

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC**

**TR 61800-6**

Première édition  
First edition  
2003-03

**Entraînements électriques de puissance  
à vitesse variable –**

**Partie 6:  
Guide de détermination du type de régime  
de charge et de dimensionnement  
en courant correspondant**

**Adjustable speed electrical  
power drive systems –**

**Part 6:  
Guide for determination of types of load duty  
and corresponding current ratings**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC/TR 61800-6:2003

## **Numérotation des publications**

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## **Editions consolidées**

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

## **Informations supplémentaires sur les publications de la CEI**

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/catlg-f.htm](http://www.iec.ch/catlg-f.htm)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplaçées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/JP.htm](http://www.iec.ch/JP.htm)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)

Tél: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

## **Publication numbering**

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## **Consolidated editions**

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## **Further information on IEC publications**

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/catlg-e.htm](http://www.iec.ch/catlg-e.htm)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. Online information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/JP.htm](http://www.iec.ch/JP.htm)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)

Tel: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

CEI  
IEC

TR 61800-6

Première édition  
First edition  
2003-03

## Entraînements électriques de puissance à vitesse variable –

**Partie 6:  
Guide de détermination du type de régime  
de charge et de dimensionnement  
en courant correspondant**

## Adjustable speed electrical power drive systems –

**Part 6:  
Guide for determination of types of load duty  
and corresponding current ratings**

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

P

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	4
1 Généralités .....	8
1.1 Domaine d'application et objet.....	8
1.2 Références normatives .....	8
2 Définitions.....	8
3 Valeurs assignées.....	16
3.1 Généralités .....	16
3.2 Méthode d'établissement des valeurs assignées de courant en fonction du temps pour les blocs et les groupes à semiconducteurs.....	20
3.2.1 Généralités .....	20
3.2.2 Courant assigné d'un transformateur de convertisseur commun.....	20
3.2.3 Valeurs assignées d'un convertisseur double.....	20
3.2.4 Détermination du type de régime de charge.....	20
3.3 Courants assignés pour les groupes et les sections.....	20
3.3.1 Généralités .....	20
3.3.2 Courants assignés pour le régime de charge constante .....	22
3.3.3 Courants assignés pour le régime de charge de pointe intermittente .....	22
3.3.4 Courants assignés pour le régime de charge intermittente .....	22
3.3.5 Courants assignés pour le régime de charge intermittente avec intervalles sans charge.....	22
3.3.6 Courants assignés pour le régime de charge répétitive .....	22
3.3.7 Courants assignés pour régime de charge non répétitive .....	26
3.4 Capacité de surcharge et de courant de pointe .....	28
4 Classes de service pour régime de charge non répétitive.....	28
Figure 1 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge constante.....	10
Figure 2 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge de pointe intermittente .....	10
Figure 3 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge intermittente .....	12
Figure 4 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge intermittente avec intervalles à vide .....	12
Figure 5 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge répétitive .....	14
Figure 6 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge non répétitive.....	14
Figure 7 – Diagramme courant-temps du cycle de charge répétitive équivalent.....	26
Figure 8 – Caractéristiques assignées limites typiques pour régime de charge non répétitive .....	28
Tableau 1 – Liste des symboles .....	16
Tableau 2 – Classes de service pour des applications industrielles non répétitives .....	28

## CONTENTS

FOREWORD .....	5
1 General.....	9
1.1 Scope and object .....	9
1.2 Normative references.....	9
2 Definitions.....	9
3 Rated values.....	17
3.1 General .....	17
3.2 System of establishing rated current-time values for semiconductor assemblies and equipments .....	21
3.2.1 General.....	21
3.2.2 Rated current of a common converter transformer .....	21
3.2.3 Rated values of a double converter .....	21
3.2.4 Determination of type of load duty .....	21
3.3 Rated currents for equipments and sections .....	21
3.3.1 General.....	21
3.3.2 Rated currents for uniform load duty.....	23
3.3.3 Rated currents for intermittent peak load duty.....	23
3.3.4 Rated currents for intermittent load duty .....	23
3.3.5 Rated currents for intermittent load duty with no-load intervals.....	23
3.3.6 Rated currents for repetitive load duty .....	23
3.3.7 Rated currents for non-repetitive load duty .....	27
3.4 Overload and surge current capability .....	29
4 Duty classes for non-repetitive load duty .....	29
Figure 1 – Typical current-time chart for uniform load duty .....	11
Figure 2 – Typical current-time chart for intermittent peak load duty .....	11
Figure 3 – Typical current-time chart for intermittent load duty .....	13
Figure 4 – Typical time chart for intermittent load duty with no-load intervals .....	13
Figure 5 – Example of current-time chart for repetitive load duty .....	15
Figure 6 – Typical current-time chart for non-repetitive load duty .....	15
Figure 7 – Equivalent repetitive load duty load-time chart .....	27
Figure 8 – Typical rating curves for non-repetitive load duty .....	29
Table 1 – List of symbols .....	17
Table 2 – Duty classes for non-repetitive industrial applications .....	29

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE À VITESSE VARIABLE –

#### Partie 6: Guide de détermination du type de régime de charge et de dimensionnement en courant correspondant

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent rapport technique peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 61800-6, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 22G: Convertisseurs à semiconducteurs pour les systèmes d'entraînement électriques à vitesse variable, du comité d'études 22 de la CEI: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Cette première édition annule et remplace la CEI 61136-1, parue en 1992, dont elle constitue une révision technique.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
22G/85/DTR	22G/100/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport technique.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –****Part 6: Guide for determination of types of load duty  
and corresponding current ratings****FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this technical report may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 61800-6, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 22G: Semiconductor power converters for adjustable speed electric drive systems, of IEC technical committee 22: Power electronics systems and equipment.

This first edition cancels and replaces IEC 61136-1, issued in 1992, and constitutes a technical revision.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
22G/85/DTR	22G/100/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61800-6:2003

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61800-6:2003

# ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE À VITESSE VARIABLE –

## Partie 6: Guide de détermination du type de régime de charge et de dimensionnement en courant correspondant

### 1 Généralités

#### 1.1 Domaine d'application et objet

Le présent Rapport technique donne un choix de méthodes pour spécifier les valeurs assignées des systèmes d'entraînements électriques à vitesse variable (PDS) et en particulier leurs variateurs ou bases de motorisation (BDM).

Il n'est pas conçu pour s'appliquer aux entraînements à vitesse variable destinés à la traction électrique.

Les règles générales pour la spécification de dimensionnement des entraînements électriques de puissance à moteurs à courant continu à basse tension figurent dans la CEI 61800-1 et celles des entraînements électriques de puissance à moteurs alternatifs dans la CEI 61800-2.

