut distinguer les combinaisons suivantes de convertisseurs à courant continu directs:

- a) ceux qui sont alimentés par une source commune;
- b) ceux qui sont alimentés par une source commune et alimentent une charge commune;
- c) ceux qui alimentent une charge commune.

De telles combinaisons sont des convertisseurs à courant continu directs multiples si, par exemple, elles sont caractérisées par des systèmes de commande liés entre eux par:

- a) un fonctionnement à la même fréquence;
- b) une relation de phase;
- c) une relation de fréquence;
- d) une relation de tension;
- e) une relation de courant.

### 1.4.2 *Section de convertisseur*

Plus petite partie du circuit de puissance d'un convertisseur à courant continu direct multiple qui peut fonctionner en convertisseur à courant continu direct.

### 1.3.3 *Direct d.c. convertor*

A self-commutated convertor for conversion from d.c. to d.c. without an a.c. link.

### 1.3.4 *Non-reversible direct d.c. convertor*

A direct d.c. convertor in which the direction of the power flow is in only one direction.

### 1.3.5 *Reversible direct d.c. convertor*

A direct d.c. convertor in which the direction of the power flow is reversible.

### 1.3.6 *Assembly (valve device)*

An electrically and mechanically combined assembly of thyristors, diodes, thyristor stacks and/or diode stacks, complete with all its connections and auxiliary components together with means for cooling, if any, in its own mechanical structure, but without the convertor transformer, switching devices and other auxiliaries.

### 1.3.7 *Chopping part*

A periodically operated electronic d.c. switch in control application.

### 1.3.8 *Transfer factor*

The ratio of the voltage on the load side and the voltage on the source side. Both voltages have to be measured in arithmetic mean values.

*Notes 1.* – The transfer factor may be modified by variation of the conducting interval of the principal arm or by variation of the elementary frequency.

2. – If the transfer factor is larger than one, the convertor may be called a step-up direct d.c. convertor. If the transfer factor is less than one, the convertor may be called a step-down direct d.c. convertor.

## 1.4 *Multiple direct d.c. convertor*

### 1.4.1 *General*

A multiple direct d.c. convertor is a combination of more than one direct d.c. convertor related in such a manner that they may not be considered as independent.

*Note.* – Combinations of direct d.c. convertors may be divided into:

- a) those being supplied by a common source;
- b) those being supplied by a common source and supplying a common load;
- c) those supplying a common load.

Such combinations are multiple direct d.c. convertors if, for example, they are characterized by control system relationship as being:

- a) operated at the same frequency;
- b) phase-related;
- c) frequency-related;
- d) voltage-related;
- e) current-related.

### 1.4.2 *Convertor section*

The smallest portion of the power circuit of a multiple direct d.c. convertor which can operate as a direct d.c. convertor.

#### 1.4.3 *Groupe de convertisseur*

Groupe de sections de convertisseur fonctionnant en parallèle avec mêmes fréquence, phase et largeur d'impulsion.

#### 1.4.4 *Convertisseur à courant continu direct à plusieurs phases*

Convertisseur à courant continu direct multiple dont tous les groupes de convertisseur fonctionnent à la même fréquence.

#### 1.4.5 *Groupe de phase de convertisseur*

Groupe de convertisseur d'un convertisseur à courant continu direct à plusieurs phases.

#### 1.4.6 *Convertisseur à courant continu direct symétrique à plusieurs phases*

Convertisseur à courant continu direct à plusieurs phases dont tous les groupes de phase délivrent des tensions de sortie égales entre elles et présentent des intervalles conducteurs successifs espacés d'un même temps.

#### 1.4.7 *Fréquence élémentaire*

Inverse de la somme des intervalles conducteur et non conducteur du bras principal d'une section de convertisseur.

#### 1.4.8 *Fréquence résultante dans la source*

La plus basse fréquence de l'ondulation produite par un convertisseur à courant continu direct à plusieurs phases du côté de la source

#### 1.4.9 *Fréquence résultante dans la charge*

La plus basse fréquence de l'ondulation produite par un convertisseur à courant continu direct à plusieurs phases du côté de la charge.

#### 1.4.10 *Indice de pulsation résultante (par rapport à la charge ou à la source)*

Nombre de groupes de phase de convertisseur (déphasé) d'un convertisseur à courant continu direct symétrique à plusieurs phases.

Note. – Indice de pulsation résultante dans la charge =  $\frac{\text{fréquence résultante dans la charge}}{\text{fréquence élémentaire}}$

Indice de pulsation résultante dans la source =  $\frac{\text{fréquence résultante dans la source}}{\text{fréquence élémentaire}}$

### 1.5 *Caractéristiques propres aux convertisseurs*

#### 1.5.1 *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:

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

1.4.3 *Converter group*

A group of converter sections operating in parallel with the same frequency, phase and pulse width.

1.4.4 *Multiphase direct d.c. converter*

A multiple direct d.c. converter in which all converter groups operate at the same frequency.

1.4.5 *Converter phase group*

A converter group of a multiphase direct d.c. converter.

1.4.6 *Symmetrical multiphase direct d.c. converter*

A multiphase direct d.c. converter with an identical magnitude of output voltage from all converter phase groups and with the same time displacement between any two consecutive converter phase group conducting intervals.

1.4.7 *Elementary frequency*

The reciprocal of the sum of the conducting and non-conducting intervals of the principal arm of a converter section.

1.4.8 *Source resultant frequency*

The lowest ripple frequency present in a multiphase converter on the source side produced by the multiphase direct d.c. converter.

1.4.9 *Load resultant frequency*

The lowest ripple frequency present in a multiphase converter on the load side, produced by the multiphase direct d.c. converter.

1.4.10 *Resulting pulse number (referred to the load or source)*

The number of converter phase groups (phase-shifted) of a symmetrical multi-phase direct d.c. converter.

Note. – Load resulting pulse number =  $\frac{\text{load resultant frequency}}{\text{elementary frequency}}$

Source resulting pulse number =  $\frac{\text{source resultant frequency}}{\text{elementary frequency}}$

1.5 *Characteristics related to converters*

1.5.1 *Power efficiency or efficiency*

The ratio of active output power and active input power.

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

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

### 1.5.2 *Facteur de conversion en courant continu*

Rapport entre la puissance de sortie en courant continu et la puissance d'entrée en courant continu.

*Note.* – La puissance en courant continu doit être prise comme étant le produit des valeurs moyennes de la tension et du courant.

### 1.5.3 *Ondulation*

Fonction obtenue en soustrayant la composante continue d'une fonction périodique.

### 1.5.4 *Composantes de l'ondulation*

Composantes exprimées par l'ordre et la valeur efficace des termes de la série de Fourier que décrit l'ondulation.

### 1.5.5 *Teneur relative en composantes alternatives*

Rapport entre la valeur efficace de l'ondulation et la composante continue de la fonction.

### 1.5.6 *Facteur d'ondulation crête à crête relative*

Rapport entre la valeur de crête à crête de l'ondulation et la composante continue de la fonction.

### 1.5.7 *Facteur d'ondulation du courant à polarité unique*

Rapport de la différence entre le maximum et le minimum de la valeur instantanée à la somme du maximum et du minimum de la valeur instantanée.

### 1.5.8 *Facteur de forme du courant à polarité unique*

Le facteur de forme de la fonction périodique représentative du courant à polarité unique est le rapport entre la valeur efficace et la valeur moyenne évalué sur une période entière de la fonction.