#### 1.2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60146-1-1, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*

CEI 61800-1: *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 1: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînement de puissance à vitesse variable en courant continu et basse tension*

CEI 61800-2: *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 2: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînement de puissance à fréquence variable en courant alternatif et basse tension*

### 2 Termes, définitions et symboles

#### 2.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 61800-1, de la CEI 61800-2 et de la IEC 60146-1-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

##### 2.1.1

##### température d'équilibre

température en régime établi atteinte par un composant d'un convertisseur sous des conditions spécifiées de charge et de refroidissement

NOTE Les températures en régime établi sont en général différentes pour différents composants. Les durées nécessaires pour atteindre le régime établi sont aussi différentes et proportionnelles aux constantes de temps thermiques.

**ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –****Part 6: Guide for determination of types of load duty  
and corresponding current ratings****1 General****1.1 Scope and object**

This technical report provides alternative methods for specifying ratings for adjustable speed electrical power drive systems (PDS) and in particular their basic drive modules (BDM).

It is not intended to cover adjustable speed drives for traction purposes.

General rules for rating specification for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems are contained in IEC 61800-1, and for low voltage adjustable frequency a.c. power drive systems in IEC 61800-2.

**1.2 Normative references**

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60146-1-1, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 61800-1, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems*

IEC 61800-2, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 2: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable frequency a.c. power drive systems*

**2 Terms, definitions and symbols****2.1 Terms and definitions**

For the purpose of this technical report the definitions given in IEC 61800-1, IEC 61800-2 and IEC 60146-1-1 as well as the following, apply.

**2.1.1****equilibrium temperature**

steady-state temperature reached by a component of a converter under specified conditions of load and cooling

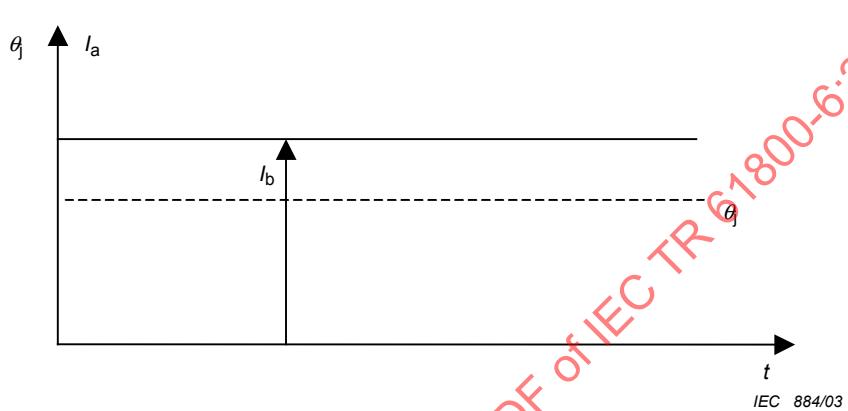
NOTE Steady-state temperatures are in general different for different components. The times necessary to establish the steady state are also different and proportional to thermal time constants.

**2.1.2****diagramme de charge courant-temps**

enregistrement du courant de charge en fonction du temps.

**2.1.3****régime de charge constante**

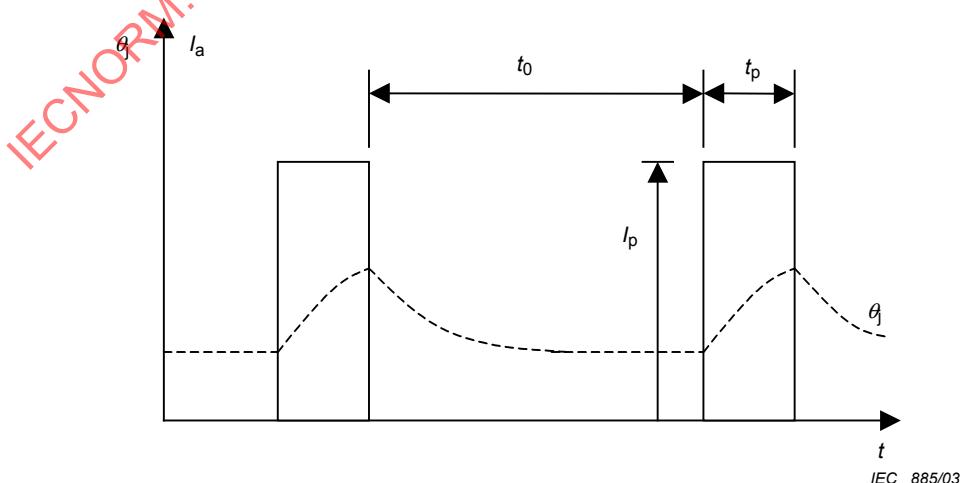
régime pour lequel un groupe convertisseur conduit un courant de valeur constante durant un intervalle de temps suffisamment long pour que les composants du convertisseur atteignent les températures d'équilibre correspondant à la valeur donnée du courant. La Figure 1 illustre ce type de charge (voir le Tableau 1 pour les symboles).



**Figure 1 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge constante**

**2.1.4****régime de charge de pointe intermittente**

type de régime où des charges de grande amplitude et de courte durée sont appliquées à la suite de périodes à vide de telle sorte que l'équilibre thermique soit atteint entre les applications successives de la charge. La Figure 2 illustre ce type de charge. Les charges intermittentes peuvent ne pas être équidistantes, mais il convient que le constructeur spécifie le temps minimal  $t_0$  nécessaire pour atteindre la température d'équilibre du semiconducteur à vide avant la charge intermittente suivante.



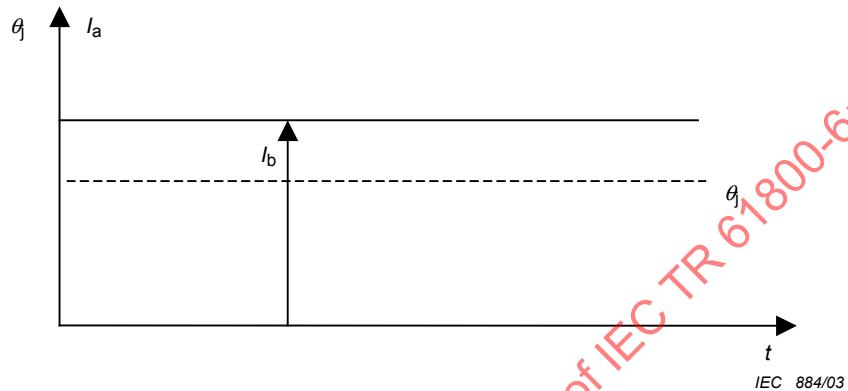
**Figure 2 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge de pointe intermittente**