### 1.5.9 *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.

### 1.5.10 *Valeur nominale*

Valeur spécifique assignée par le constructeur aux grandeurs électriques, thermiques, mécaniques et climatiques, afin de définir les conditions de fonctionnement dans lesquelles un convertisseur assure un service correct.

## 1.6 *Caractéristiques propres aux convertisseurs à courant continu directs*

### 1.6.1 *Tension de sortie*

Tension moyenne (sauf spécification différente pour une charge particulière) entre les bornes de sortie.

1.5.2 *D.C. conversion factor*

The ratio between output d.c. power and input d.c. power.

*Note.* – The d.c. power shall be taken as the product of the mean values of the voltage and current.

1.5.3 *Ripple*

The function obtained by subtracting the direct component from a periodic function.

1.5.4 *Ripple components*

The components of ripple as expressed in terms of the order and r.m.s. values of the Fourier series terms describing that function.

1.5.5 *Relative ripple content*

The ratio of the r.m.s. value of ripple to the direct component of the function.

1.5.6 *Relative peak-to-peak ripple factor*

The ratio of the peak-to-peak ripple value to the direct component of the function.

1.5.7 *D.C. ripple factor*

The ratio of the difference between the maximum and minimum instantaneous value to the sum of the maximum and minimum instantaneous value.

1.5.8 *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.

1.5.9 *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 preset value.

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

1.5.10 *Rated value*

A specified value of 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.

1.6 *Characteristics related to direct d.c. convertors*

1.6.1 *Output voltage*

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

1.6.2 *Courant de sortie*

Courant moyen passant par les bornes de sortie.

1.6.3 *Puissance de sortie*

Puissance active fournie aux bornes de sortie.

1.6.4 *Courant de sortie nominal*

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

1.6.5 *Température d'équilibre*

Température d'équilibre atteinte par un composant de convertisseur dans des conditions spécifiées de charge et de refroidissement.

1.6.6 *Condition d'équilibre*

Condition dans laquelle un équipement convertisseur supporte un courant continu de valeur fixe pendant une durée suffisante pour que les composants du convertisseur atteignent la température d'équilibre, correspondant à cette valeur de courant.

1.6.7 *Courant de sortie nominal permanent*

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

1.6.8 *Courant de sortie nominal de longue durée*

Courant de sortie maximal qui peut être débité pendant une durée spécifiée (minutes) sans dépasser les limites fixées par des conditions prescrites de fonctionnement et de service faisant suite à un fonctionnement en régime établi à une valeur spécifiée de courant de sortie.

1.6.9 *Courant de sortie nominal de courte durée*

Courant de sortie maximal qui peut être débité pendant une durée spécifiée (secondes) sans dépasser les limites fixées par des conditions prescrites de fonctionnement et de service faisant suite à un fonctionnement en régime établi à une valeur spécifiée de courant de sortie.

1.6.10 *Tension de sortie nominale*

Tension de sortie spécifiée par le constructeur comme base du régime d'utilisation.

1.6.11 *Puissance de sortie nominale*

Puissance de sortie dans des conditions de charge spécifiées.

1.6.12 *Tension d'alimentation en courant continu (tension d'entrée)*

Valeur moyenne de la tension en courant continu entre les bornes d'entrée prise sur une période de toute tension d'ondulation (de la source elle-même et du convertisseur) apparaissant aux bornes d'entrée.

1.6.13 *Tension nominale d'alimentation*

Tension continue d'alimentation spécifiée par le constructeur comme base du régime d'utilisation.

1.6.2 *Output current*

The average current from the output terminals.

1.6.3 *Output power*

The active power provided at the output terminals.

1.6.4 *Rated output current*

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

1.6.5 *Equilibrium temperature*

The steady-state temperature reached by a component of a convertor under specified conditions of load and cooling.

1.6.6 *Steady-state duty*

A duty where a convertor equipment carries a direct current of fixed value for an interval sufficiently long for the components of the convertor to reach equilibrium temperatures corresponding to the said value of current.

1.6.7 *Rated continuous output current*

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

1.6.8 *Rated long-time output current*

The maximum output current which can be carried for a specified time (minutes) without exceeding the stated limitations under prescribed operation and service conditions following steady-state operation at a specified output current value.

1.6.9 *Rated short-time output current*

The maximum output current which can be carried for a specified time (seconds) without exceeding the stated limitations under prescribed operation and service conditions following steady-state operation at a specified output current value.

1.6.10 *Rated output voltage*

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

1.6.11 *Rated output power*

The output power under specified load conditions.

1.6.12 *D.C. supply voltage (input voltage)*

The mean value of the direct voltage between the input terminals taken over one period of any ripple voltage (from the source itself and from the convertor) appearing between the input terminals.

1.6.13 *Rated supply voltage*

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

1.6.14 *Surtension d'alimentation*

Tension de crête instantanée qui peut apparaître sur la ligne d'alimentation en continu entre les points de branchement du convertisseur à courant continu direct, mais ce convertisseur étant déconnecté.

1.6.15 *Inductance d'alimentation*

Inductance de la ligne d'alimentation à courant continu apparaissant aux points de branchement du convertisseur à courant continu direct, le convertisseur étant déconnecté.

1.6.16 *Energie transitoire d'alimentation*

Quantité d'énergie en provenance du réseau d'alimentation à courant continu qui, due à une variation transitoire, peut entrer dans le convertisseur.

1.6.17 *Courant de court-circuit dynamique de sortie*

Courant transitoire qui circule par les bornes de sortie lorsqu'elles sont mises en court-circuit.

1.6.18 *Appel de courant*

Valeur de crête instantanée du courant d'entrée du convertisseur lors de l'application de l'alimentation.

1.6.19 *Impédance d'entrée*

Impédance présentée à la source par le convertisseur à courant continu direct dans des conditions spécifiées.

1.6.20 *Impédance de sortie*

Impédance présentée à la charge par le convertisseur à courant continu direct dans des conditions spécifiées.

1.6.21 *Inductance transitoire de la charge*

Inductance présentée par la charge lors de l'application initiale de la tension continue.

1.6.22 *Impédance de charge*

Impédance présentée par la charge au convertisseur à courant continu direct dans des conditions spécifiées.

**2. Conditions de service**

2.1 *Conditions de service normal*

L'équipement conforme à cette norme devra être capable de fonctionner, sauf spécification différente, dans les conditions suivantes:

- a) La température de l'air ambiant de refroidissement de l'équipement est supérieure à 0 °C et ne dépasse pas 40 °C.
- b) Si un liquide est employé pour le refroidissement, sa température à l'entrée est supérieure à 5 °C et inférieure ou égale à 30 °C.
- c) L'altitude ne dépasse pas 1000 m.

1.6.14 *Supply overvoltage*

The peak instantaneous voltage that may appear between the d.c. supply lines at the converter connection point, but with the direct d.c. converter disconnected.

1.6.15 *Supply inductance*

The inductance appearing in the d.c. supply lines to the direct d.c. converter with the converter disconnected.

1.6.16 *Supply transient energy*

The amount of energy available from the d.c. supply lines which may flow into the converter due to a transient.

1.6.17 *Dynamic short-circuit output current*

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

1.6.18 *Inrush current*

The maximum instantaneous value of the input current to the converter when switching on the converter.

1.6.19 *Input impedance*

The impedance presented by the direct d.c. converter to the source under specified conditions.

1.6.20 *Output impedance*

The impedance presented by the direct d.c. converter to the load under specified conditions.

1.6.21 *Load step inductance*

The inductance presented by the load on initial application of the direct voltage.