**2.1.2****current-time load chart**

record of load current with respect to time

**2.1.3****uniform load duty**

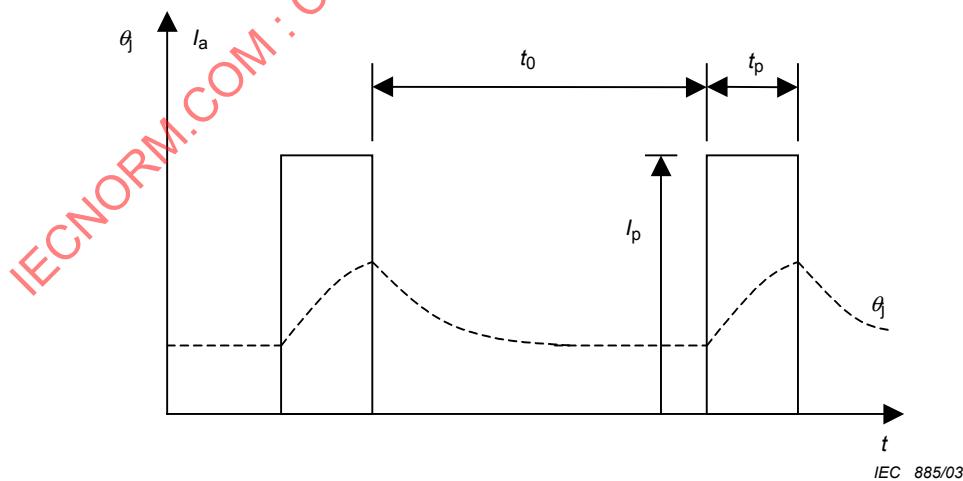
duty for which a converter equipment carries a current of fixed value for an interval sufficiently long for the components of the converter to reach equilibrium temperatures corresponding to the said value of current. Figure 1 illustrates this type of load duty (see Table 1 for symbols).



**Figure 1 – Typical current-time chart for uniform load duty**

**2.1.4****intermittent peak load duty**

type of duty for which loads of high magnitude and short duration are applied following no-load periods such that thermal equilibrium is reached between successive applications of the load. Figure 2 illustrates this type of load duty. The intermittent loads need not be equidistant, but the minimum value of  $t_0$  to achieve no-load semiconductor temperature before the next intermittent load should be specified by the manufacturer.

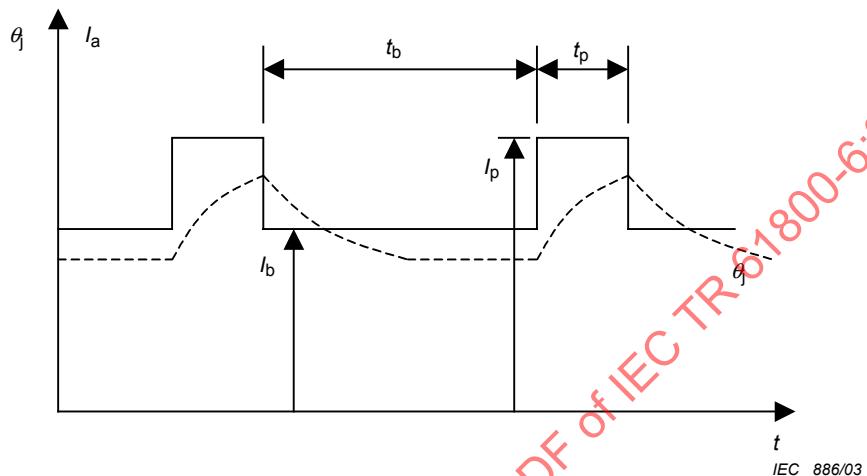


**Figure 2 – Typical current-time chart for intermittent peak load duty**

### 2.1.5

#### régime de charge intermittente

type de régime pour lequel des charges intermittentes sont superposées à une charge de base constante de telle sorte que l'équilibre thermique soit atteint entre les applications successives de la charge intermittente. La Figure 3 illustre ce type de régime. Les charges intermittentes peuvent ne pas être équidistantes, mais il convient que le constructeur spécifie la valeur minimale  $t_b$  nécessaire pour atteindre la température d'équilibre du semiconducteur avant la charge intermittente suivante.

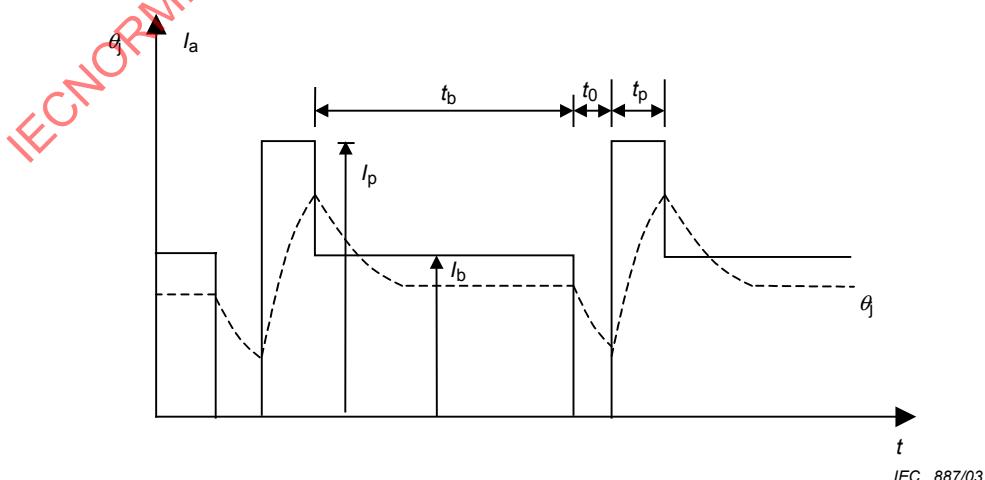


**Figure 3 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge intermittente**

### 2.1.6

#### régime de charge intermittente avec intervalles à vide

type de régime pour lequel des intervalles intermittents de fonctionnement à vide suivis de fortes charges sont superposés à une charge de base constante de telle sorte que l'équilibre thermique soit atteint entre les applications successives de la charge intermittente. La Figure 4 illustre ce type de régime. Les charges intermittentes peuvent ne pas être équidistantes, mais il convient que le constructeur spécifie la valeur minimale  $t_b$  nécessaire pour atteindre la température d'équilibre du semiconducteur avant la charge intermittente suivante.



**Figure 4 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge intermittente avec intervalles à vide**

### 2.1.5

#### intermittent load duty

type of duty for which intermittent loads are superimposed onto a constant base load such that thermal equilibrium is reached between successive applications of the intermittent load. Figure 3 illustrates this type of load duty. The intermittent loads need not be equidistant, but the minimum value of  $t_b$  to achieve steady state semiconductor temperature before the next intermittent load is applied should be specified by the manufacturer.