1.6.22 *Load impedance*

The impedance presented by the load to the direct d.c. converter under specified conditions.

**2. Service conditions**

2.1 *Normal service conditions*

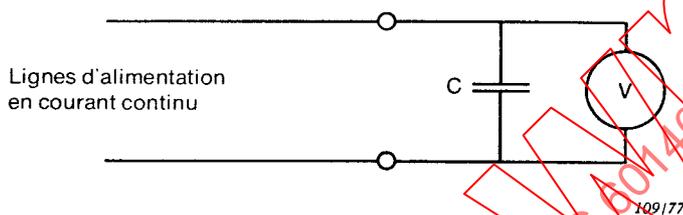
Equipment conforming to this standard shall be capable of operating under the following conditions, unless otherwise specified:

- a) The cooling ambient air temperature(s) 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 exceeds 5 °C and does not exceed 30 °C.
- c) The altitude does not exceed 1000 m (3300 ft).

- d) Aucune des conditions énumérées au paragraphe 2.2 n'est présente.
- e) L'énergie transitoire d'alimentation ne dépasse pas 4 J dans le cas où la tension nominale d'alimentation des convertisseurs est inférieure ou égale à 260 V.

Notes 1. - L'énergie transitoire d'alimentation pour des convertisseurs dont la tension nominale d'alimentation est supérieure à 260 V doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur car elle peut être supérieure à 4 J.

- 2. - Il convient de déterminer si l'énergie transitoire d'alimentation est supérieure ou inférieure à 4 J en branchant un condensateur C et un voltmètre de crête enregistreur V entre les bornes d'alimentation à la place du convertisseur.



La capacité du condensateur est donnée par la formule:

$$C = (4 \text{ J}) \frac{2}{U_{\text{limite}}^2 - U_{\text{dN}}^2}$$

où:

$U_{\text{limite}}$  = surtension maximale spécifiée au paragraphe 2.1h)

$U_{\text{dN}}$  = tension nominale d'alimentation

L'énergie transitoire d'alimentation ne dépasse pas 4 J si la quantité d'énergie  $W$  donnée par la formule:

$$W = C \frac{U_{\text{crête}}^2 - U_{\text{dN}}^2}{2}$$

est inférieure à 4 J,  $U_{\text{crête}}$  étant la tension maximale apparaissant aux bornes du condensateur dans les conditions transitoires les plus défavorables sur la ligne d'alimentation.

- f) Variation de la tension d'entrée.

1. Dans le cas où la source est une batterie, la tension d'alimentation est comprise dans la plage définie par la tension nominale d'alimentation  $\pm 15\%$ .

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, sauf les applications au matériel ferroviaire roulant, la tension d'alimentation est comprise dans la plage définie par la tension nominale d'alimentation  $+5\%$  et  $-7,5\%$ .

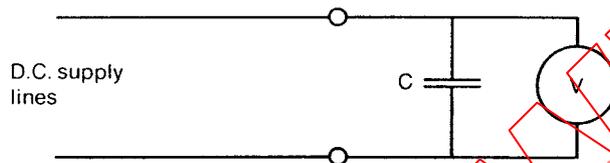
3. Pour les applications au matériel ferroviaire roulant, la tension d'alimentation est comprise dans la plage définie par la tension nominale d'alimentation  $+20\%$  et  $-30\%$ .

- g) Le facteur d'ondulation crête à crête relative de la tension d'alimentation ne dépasse pas  $15\%$ .

- d) None of the conditions listed under Sub-clause 2.2 are present.
- e) The supply transient energy shall not exceed 4 J in the case of convertors with a rated supply voltage of 260 V or less.

Notes 1. – Supply transient energy for convertors with a rated supply voltage exceeding 260 V shall be subject to agreement between user and manufacturer because it may exceed 4 J.

- 2. – Whether the supply transient energy is more or less than 4 J shall be determined by connecting a capacitor C and a peak recording voltmeter V across the supply lines instead of the convertor.



The value of the capacitor is given by the formula:

$$C = (4 \text{ J}) \frac{2}{U_{\text{limit}}^2 - U_{\text{dN}}^2}$$

where:

$U_{\text{limit}}$  = maximum overvoltage specified in Sub-clause 2.1h)

$U_{\text{dN}}$  = rated supply voltage

The supply transient energy does not exceed 4 J if the maximum voltage  $U_{\text{peak}}$  appearing across the capacitor under the most onerous transient conditions in the supply lines results in an amount of energy  $W$  less than 4 J, given by the formula:

$$W = C \frac{U_{\text{peak}}^2 - U_{\text{dN}}^2}{2}$$

- f) Input voltage variation.

- 1. Supply voltage range for battery sources is equal to the rated supply voltage  $\pm 15\%$ .

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, excluding rolling-stock applications, is equal to the rated supply voltage  $+5\%$  and  $-7.5\%$ .

- 3. Supply voltage range for rolling-stock applications is equal to the rated supply voltage  $+20\%$  and  $-30\%$ .

- g) Relative peak-to-peak ripple factor of the supply voltage does not exceed 15%.

h) Les surtensions d'alimentation sont conformes aux valeurs données à la figure 1.

Notes 1. - Dans certaines 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 en même temps que le convertisseur à courant continu direct, il peut se produire des surtensions identiques à celles données à la figure 1.

2. - La figure 1 est destinée à s'appliquer principalement à des tensions continues nominales d'alimentation inférieures à 50 V. Pour les tensions continues d'alimentation de valeur supérieure, la courbe est coupée au niveau de tension spécifié par la formule suivante:

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

i) L'inductance d'alimentation ne doit pas dépasser 0,75 mH.

Note. - Cette valeur d'inductance d'alimentation, prédéterminée pour des conditions de service normales, sera comprise entre 0,65 mH et 0,85 mH.

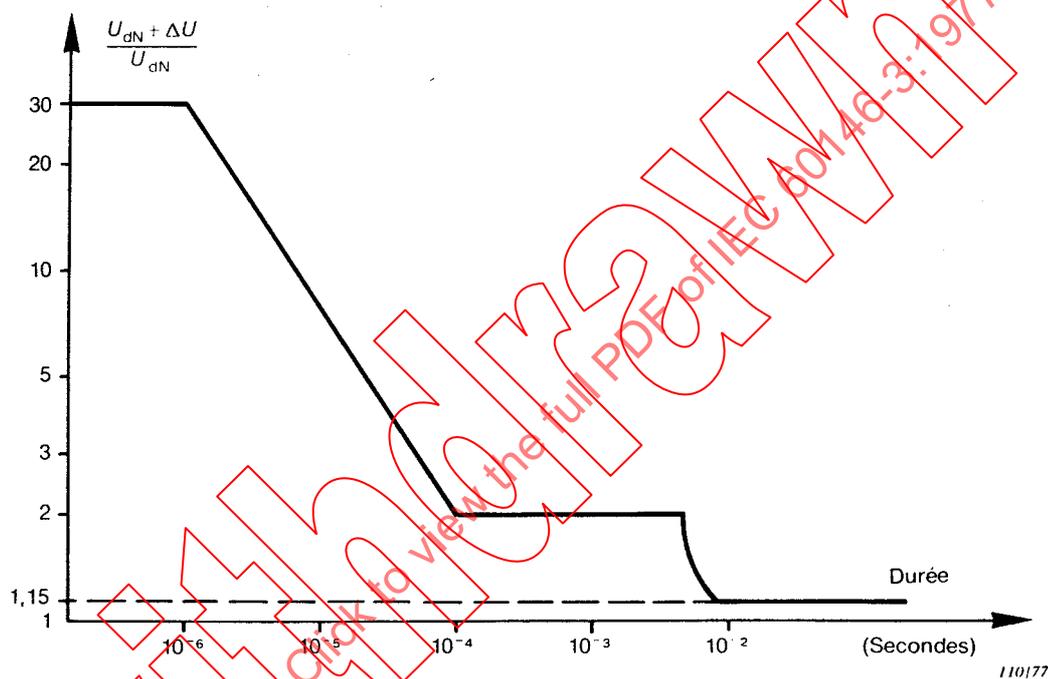


FIG. 1. - Surtension maximale  $\Delta U$  prévue en fonction de la durée de la variation transitoire.