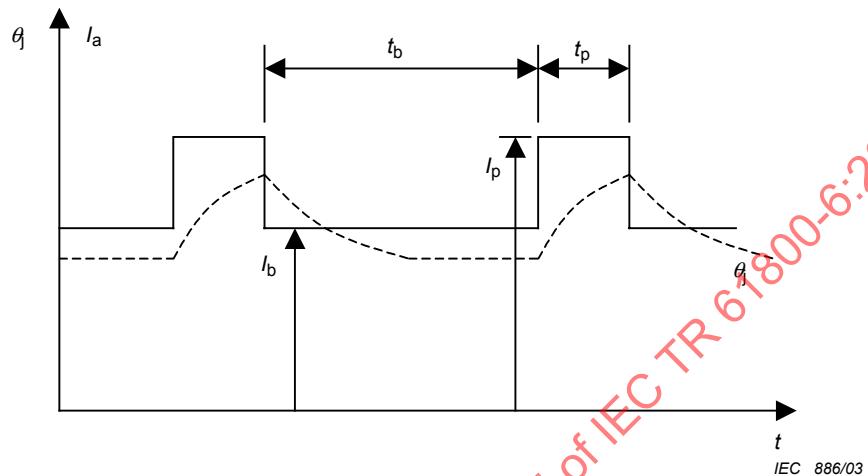


Figure 3 – Typical current-time chart for intermittent load duty

### 2.1.6

#### intermittent load duty with no-load intervals

type of duty for which intermittent no-load intervals followed by high load intervals are superimposed onto a constant base load, such that thermal equilibrium is reached between successive applications of the intermittent load. Figure 4 illustrates this type of load duty. The intermittent loads need not be equidistant, but the minimum value of  $t_b$  to achieve steady state semiconductor temperature before the next intermittent load is applied should be specified by the manufacturer.

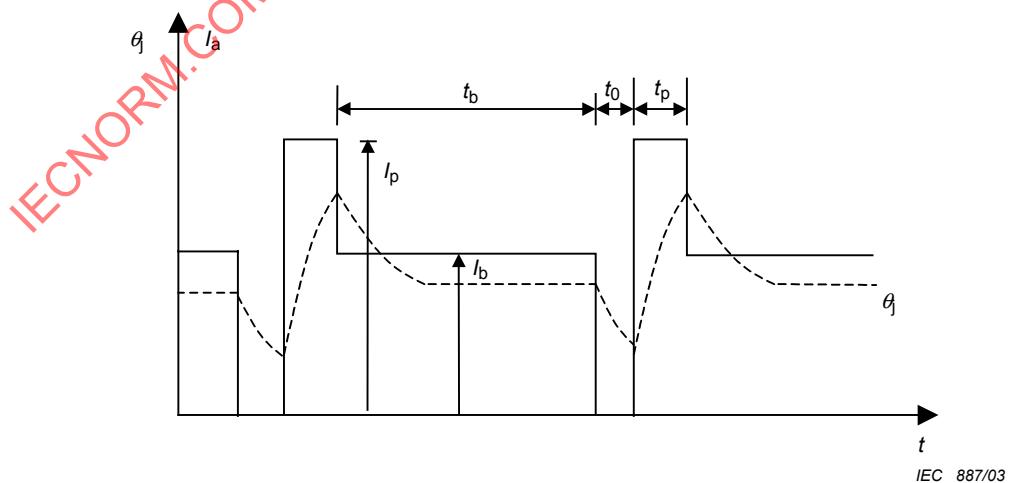


Figure 4 – Typical time chart for intermittent load duty with no-load intervals

### 2.1.7

#### régime de charge répétitive

type de régime pour lequel les charges sont périodiquement variables de telle sorte que l'équilibre thermique ne soit pas atteint dans une période du cycle et que, par conséquent, aucune charge de base ne puisse être donnée. L'équilibre thermique est atteint lorsque la température moyenne  $\theta_j$  ne varie plus d'un cycle au suivant. La Figure 5 illustre ce type de régime.

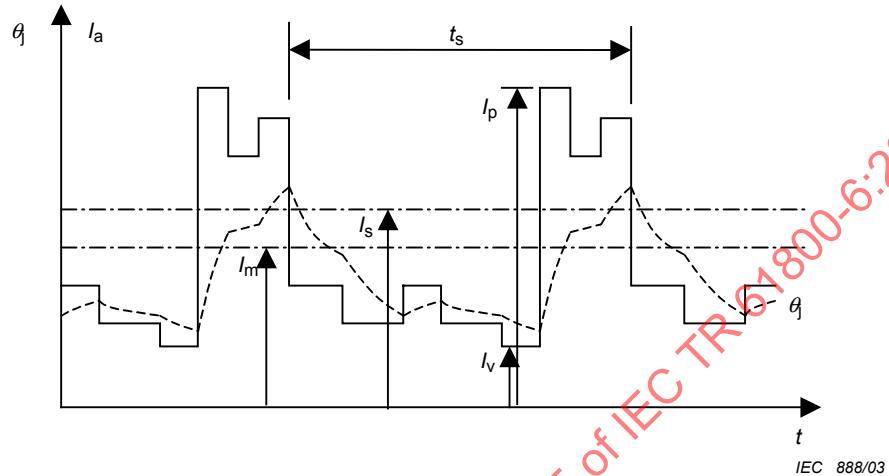


Figure 5 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge répétitive

### 2.1.8

#### régime de charge non répétitive

type de régime pour lequel une pointe de charge est appliquée à la fin d'une période de charge constante durant laquelle l'équilibre thermique est atteint. La Figure 6 illustre ce type de régime.