## 2.2 Conditions de service à définir par l'utilisateur

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

Les conditions du genre de celles données ci-après peuvent exiger des dispositions particulières de conception ou de protection et, quand elles existent, elles doivent être spécifiées par l'utilisateur.

### 2.2.1 Conditions d'environnement à définir

Le matériel est exposé aux conditions suivantes:

- a) vapeurs nocives;
- b) humidité excessive;
- c) poussière excessive;
- d) poussière abrasive;

h) Supply overvoltages are as specified in Figure 1.

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 a direct d.c. convertor might occasion overvoltages as indicated in Figure 1.

2. - Figure 1 is intended to apply particularly to rated d.c. supply voltages of less than 50 V. For higher d.c. supply voltages, the curve is cut off at the voltage level specified by the following formula:

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

i) Supply inductance must be equal to or less than 0.75 mH.

Note. - This value of supply inductances has been previously determined for normal service conditions to be between 0.65 mH and 0.85 mH.

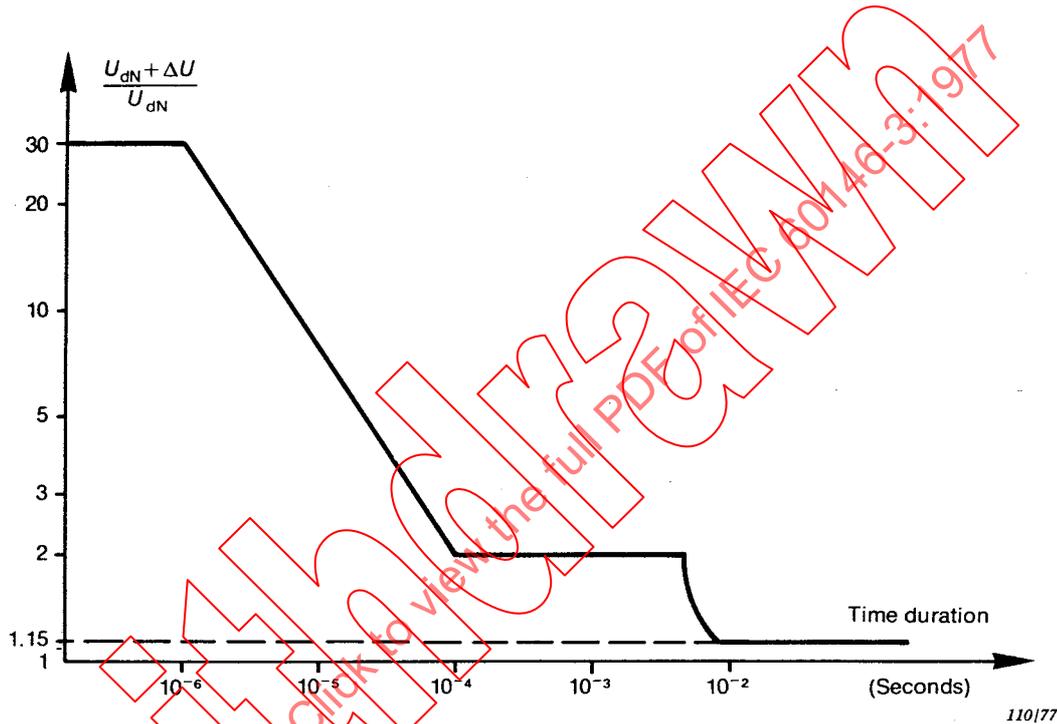


FIG. 1. - Maximum expected overvoltage  $\Delta U$  versus duration of transient variation.

## 2.2 Service conditions to be identified by user

The use of semiconductor direct d.c. 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.

### 2.2.1 Environmental conditions to be identified

The equipment is exposed to:

- a) damaging fumes;
- b) excessive moisture;
- c) excessive dust;
- d) abrasive dust;

- 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.

#### 2.2.2 Conditions mécaniques à définir

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

#### 2.2.3 Conditions électriques à définir

- a) charge de travail inhabituelle;
- b) une inductance d'alimentation dépassant 0,75 mH;
- c) tensions de réseau anormalement élevées par rapport à la masse;
- d) tensions superposées à hautes fréquences;
- e) charge non linéaire ou produisant une ondulation de courant excessive;
- f) inaptitude de l'alimentation à courant continu à accepter un courant en sens inverse;
- g) une charge qui n'est pas également répartie entre les groupes de phase;
- h) limitation en ondulation de la tension d'alimentation;
- j) limitation en ondulation du courant de la charge;
- k) limitation en ondulation de la tension sur la charge.

#### 2.3 Exigences d'aptitude à la fonction à préciser par l'utilisateur

Des conditions telles que celles mentionnées aux paragraphes 2.3.1 et 2.3.2 peuvent nécessiter une construction spéciale et, lorsqu'elles se produisent, doivent être indiquées par l'utilisateur.

##### 2.3.1 Restrictions de fonctionnement

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

- a) bruit audible;
- b) brouillage radioélectrique ou de signalisation;
- c) autres parasitages;
- d) ondulation du courant de la charge;
- e) ondulation de tension sur la charge;
- f) plage de fréquence élémentaire;
- g) plage de fréquence résultante;
- h) appel de courant.

- e) steam;
- f) oil vapour;
- g) explosive mixtures of dust or gases;
- 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.

#### 2.2.2 *Mechanical conditions to be identified*

- 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.

#### 2.2.3 *Electrical conditions to be identified*

- a) unusual operating duty;
- b) supply inductance in excess of 0.75 mH;
- c) abnormally high system voltages to earth;
- d) superimposed high-frequency voltages;
- e) non-linear load or one generating excessive ripple current;
- f) inability of the d.c. supply to accept a current in the reverse direction;
- g) a load which is not balanced between phase groups;
- h) limitation to supply voltage ripple components;
- j) limitation to load ripple current components;
- k) limitation to load ripple voltage components.

#### 2.3 *Performance requirements to be stipulated by user*

Conditions of the kind given in the Sub-clauses 2.3.1 and 2.3.2 may require special construction and, when they exist, shall be stipulated by the user.

##### 2.3.1 *Performance limitations*

Limitations to the items given below shall be specified:

- a) audible noise;
- b) radio and signal frequency interference;
- c) other interferences;
- d) load ripple current components;
- e) load ripple voltage components;
- f) elementary frequency range;
- g) resultant frequency range;
- h) inrush current.

### 2.3.2 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 déphasage avec d'autres convertisseurs ou systèmes à courant alternatif (par exemple le système qui alimente la source de courant alternatif);
- d) impédance de sortie minimale;
- e) rendement ou facteur de conversion pour le facteur de transformation maximal.