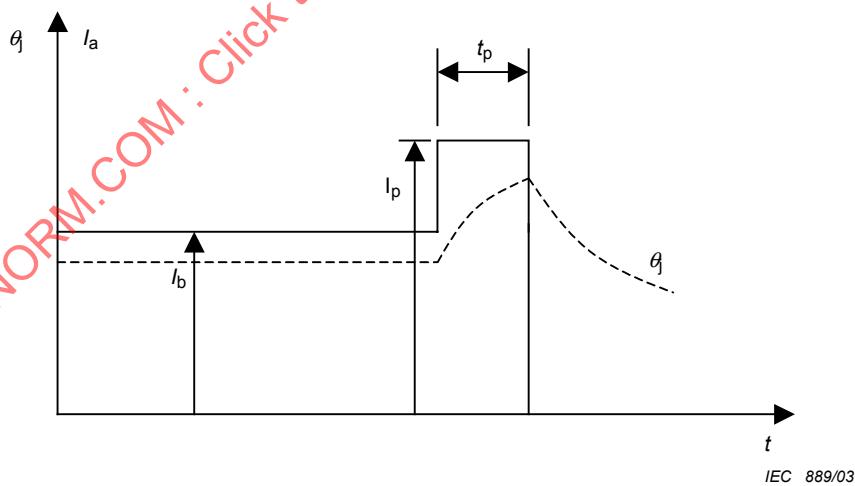


Figure 6 – Diagramme typique courant-temps pour régime de charge non répétitive

### 2.1.9

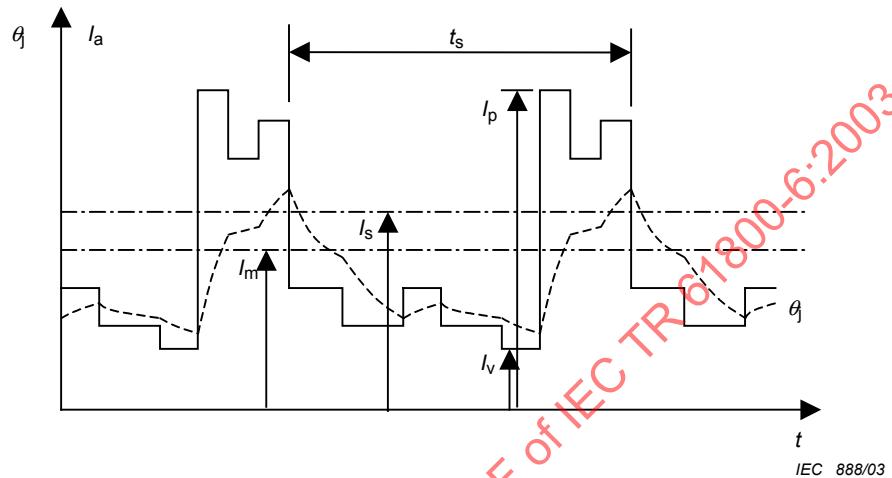
#### convertisseur réversible

convertisseur connecté au réseau d'alimentation dans lequel le sens de circulation de la puissance est réversible

### 2.1.7

#### **repetitive load duty**

type of duty for which loads are cyclically variable such that steady state temperature is not reached within the cycle period, and hence no base load can be given. Thermal equilibrium is reached when the average  $\theta_j$  does not vary from load cycle to load cycle. Figure 5 illustrates this type of load duty.

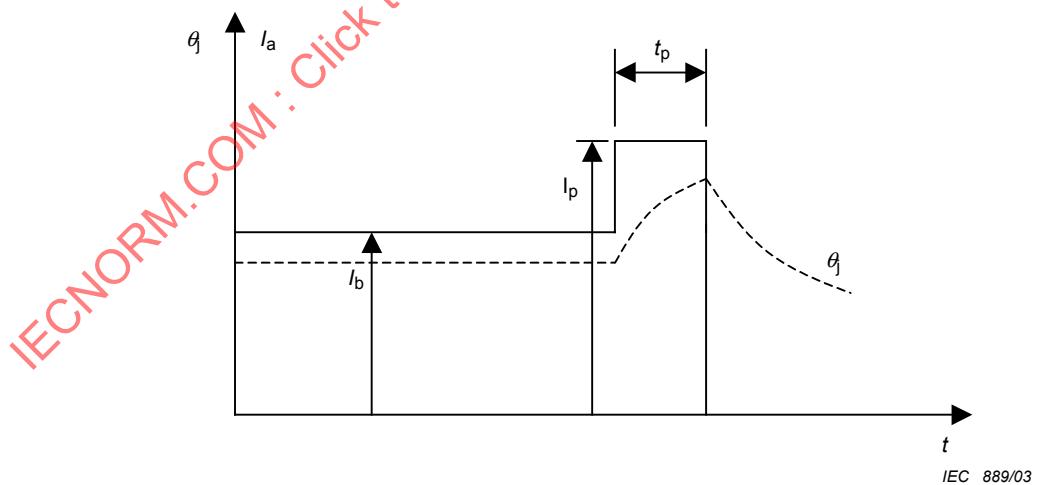


**Figure 5 – Example of current-time chart for repetitive load duty**

### 2.1.8

#### **non-repetitive load duty**

type of duty for which a peak load is applied at the end of a constant load period during which thermal equilibrium is reached. Figure 6 illustrates this kind of load duty.



**Figure 6 – Typical current-time chart for non-repetitive load duty**

### 2.1.9

#### **reversible converter**

line-side converter in which the flow of d.c. power is reversible

### 2.1.10

#### convertisseur double

convertisseur alternatif/continu en source de courant réversible, bidirectionnel pour le courant.

Un convertisseur double est habituellement composé de deux sections, une pour chaque sens de courant.

NOTE Les sections de convertisseur peuvent être alimentées par des enroulements communs, par des enroulements séparés d'un transformateur commun, ou par des transformateurs séparés.

### 2.2 Symboles

Tableau 1 – Liste des symboles

$t$	durée
$t_b$	durée à charge de base
$t_s$	période du cycle de charge (durée)
$t_0$	durée à charge nulle
$t_p$	durée à la charge de pointe
$I_a$	valeur du courant du convertisseur
$I_b$	valeur du courant de charge de base
$I_p$	valeur du courant de charge de pointe
$I_v$	valeur du courant de charge minimal
$I_m$	valeur pour la période $t_s$ du courant de charge moyen
$I_s$	valeur pour la période $t_s$ du courant de charge efficace
$I_{aN}$	courant de sortie permanent assigné du convertisseur
$I_{dN}$	courant continu assigné (d'un convertisseur connecté par le réseau)
$\theta_j$	température du convertisseur considéré. On prend habituellement la température de jonction du composant semiconducteur
$r_N$	coefficient utilisé pour évaluer les pertes moyennes à la jonction du semiconducteur en valeur relative, en fonction du courant continu en valeur relative; il est donné par:
	$r_N = \frac{R_o / I_{dN}}{V_o}$
	où
	$R_o$ est la valeur de résistance de la caractéristique à l'état passant du dispositif semiconducteur
	$V_o$ est la tension du seuil de la caractéristique à l'état passant du dispositif semiconducteur

### 3 Valeurs assignées

#### 3.1 Généralités

Les grandeurs de dimensionnement définies dans cet article s'appliquent à des modules complets de variation de vitesse (CDM), incluant des composants tels que conducteurs, appareillage, inductances et transformateurs définis dans la CEI 61800-1 et la CEI 61800-2.

Il convient que les bases de dimensionnement d'un convertisseur réversible soient telles que le convertisseur travaillant comme redresseur ou comme onduleur soit capable de supporter dans les deux cas toutes les conditions de charge spécifiées.

Les constantes de temps thermiques des semiconducteurs (y compris leurs dispositifs de refroidissement) sont beaucoup plus courtes que celles des transformateurs de convertisseur et des moteurs d'entraînement. Pour cette raison, les surcharges importantes de courte durée qui se produisent dans les cycles de charge habituels des divers types de variateurs de vitesse sont de plus grande importance pour le convertisseur à semiconducteur lui-même que pour les transformateurs du convertisseur et les moteurs.

**2.1.10****double converter**

current stiff reversible a.c./d.c. converter with direct current in both directions

A double converter usually consists of two sections, one for each direction of current flow.

NOTE The converter sections may be supplied from common windings, from separate windings on a common transformer, or from separate transformers.