## 3. Valeurs nominales

### 3.1 Valeurs nominales pour les convertisseurs à courant continu directs

Pour un convertisseur à courant continu direct, les valeurs nominales caractérisent le régime pour lequel sont définies les valeurs de sortie que peut délivrer l'appareil, dans des conditions de service spécifiées, sans dépasser aucune des limites définies par les normes établies (normes qui s'appliquent aux divers composants d'un convertisseur), ni faire apparaître de défaut de structure. La charge nominale d'un convertisseur à courant continu direct doit être exprimée en termes de puissance disponible aux bornes de sortie, sur les bases indiquées ci-après:

Toutes les valeurs nominales spécifiées dans l'article 3 doivent, ou bien figurer sur la plaque d'identification du matériel, ou bien être indiquées 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: Convertisseurs à semiconducteurs, Premier complément: Chapitre VII: Marques et indications sur les groupes convertisseurs et sur les blocs.

Sauf spécifications contraires, les valeurs nominales seront basées sur:

- a) les conditions normales de service (voir le paragraphe 2.1);
- b) un service continu.

#### 3.1.1 Les valeurs nominales et les caractéristiques suivantes doivent être spécifiées par le constructeur:

- a) plage de variation de la tension d'alimentation;
- b) tension de sortie nominale;
- c) bande de tolérance admise pour la tension de sortie dans le cas où cette tension est stabilisée;
- d) plage de réglage de la tension de sortie;
- e) courant de sortie nominal pour une charge de nature spécifiée;
- f) pour les convertisseurs à courant continu directs à fréquence fixe: la fréquence de fonctionnement et la tolérance admise sur celle-ci; pour les convertisseurs à courant continu directs à fréquence de fonctionnement variable: la plage nominale de variation de la fréquence de fonctionnement;
- g) tension d'entrée nominale pour une charge de nature spécifiée (par exemple comme au point e)).

#### 3.1.2 Les caractéristiques suivantes doivent être spécifiées par le constructeur à la demande de l'utilisateur:

- a) rendement ou perte de puissance;
- b) ondulation maximale du courant de sortie;
- c) ondulation maximale du courant d'entrée.

### 2.3.2 *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 with other convertors or a.c. systems (e.g. the system supplying the a.c. source);
- d) minimum output impedance;
- e) efficiency or conversion factor at maximum transfer factor.

## 3. **Rated values**

### 3.1 *Rated values for direct d.c. convertors*

The rated values for a direct d.c. convertor shall be regarded as a rating which defines the output values that 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. A direct d.c. convertor shall have its rated load expressed in terms of power available at the output terminals on the basis listed below:

All rated values as specified in Clause 3 shall be indicated either 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, Semiconductor Convertors, First supplement: Chapter VII: Markings on Convertor Equipments and Assemblies.

Unless otherwise specified, the values shall be based on:

- a) normal service conditions (see Sub-clause 2.1);
- b) continuous duty.

#### 3.1.1 The following rated values and characteristics shall be specified by the manufacturer:

- a) supply voltage range;
- b) rated output voltage;
- c) output voltage tolerance band in the case of stabilized output voltage;
- d) range of variable output voltage;
- e) rated output current for specified character of load;
- f) for fixed frequency direct d.c. convertor: operating frequency and operating frequency tolerance; for variable frequency direct d.c. convertor: rated operating frequency range;
- g) rated input current for specified character of load (e.g. as in Item e)).

#### 3.1.2 The following characteristics shall be specified by the manufacturer if requested by user:

- a) efficiency or power loss;
- b) maximum output current ripple;
- c) maximum input current ripple.

### 3.2 Identification du service en charge

#### 3.2.1 Généralités

L'identification du service en charge d'un convertisseur à courant continu direct est spécifiée par la formule suivante:

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

$a$  = nombre qui exprime, en prenant pour unité la valeur du courant nominal de sortie, la valeur du courant de sortie nominal de longue durée qui fait suite à un fonctionnement en régime établi avec un courant permanent de valeur relative définie par le nombre  $e$ ;

$b$  = nombre qui exprime, en minutes, la durée permise pour le courant de sortie nominal de longue durée;

$c$  = nombre qui exprime, en prenant pour unité la valeur du courant nominal de sortie, la valeur du courant de sortie nominal de courte durée qui fait suite à un fonctionnement en régime établi avec un courant permanent de valeur relative définie par le nombre  $e$ ;

$d$  = nombre qui exprime, en secondes, la durée permise pour le courant de sortie nominal de courte durée;

$e$  = nombre qui exprime, en prenant pour unité la valeur du courant nominal de sortie, la valeur du courant de sortie précédant la surcharge (on aura attendu d'obtenir la température d'équilibre qui correspond à ce courant);

$f$  = nombre qui exprime, en prenant pour unité la valeur du courant nominal de sortie, la valeur de crête du courant instantané maximal que peut délivrer le convertisseur à courant continu direct suite à un fonctionnement en régime établi avec un courant permanent de valeur relative définie par le nombre  $e$ .

Notes 1. - Ce nombre est un indice de l'aptitude à commuter du convertisseur à courant continu direct.

2. - Si l'une des surcharges n'est pas spécifiée, sa symbolisation est remplacée par 0/0.

#### 3.2.2 Nombres normalisés pour l'identification du convertisseur

Il est recommandé de choisir les nombres d'identification dans les gammes suivantes:

$a$  = 1,0, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, 2,0, etc.

$b$  = 5, 10, 15, etc. (minutes)

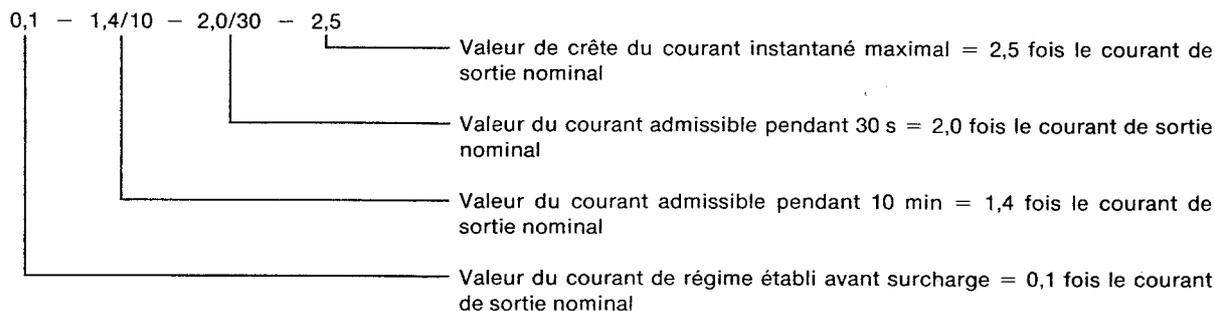
$c$  = 1,0, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, 2,0, etc.

$d$  = 5, 10, 15, 20, 25, 30, etc. (secondes)

$e$  = 0, 0,1, 0,2, etc.

$f$  = 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, etc.

#### 3.2.3 Exemple d'identification selon les modalités du paragraphe 3.2



### 3.2 Load duty identification

#### 3.2.1 General

The load duty identification of a direct d.c. convertor is specified in the following terms:

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

$a$  = a figure to indicate the rated long-time output current in p.u. rated output current, following steady-state operation with a continuous current of the value  $e$ ;

$b$  = a figure to indicate, in minutes, the time specified for the rated long-time output current;

$c$  = a figure to indicate the rated short-time output current in p.u. rated output current, following steady-state operation with a continuous current of the value  $e$ ;

$d$  = a figure to indicate, in seconds, the time specified for the rated short-time output current;

$e$  = a figure to indicate, in p.u. rated output current, the output current preceding the overload (at which equilibrium temperature has been established);

$f$  = a figure to indicate the maximum instantaneous peak value of output current which may be delivered by the direct d.c. convertor in p.u. rated output current, following steady-state operation with a continuous current of the value  $e$ .