**2.2 Symbols****Table 1 – List of symbols**

$t$	time
$t_b$	base load interval
$t_s$	load cycle period (duration)
$t_0$	no-load interval
$t_p$	peak load duration
$I_a$	converter current
$I_b$	base load current value
$I_p$	peak load current value
$I_v$	minimum load current value
$I_m$	mean load current value for period $t_s$
$I_s$	r.m.s. load current value for period $t_s$
$I_{aN}$	rated continuous output current of the converter
$I_{dN}$	rated direct current (of a line commutated converter)
$\theta_j$	temperature of the converter under consideration. This is usually taken to be the junction temperature of the semiconductor device
$r_N$	factor which is used to evaluate the per-unit average semiconductor junction power loss as a function of the per-unit direct current, it is given by:
	$r_N = \frac{R_o I_{dN}}{V_o}$
	where
	$R_o$ is the resistance value of the on-state characteristic of the semiconductor device
	$V_o$ is the threshold value of the on-state characteristic of the semiconductor device

**3 Rated values****3.1 General**

The ratings defined in this clause are to be applied to a complete drive module (CDM), including such components as conductors, switchgear, reactors and transformers as defined in IEC 61800-1 and IEC 61800-2.

The basis of the rating of a reversible converter should be such that the converter operating either as a rectifier or as an inverter should be capable of meeting in either case all the specified load conditions.

The thermal time constants of semiconductors (including their cooling devices) are much shorter than those for converter transformers and drive motors. For this reason, the high short-time peak currents that occur in normal load duties of various types of adjustable speed drives are of greater significance for the semiconductor converter itself than for the converter transformers and motors.

Les courants de pointe de courte durée tendent à provoquer dans les semiconducteurs des échauffements plus rapides et d'amplitudes relativement plus élevées que dans les transformateurs et les moteurs. Cependant, dans certains cas, d'autres composants, par exemple les enroulements du moteur, peuvent aussi avoir les mêmes constantes de temps courtes.

Il convient que les régimes de charge définis dans ce rapport technique soient utilisés pour déterminer l'aptitude à des surcharges courtes au-dessus du courant de base ou du courant efficace dans le cas de régimes de charge répétitifs et ils ont été simplifiés dans ce but. Il est cependant également important que le courant efficace du cycle de charge réel ne dépasse pas 100 % du calibre des composants à plus longue constante de temps, comme par exemple les transformateurs et les moteurs.

Pour un dispositif semi-conducteur, la température maximale de jonction définie par le fabricant est la température critique au-dessus de laquelle une perte de contrôle, une panne ou une détérioration peuvent survenir.

La température de jonction ne peut pas être mesurée directement, mais peut être calculée pour chaque diagramme de charge courant-temps.

Si les diagrammes de charge courant-temps peuvent être spécifiés par l'utilisateur, le constructeur peut calculer la température de jonction du semi-conducteur pour s'assurer que la température maximale de jonction autorisée n'est pas dépassée.

Un diagramme de charge courant-temps peut toujours être utilisé comme base de dimensionnement.

Deux classes d'application sont prises en compte dans ce rapport technique, l'une où les conditions de charge du convertisseur sont telles que les températures d'équilibre en régime établi soient atteintes entre chaque charge appliquée, l'autre avec des charges variables périodiquement de telle sorte que l'équilibre thermique ne soit pas atteint dans une période de cycle mais puisse être obtenu par moyenne sur un certain nombre de cycles.

La première classe d'application est définie par les types de régime suivants:

- a) régime de charge constante (Figure 1)
- b) régime de charge de pointe intermittente (Figure 2);
- c) régime de charge intermittente (Figure 3);
- d) régime de charge intermittente avec intervalles à vide (Figure 4).

Une deuxième classe d'application est définie par les types de régime suivants:

- e) régime de charge répétitive (Figure 5);
- f) régime de charge non répétitive (Figure 6).

Pour éviter toute ambiguïté, il a été nécessaire de faire avec soin une distinction entre les valeurs assignées par section et les valeurs assignées par groupe. C'est pourquoi toutes les valeurs assignées, à l'exception du courant de sortie permanent  $I_{aN}$ , s'appliquent seulement aux sections du convertisseur à semi-conducteurs, y compris les constituants tels que conducteurs, disjoncteurs, inductances et transformateurs. Noter que certains constituants peuvent être communs à plus d'une section; il y a lieu de dimensionner ces constituants en conséquence. Cette situation n'a pas d'effet sur les bases du dimensionnement qui vise le groupe (système) plutôt que les composants.

Le courant assigné s'applique au groupe convertisseur et est utilisé comme base de valeur relative pour toutes les grandeurs relatives aux sections du convertisseur.

Short-time peak currents tend to cause faster and relatively higher temperature rises in the semiconductors than in the transformers and motors. However, in some cases other parts, for example motor windings, may have equally short time constants.

The load duty cycles defined in this technical report, should be used to determine the capability for short overloads, above the base current, or r.m.s. current in case of repetitive load duty, and are simplified to show just this. It is, however, also important that the r.m.s. value of the current of the actual duty cycle does not exceed 100% of the rating of the components with longer time constants, for example transformers and motors.

For a semiconductor device, the manufacturer's maximum junction temperature is the critical temperature above which loss of control, failure or deterioration may occur.

The junction temperature cannot be measured directly but it may be calculated for any load current-time chart.

If load current-time charts can be specified by the user, the manufacturer can calculate the junction temperature of the semiconductor to make certain that the maximum permissible junction temperature is not exceeded.

A load current-time chart can always be used as a basis for rating.

Two application classes are considered in this technical report, one with converter loading conditions such that equilibrium temperature conditions are obtained between all superimposed loads and the other with cyclically variable loads such that thermal equilibrium is not reached within the cycle period, but which may occur on an average basis over a number of cycle periods.

The first application class is defined by the following types of load duty:

- a) uniform load duty (Figure 1);
- b) intermittent peak load duty (Figure 2);
- c) intermittent load duty (Figure 3);
- d) intermittent load duty with no-load intervals (Figure 4);

A second application class is defined by the following types of load duty:

- e) repetitive load duty (Figure 5);
- f) non-repetitive load duty (Figure 6).

To avoid ambiguity, it has been necessary to distinguish carefully between section ratings and equipment ratings. Consequently, all ratings except rated continuous output current  $I_{aN}$  apply only to the semiconductor converter sections including components such as conductors, switchgear, reactors and transformers. Note that some components may be common to more than one section and such components should be rated accordingly. This situation has no effect on the basis of rating which is equipment (system) rather than component orientated.

Rated current is applied to the converter equipment and is used as the per-unit base for all of the ratings applied to the converter sections.

### **3.2 Méthode d'établissement des valeurs assignées de courant en fonction du temps pour les blocs et les groupes à semiconducteurs**

#### **3.2.1 Généralités**

Il convient que tous les convertisseurs, avec ou sans transformateur, soient dimensionnés selon un des cycles de charge suivants:

- a) régime de charge constante (Figure 1);
- b) régime de charge de pointe intermittente (Figure 2);
- c) régime de charge intermittente (Figure 3);
- d) régime de charge intermittente avec des intervalles à vide (Figure 4) ;
- e) régime de charge répétitive (Figure 5);
- f) régime de charge non répétitive (Figure 6).