Notes 1. - This figure indicates the commutation capability of the direct d.c. convertor.

2. - If one overload figure is absent, it is marked by the symbol 0/0.

#### 3.2.2 Standard identification figures

It is recommended that classification figures be chosen as follows:

$a$  = 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, etc.

$b$  = 5, 10, 15, etc. (minutes)

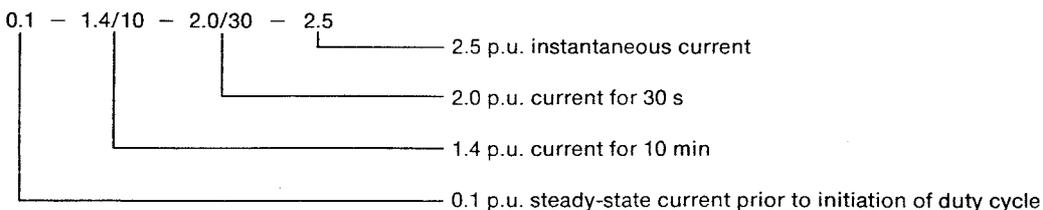
$c$  = 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, etc.

$d$  = 5, 10, 15, 20, 25, 30, etc. (seconds)

$e$  = 0, 0.1, 0.2, etc.

$f$  = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, etc.

#### 3.2.3 Example of identification according to Sub-clause 3.2



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

Pour les convertisseurs à courant continu directs destinés à être alimentés par des batteries d'accumulateurs, la valeur nominale de la tension d'entrée doit être égale au produit du nombre d'éléments par la tension de l'élément (2 V par élément au plomb; 1,2 V par élément au cadmium-nickel).

## 4. Essais

On trouvera ci-incluse une description d'essais permettant de vérifier les caractéristiques de fonctionnement.

### 4.1 Essais à effectuer

#### 4.1.1 Généralités

Sauf accord contraire, les essais requis ou spécifiés doivent être exécutés par le constructeur avant expédition du matériel. Le programme d'essais d'un convertisseur à courant continu direct comprend certaines ou la totalité des catégories d'essais suivantes:

- a) des essais de type qui sont demandés sur au moins un convertisseur considéré comme représentatif, à tous égards, du modèle pour lequel les essais sont réputés valables;
- b) des essais de série qui sont demandés sur chaque convertisseur;
- c) des essais facultatifs de type qui sont effectués seulement sur demande de l'utilisateur.

#### 4.1.2 Programme d'essais

Essai	Essai de type	Essai de série	Spécification (paragraphe)
Isolement	×	×	492.1 (Publication 146 de la CEI)
Préliminaire à faible charge	×	×	4.2
Vérification des appareils auxiliaires	×	×	4.3
Echauffement	×		4.4
Variation de la fréquence	(×) <sup>1</sup>		4.5
Plage de réglage de la tension de sortie	×		4.6.1
Tolérance sur la tension de sortie	×		4.6.2
Ondulation du côté alimentation	(×)		4.6.3
Ondulation du côté charge	(×)		4.6.4
Facteur de conversion en courant continu	(×)		4.6.5
Détermination des pertes de puissance	×		4.6.6
Fréquence radioélectrique	(×)		22E(B.C.)8 et 8A
Bruit audible	(×)		4.7
Tenue aux surtensions d'alimentation avec apport d'énergie	(×)		4.8
Courant de courte durée	(×)		4.9
Courant de longue durée	(×)		4.10
Redémarrage	(×)		4.11
Essais mécaniques	(×)		4.12

<sup>1</sup> (×) signale les essais facultatifs de type.

### 3.3 Rated input direct voltage value for battery sources

For direct d.c. convertors intended to be supplied by batteries, the rated input value shall be equal to the product of the number of cells and the voltage of the cell (2 V per lead acid cell; 1.2 V per nickel cadmium cell).

## 4. Tests

Included is a description of tests to check performance characteristics.

### 4.1 Tests to be performed

#### 4.1.1 General

Required or specified tests shall be performed by the manufacturer prior to shipment, unless otherwise agreed upon. The test programme for a direct d.c. convertor includes some or all of the following test categories:

- a) type tests are required on at least one convertor considered to be representative, in all respects, of the model for which the tests are to be considered valid;
- b) routine tests are required on each convertor;
- c) optional tests are type tests performed only if requested by the user.

#### 4.1.2 Test programme

Test	Type test	Routine test	Specification (Sub-clause)
Insulation	×	×	492.1 (IEC Publication 146)
Preliminary light load	×	×	4.2
Checking of auxiliary devices	×	×	4.3
Temperature rise	×		4.4
Frequency variation	(×) <sup>1</sup>		4.5
Output variable voltage range	×		4.6.1
Output voltage tolerance	×		4.6.2
Supply ripple	(×)		4.6.3
Load ripple	(×)		4.6.4
D.C. conversion factor	(×)		4.6.5
Power loss determination	×		4.6.6
Radio frequency interference	(×)		22E(C.O.)8 and 8A
Audible noise	(×)		4.7
Supply overvoltage and transient energy test	(×)		4.8
Short-time current	(×)		4.9
Long-time current	(×)		4.10
Restart	(×)		4.11
Mechanical	(×)		4.12

<sup>1</sup> (×) designates optional type tests.

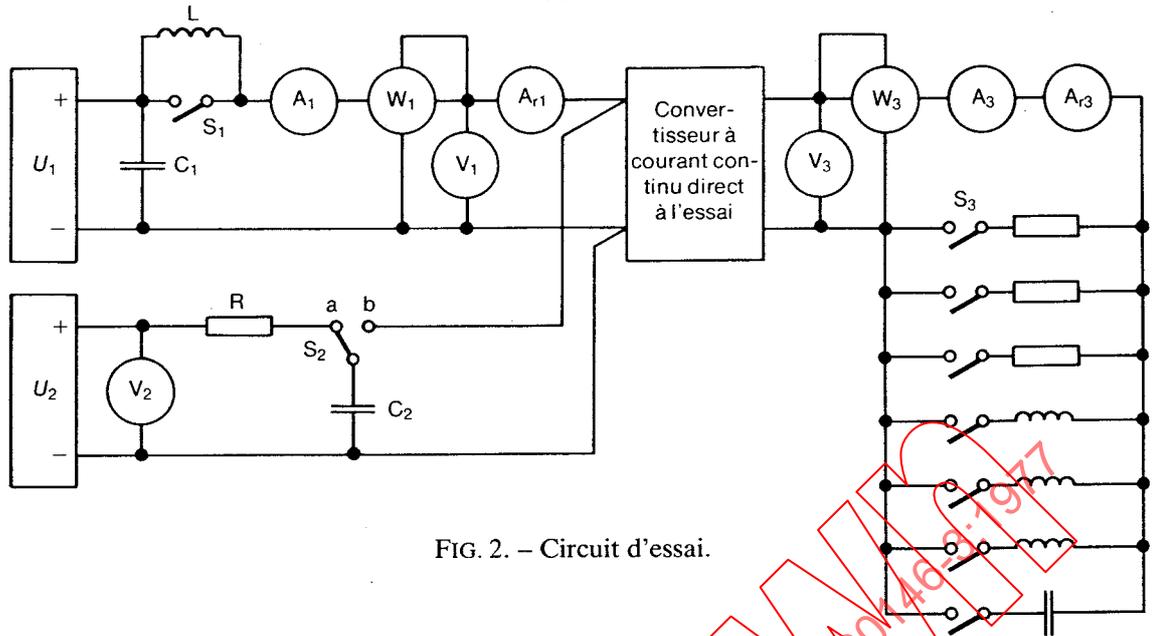


FIG. 2. - Circuit d'essai.

#### 4.1.3 Schéma du circuit d'essai

Les essais décrits dans les articles suivants peuvent être effectués au moyen du circuit d'essai représenté à la figure 2. Le circuit représenté, valable pour l'essai des convertisseurs à courant continu directs à une seule phase, l'est tout aussi bien pour l'essai des convertisseurs à courant continu directs à plusieurs phases.

Le circuit d'essai proposé n'est pas obligatoire mais, avec l'indication des modalités d'essais qui l'accompagne, il est destiné à servir de base pour un accord entre le constructeur et l'utilisateur lors des essais du matériel.

Le circuit d'essai comprend une source de tension continue réglable  $U_1$ , constituée par exemple: d'un convertisseur électronique de puissance, d'une batterie de condensateurs  $C_1$  pour assurer une basse impédance au circuit d'alimentation du convertisseur à courant continu direct à l'essai, des appareils de mesure du côté «entrée»  $A_1$ ,  $W_1$ ,  $V_1$  et  $A_{r1}$  (donnant l'indication de l'ondulation), des appareils de mesure du côté «sortie»  $V_3$ ,  $W_3$ ,  $A_3$  et  $A_{r3}$  (donnant l'indication de l'ondulation), d'une charge réglable composée de résistances, d'inductances et de condensateurs, éléments qui peuvent être branchés au moyen des interrupteurs  $S_3$ , et enfin le circuit annexe pour les essais en régime transitoire. Ce dernier circuit comprend une source de tension continue réglable  $U_2$ , un voltmètre  $V_2$ , un condensateur  $C_2$  qui peut être chargé par l'intermédiaire de la résistance  $R$  et branché aux bornes d'entrée du convertisseur à courant continu direct à l'essai au moyen de l'interrupteur  $S_2$ , et une inductance  $L$  à mettre en circuit au moyen de l'interrupteur  $S_1$  pendant les essais de surtension d'alimentation avec énergie transitoire.

#### 4.2 Essai préliminaire à faible charge

Cet essai est destiné à vérifier que le convertisseur à courant continu direct est correctement branché et que sa commande statique satisfait aux prescriptions.

Au cours de l'essai, faire varier la tension d'alimentation dans toute la plage pour laquelle le convertisseur à courant continu direct est prévu. La tension de sortie et les signaux appropriés de pilotage et de commande doivent être observés afin de vérifier que le branchement et le fonctionnement de l'appareil sont corrects.

Choisir une résistance de charge telle que le courant y soit d'environ 0,1 par unité de la valeur nominale.

Le fonctionnement des dispositifs de protection et d'alarme peut être vérifié au cours de cet essai selon le paragraphe 492.9 de la Publication 146 de la CEI.

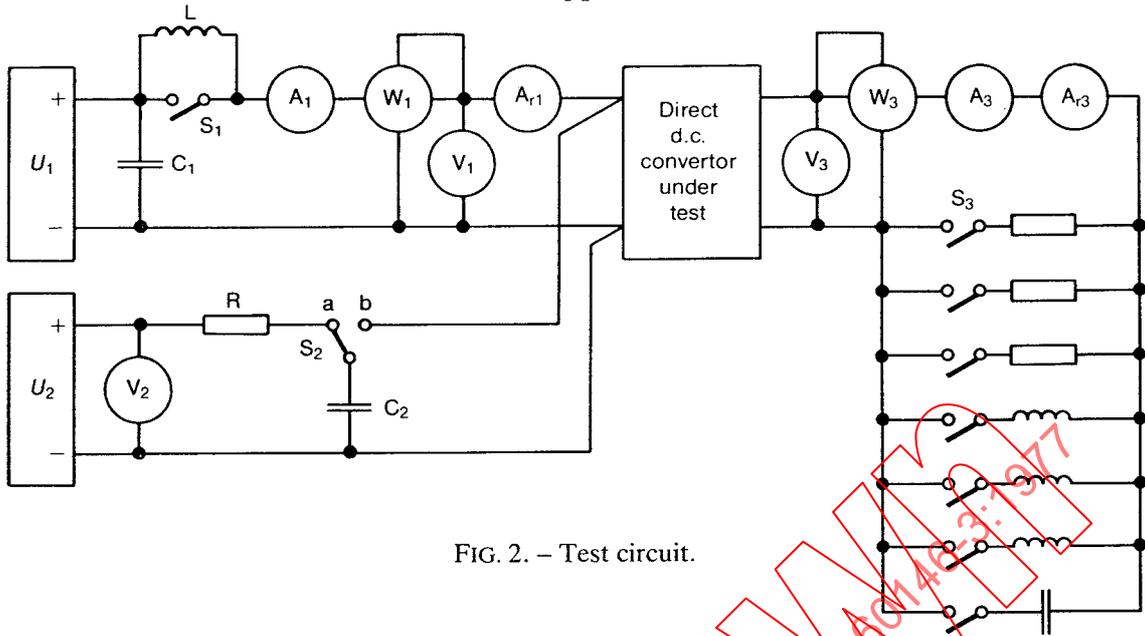


FIG. 2. – Test circuit.

11177

#### 4.1.3 Test circuit diagram

The tests described in the following clauses could be carried out with a test circuit as shown in Figure 2. The circuit shown is for testing single-phase direct d.c. convertors, but it can as well be regarded as a representation of a test set-up for multiple direct d.c. convertors.

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

The test circuit consists of a variable direct voltage source  $U_1$ , e.g. an electronic power convertor, a bank of capacitors  $C_1$  to ensure low impedance input voltage to the direct d.c. convertor under test, input instrumentation  $A_1$ ,  $W_1$ ,  $V_1$  and  $A_{r1}$  (current ripple indicator), output instrumentation  $V_3$ ,  $W_3$ ,  $A_3$  and  $A_{r3}$  (current ripple indicator), a variable load consisting of resistors, inductors and capacitors to be connected by means of the switches  $S_3$ , and finally the transient test sub-circuit containing a variable direct voltage source  $U_2$ , voltmeter  $V_2$ , a capacitor  $C_2$  which can be charged via the resistor  $R$  and connected across the direct d.c. convertor input terminals by the switch  $S_2$ , and inductor  $L$  to be inserted in the circuit by means of the switch  $S_1$  during the supply overvoltage and transient energy tests.

#### 4.2 Preliminary light-load test

This test is carried out to verify that the direct d.c. convertor is correctly connected and that its static control properly fulfils the requirements.

During the test, the supply voltage shall be varied over the entire range for which the direct d.c. convertor is designed. Output voltage 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 per unit of the rated value is chosen.

The functioning of protective and warning devices may be checked during this test according to Sub-clause 492.9 of IEC Publication 146.

#### 4.3 *Vérification des appareils auxiliaires*

Le fonctionnement des appareils auxiliaires tels que contacteurs, pompes, ventilateurs, etc., doit être vérifié. Le cas échéant, cette vérification peut être faite dans le cadre de l'essai à faible charge.