Toutes les valeurs de courant assignées sont définies pour un régime donné. Si un bloc ou un groupe à semiconducteurs est conçu pour travailler selon divers régimes de charge, il convient de spécifier des valeurs distinctes de courant et de temps.

Il y a lieu de noter que ces valeurs assignées s'appliquent aussi au groupe en tant que système complet destiné à une application spécifique, et non à un élément particulier de ce système.

#### **3.2.2 Courant assigné d'un transformateur de convertisseur commun**

Un transformateur commun, alimentant deux ensembles convertisseurs (comme par exemple des PDS) ou plus, peut être spécifié en termes de courant assigné, même si les convertisseurs individuels peuvent être spécifiés sur une base de régime intermittent. Dans les cas appropriés, il peut aussi être spécifié sur la base de la valeur assignée donnée en 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6 ou 3.3.7.

#### **3.2.3 Valeurs assignées d'un convertisseur double**

Des valeurs distinctes de dimensionnement peuvent être assignées à chaque section de convertisseur double à semiconducteurs, sauf si le régime de charge de chaque section est le même.

Il convient que les valeurs assignées de chaque section soient conformes à 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6 ou 3.3.7.

#### **3.2.4 Détermination du type de régime de charge**

Pour les applications d'entraînements à vitesse variable, les diagrammes de charge courant-temps sont très souvent complexes et variés en amplitude de courant, en durée et en fréquence de répétition. Cependant, l'examen du diagramme du courant de charge déterminera habituellement le type le plus convenable de régime de charge à utiliser comme base de courants assignés.

Si le type de régime de charge change, il convient de vérifier les effets de ce changement sur tous les constituants du système. Le réglage des éléments de contrôle et de protection peut aussi être nécessaire.

### **3.3 Courants assignés pour les groupes et les sections**

#### **3.3.1 Généralités**

Tous les courants assignés s'appliquent à la plage totale spécifiée de variation de vitesse dans les conditions d'environnement spécifiées (température maximale, altitude).

### **3.2 System of establishing rated current-time values for semiconductor assemblies and equipments**

#### **3.2.1 General**

All converters, with or without a transformer, should be rated in terms of one of the following six load duties:

- a) uniform load duty (Figure 1);
- b) intermittent peak load duty (Figure 2);
- c) intermittent load duty (Figure 3);
- d) intermittent load duty with no-load intervals (Figure 4);
- e) repetitive load duty (Figure 5);
- f) non-repetitive load duty (Figure 6).

All rated current values are assigned for a specified load duty. If a semiconductor assembly or equipment is designed to operate for different types of load duty, separate current and time values should be specified.

It should be noted that these ratings also apply to the equipment as a complete system committed to a specific application and not to any particular part of that system.

#### **3.2.2 Rated current of a common converter transformer**

A common transformer feeding two or more converter assemblies (for example power drive systems) may be specified in terms of rated current even though the individual converters may be specified on an intermittent duty basis. In appropriate cases, it may also be specified in terms of the basis of rating given in 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6 or 3.3.7.

#### **3.2.3 Rated values of a double converter**

Different rated values can be assigned to each section of a semiconductor double converter unit unless the duty of each section is the same.

The rated values of each section should be in accordance with 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6 or 3.3.7.

#### **3.2.4 Determination of type of load duty**

For adjustable speed drive applications, the current-time load charts are very often complex and varying in current magnitude, duration and repetition frequency. However, examination of the current-time load chart will usually determine the most suitable type of load duty to be used as a basis for rated currents.

If the load duty changes, the effect of that change on all parts of the system should be checked. Adjustment of control and protective elements may also be required.

### **3.3 Rated currents for equipments and sections**

#### **3.3.1 General**

All current ratings apply over the entire specified speed control range at specified ambient conditions (maximum temperature, altitude).

### 3.3.2 Courants assignés pour le régime de charge constante

La valeur du courant de charge de base, dans ce cas, est habituellement spécifiée comme le courant de sortie permanent assigné ( $I_b = I_{aN}$ ).

Le choix d'autres valeurs de base fait l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Voir 2.1.3 et la Figure 1.

### 3.3.3 Courants assignés pour le régime de charge de pointe intermittente

Le courant assigné n'est pas applicable dans ce cas. Les caractéristiques assignées de courant dans le régime de charge de pointe intermittente font l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur. Il convient que le constructeur spécifie la durée ( $t_p$ ), l'amplitude ( $I_p$ ) du courant de pointe et la durée minimale ( $t_0$ ) de la période sans charge avant que le courant de pointe ne soit réappliqué.

Voir 2.1.4 et la Figure 2.

### 3.3.4 Courants assignés pour le régime de charge intermittente

Le courant de charge de base, dans ce cas, est d'habitude spécifié comme le courant assigné ( $I_b = I_{aN}$ ). Les caractéristiques assignées de courant dans le régime de charge intermittente font l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Il convient que le constructeur spécifie la durée ( $t_p$ ) et l'amplitude ( $I_p$ ) du courant de pointe, le courant de charge de base ( $I_b$ ) et la durée minimale ( $t_b$ ) de fonctionnement à la charge de base avant que le courant de pointe ne soit réappliqué. La durée ( $t_p$ ) du courant de pointe ( $I_p$ ) doit être telle que la température maximale autorisée pour la jonction du semiconducteur ne soit pas dépassée.

Voir 2.1.5 et la Figure 3.

Le régime de charge intermittente peut être spécifié par la même famille de courbes que le régime de charge non répétitive (voir Figure 8) avec  $t_p$  donnant la durée de la charge appliquée de façon intermittente dans ce cas.

### 3.3.5 Courants assignés pour le régime de charge intermittente avec intervalles sans charge

Le courant de charge de base, dans ce cas, est d'habitude spécifié comme le courant assigné ( $I_b = I_{aN}$ ). Les caractéristiques assignées de courant dans le régime de charge intermittente font l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

Il convient que le constructeur spécifie la durée ( $t_p$ ) et l'amplitude ( $I_p$ ) du courant de pointe, le courant de charge de base ( $I_b$ ) et la durée minimale ( $t_b$ ) de fonctionnement à la charge de base ainsi que la durée minimale sans charge ( $t_0$ ) avant de pouvoir réappliquer le courant de pointe. La durée ( $t_p$ ) du courant de pointe ( $I_p$ ) doit être telle que la température maximale autorisée pour la jonction du semiconducteur ne soit pas dépassée.

Voir 2.1.6 et la Figure 4.

### 3.3.6 Courants assignés pour le régime de charge répétitive

#### 3.3.6.1 Généralités

Il convient que la valeur efficace du courant de charge  $I_s$  évalué sur la période du cycle de charge ne dépasse pas le courant assigné du convertisseur  $I_{aN}$ . Ce dernier correspond habituellement au courant permanent assigné du moteur ou des moteurs alimentés par l'équipement convertisseur.

### 3.3.2 Rated currents for uniform load duty

The base load current value for this case is usually specified as the rated continuous output current ( $I_b = I_{aN}$ ).