#### 4.4 *Echauffement*

Le convertisseur à courant continu direct doit fonctionner dans les conditions de charge nominale jusqu'à ce que la température de tous les composants importants ait pratiquement atteint la valeur de régime établi.

Dans la plage de variation de la tension d'alimentation du convertisseur à courant continu direct, choisir la valeur qui provoque l'échauffement maximal. Si cette valeur de tension n'est pas connue, l'échauffement doit être déterminé pour les valeurs minimale, nominale et maximale de la tension d'alimentation.

La température de tous les composants importants doit être contrôlée afin de déterminer le point pour lequel la stabilisation est obtenue. Cela doit se faire dans les conditions nominales de refroidissement. Se reporter à l'article 343 et à l'annexe D de la Publication 146 pour toute information concernant la détermination de l'échauffement d'un transformateur ou d'un semi-conducteur.

*Note.* – Il est normalement entendu que l'essai continu à charge nominale est effectué sur les convertisseurs à courant continu directs les plus petits. Dans la gamme d'approximativement 50 kW ou davantage, les valeurs appropriées peuvent être déterminées par des essais sur des fractions de circuit et par le calcul, ou uniquement par le calcul, selon la teneur des accords passés entre le constructeur et l'utilisateur.

#### 4.5 *Variation de la fréquence*

La fréquence de fonctionnement du convertisseur à courant continu direct doit être déterminée, comme il convient le mieux, soit en contrôlant la base de temps, soit en analysant l'ondulation du courant d'alimentation ou celle du courant dans la charge. Cette vérification doit être faite dans les conditions spécifiées pour la plage de variation de la tension d'alimentation, la charge, la température, etc.

*Note.* – Dans certains cas, la vérification peut être faite en essayant la base de temps indépendamment du convertisseur à courant continu direct.

#### 4.6 *Essai à charge nominale (régime continu) et essai à faible charge*

La tension d'alimentation est réglée successivement à ses valeurs minimale, nominale et maximale. Pour chaque palier, effectuer les mesures prescrites dans les conditions de régime continu à charge nominale.

Ces mesures étant faites, le convertisseur à courant continu direct est soumis à l'essai à faible charge.

La tension d'alimentation est de nouveau réglée successivement à ses valeurs minimale, nominale et maximale. Pour chaque palier, effectuer les mesures prescrites dans les conditions de faible charge.

*Note.* – La note du paragraphe 4.4 est applicable à cet essai.

##### 4.6.1 *Plage de réglage de la tension de sortie*

Les voltmètres  $V_1$  et  $V_3$  sont des voltmètres à courant continu pour mesure des valeurs moyennes, de précision convenable pour indiquer la valeur moyenne de la tension d'entrée et celle de la tension de sortie du convertisseur à courant continu direct à l'essai.

#### 4.3 *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.

#### 4.4 *Temperature rise*

The direct d.c. convertor 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 direct d.c. convertor, 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 Appendix D of IEC Publication 146 for specific information on transformer and semiconductor temperature-rise determination.

*Note.* – It is normally anticipated that rated continuous load test be made on the smallest size direct d.c. convertor. In the range of approximately 50 kW and higher, the appropriate values may be determined by sub-circuit tests and calculation or calculation alone as agreed upon by user and manufacturer.

#### 4.5 *Frequency variation*

The operating frequency of the direct d.c. convertor shall be determined by monitoring the internal clock or by analyzing the supply current ripple or the load current ripple as appropriate. This shall be done over the range of supply voltage, load, temperature, etc., as specified.

*Note.* – In some cases, this test may be accomplished by testing the direct d.c. convertor clock independently.

#### 4.6 *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 direct d.c. convertor is tested under light-load conditions.

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

*Note.* – The note of Sub-clause 4.4 applies to this test.

##### 4.6.1 *Output variable voltage range*

Voltmeters  $V_1$  and  $V_3$  are mean value reading direct voltmeters of adequate accuracy to indicate the d.c. value of the input voltage and the output voltage of the direct d.c. convertor under test.

Les ampèremètres  $A_1$  et  $A_3$  sont des ampèremètres à courant continu pour mesure des valeurs moyennes, de précision convenable pour indiquer la valeur moyenne du courant d'entrée et celle du courant de sortie du convertisseur à courant continu direct à l'essai.

La plage de réglage de la tension de sortie est déterminée à partir des lectures effectuées sur le voltmètre  $V_3$ , pour la plage spécifiée de variation de la tension d'alimentation lue sur le voltmètre  $V_1$ , et pour les charges faible et nominale (régime continu) dont l'indication est donnée par l'ampèremètre  $A_3$ .

*Note.* – Dans l'éventualité où la plage de réglage de la tension de sortie est à déterminer pour une plage de courant autre que celle allant de la faible charge à la charge nominale, elle doit être mesurée dans la plage spécifiée et être indiquée en conséquence.

#### 4.6.2 Tolérance sur la tension de sortie

C'est, soit la vérification de la plage de réglage de la tension de sortie (voir le paragraphe 4.6.1), soit la vérification de la tolérance sur la tension de sortie qui est à faire. Les modalités d'essais sont identiques dans les deux cas.

La tolérance sur la tension de sortie est déterminée à partir des lectures effectuées sur le voltmètre  $V_3$  pour la plage spécifiée de variation de la tension d'alimentation lue sur le voltmètre  $V_1$  et pour les charges faible et nominale (régime continu) dont l'indication est donnée par l'ampèremètre  $A_3$ . En outre, d'autres paramètres, comme la température, peuvent être modifiés si cela est précisé.

*Note.* – Dans l'éventualité où la tolérance sur la tension de sortie est à déterminer pour une plage de courant autre que celle allant de la faible charge à la charge nominale, elle doit être mesurée dans la plage spécifiée et être indiquée en conséquence.

#### 4.6.3 Ondulation du courant d'alimentation

Les voltmètres  $V_1$  et  $V_3$  et les ampèremètres  $A_1$  et  $A_3$  sont tels qu'indiqués dans le paragraphe 4.6.1.

L'appareil  $A_{r1}$  donnant l'indication de l'ondulation du courant d'entrée peut être un oscilloscope ou un ampèremètre à large bande associé à un filtre de réjection et à un filtre passe-bande.

La teneur relative en composantes alternatives du courant d'alimentation (voir le paragraphe 1.5.5) est obtenue à partir de la valeur moyenne du courant d'entrée du convertisseur à courant continu direct à l'essai et de sa valeur efficace mesurée après réjection de la composante continue.

Les composantes alternatives intéressantes du courant d'alimentation sont mesurées après sélection de chacune d'elles au moyen du filtre passe-bande.

Le facteur d'ondulation crête à crête relative du courant d'alimentation (voir le paragraphe 1.5.6) est obtenu à partir des valeurs maximale et minimale lues sur l'oscilloscope et de la valeur moyenne du courant d'alimentation donnée par l'ampèremètre  $A_1$ .

Le facteur d'ondulation du courant d'alimentation est obtenu, comme indiqué au paragraphe 1.5.7, à partir des valeurs maximale et minimale lues sur l'oscilloscope.

Le facteur de forme du courant d'alimentation est déterminé, comme indiqué au paragraphe 1.5.8, à partir des valeurs efficace et moyenne de ce courant.

Les caractéristiques ci-dessus ne sont déterminées qu'au cas où cela est prescrit et pour la plage spécifiée de variation de la tension d'alimentation lue sur le voltmètre  $V_1$ , et pour les charges faible et nominale (régime continu) dont l'indication est donnée par l'ampèremètre  $A_3$ .