Other base values are subject to agreement between the supplier and the user.

See 2.1.3 and Figure 1.

### 3.3.3 Rated currents for intermittent peak load duty

Rated current is not applicable in this case. Intermittent peak load duty current ratings are subject to agreement between the supplier and the user. The duration ( $t_p$ ) and magnitude ( $I_p$ ) of the peak current and the minimum time ( $t_0$ ) of no-load before the peak current can be re-applied should be specified by the manufacturer.

See 2.1.4 and Figure 2.

### 3.3.4 Rated currents for intermittent load duty

The base load current in this case is usually specified as the rated current ( $I_b = I_{aN}$ ). Intermittent load duty current ratings are subject to agreement between the supplier and the user.

The duration ( $t_p$ ) and magnitude ( $I_p$ ) of the peak current, the base load current ( $I_b$ ) and the minimum time ( $t_b$ ) of operation at the base load before the peak current can be re-applied should be specified by the manufacturer. The semiconductor must be chosen such that its maximum permitted junction temperature is not exceeded at the peak current ( $I_p$ ) with its longest duration ( $t_p$ ).

See 2.1.5 and Figure 3.

Intermittent load duty can be specified by the same family of curves shown in Figure 8 for non-repetitive load duty with  $t_p$  denoting the duration of the intermittently applied load in this case.

### 3.3.5 Rated currents for intermittent load duty with no-load intervals

The base load current for this case is usually specified as the rated current ( $I_b = I_{aN}$ ). Intermittent load duty current ratings are subject to agreement between the supplier and the user.

The duration ( $t_p$ ) and magnitude ( $I_p$ ) of the peak current, the base load current ( $I_b$ ) and the minimum time ( $t_b$ ) of operation at the base load should be specified by the manufacturer together with the minimum no-load period ( $t_0$ ) before the peak current can be re-applied. The semiconductor must be chosen such that its maximum permitted junction temperature is not exceeded at the peak current ( $I_p$ ) with its longest duration ( $t_p$ ).

See 2.1.6 and Figure 4.

### 3.3.6 Rated currents for repetitive load duty

#### 3.3.6.1 General

The r.m.s. value of the load current,  $I_s$ , evaluated over the period of the load duty cycle should not exceed the rated current of the converter,  $I_{aN}$ .  $I_{aN}$  usually corresponds to the rated continuous current of the motor or motors supplied by the converter equipment.

Le courant assigné (1,0 en valeur relative) se réfère au groupe convertisseur et, pour un convertisseur double, il peut dépasser considérablement le courant efficace assigné de chaque section.

Voir 2.1.7 et la Figure 5.

En plus du courant assigné il y a deux moyens de définir les caractéristiques assignées d'un régime de charge répétitive. Le premier moyen est défini en 3.3.6.2 et le second en 3.3.6.3.

### **3.3.6.2 Diagrammes de charge en fonction du temps pour le régime de charge répétitive**

Il convient que le régime répétitif d'une section de convertisseur soit, si possible, spécifié par l'utilisateur en termes d'un ou de plusieurs diagrammes courant-temps applicables puisque cela permet le dimensionnement le plus économique. Ces diagrammes de courant en fonction du temps deviennent alors une partie de la spécification entre l'utilisateur et le fournisseur, et sont, en fait, les caractéristiques assignées de courant de la section de convertisseur pour un régime de charge répétitive dans une application donnée. Dans chaque cas, il y a lieu de définir les valeurs des courants, leurs durées et la période du cycle de charge ( $t_s$ ).

NOTE Il n'est pas nécessaire, pour des diagrammes de charge en fonction du temps, d'inclure des marges pour des conditions anormales. En effet le groupe est de toute façon conçu pour fournir une protection adéquate dans de telles conditions.

### **3.3.6.3 Caractéristiques assignées par cycle de charge répétitive équivalent**

La méthode décrite dans ce paragraphe peut être utilisée dans tous les cas où les diagrammes charge-temps détaillés ne sont pas disponibles. Cette méthode peut aussi être utilisée pour définir un régime de charge répétitive simple qui donne les mêmes contraintes thermiques qu'un régime de charge répétitive plus complexe. Il suffit que l'utilisateur spécifie les valeurs de  $I_p$ ,  $I_s$ ,  $I_m$ ,  $I_v$  et  $t_s$  telles qu'elles sont définies à la Figure 5 et au Tableau 1 pour la section relative au convertisseur. La base de définition des caractéristiques devient alors le diagramme de charge répétitive-temps équivalent illustré à la Figure 7 avec  $I_p$ ,  $I_v$  et  $t_s$  tels qu'ils sont spécifiés, et  $t_p$  équivalent défini par:

$$t_p = \frac{P_m - P_v}{P_p - P_v} \times t_s$$

dans lequel  $P_m$  est la puissance dissipée dans les semiconducteurs pour la charge spécifiée ( $I_s$  et  $I_m$ ),  $P_p$  est la puissance dissipée dans les semiconducteurs pour la charge de pointe ( $I_p$ ) et  $P_v$  est celle correspondant à la charge minimale ( $I_v$ ).

Pour un convertisseur commuté par le réseau, avec des pertes de commutation négligeables, la relation précédente devient:

$$t_p = \frac{\left| (I_m - I_v) I_{dN} + r_N (I_s^2 - I_v^2) \right|}{\left| (I_p - I_v) I_{dN} + r_N (I_p^2 - I_v^2) \right|} \times t_s$$

dans laquelle  $I_p$ ,  $I_s$ ,  $I_m$ ,  $I_v$  et  $t_s$  correspondent aux valeurs spécifiées, et  $r_N$  est un facteur de pertes du semiconducteur associé à  $I_{dN}$  tel qu'il est défini au Tableau 1.

Il est habituel pour un fournisseur de convertisseur de spécifier les valeurs maximales admissibles de  $I_p$  et de  $t_p$  qui correspondent à un réglage de limitation de courant du régulateur du convertisseur, et une valeur maximale de  $I_s$  qui correspond habituellement à  $I_{aN}$ . De telles limites ont priorité sur celles découlant des caractéristiques de charge répétitive équivalente.

The rated current (1,0 p.u.) refers to the converter equipment. In case of a double converter, the rated current may exceed considerably the r.m.s. current rating of either section.

See 2.1.7 and Figure 5.

In addition to the rated current, there are two other methods of defining ratings for repetitive load duty. The primary methods is given in 3.3.6.2 and a secondary methods is given in 3.3.6.3.

### 3.3.6.2 Load-time charts for repetitive load duty

The repetitive duty requirements for the converter should, when possible, be specified by the user in terms of one or more applicable current-time charts since this will result in the most economic design. These current-time charts then become part of the specifications between the user and the supplier and are, in effect, the current ratings of the converter section for repetitive load duty in the given application. In each case, all of the current levels and their durations and the duration of the duty cycle ( $t_s$ ) should be defined.

**NOTE** It is not necessary for load-time charts to include allowances for abnormal conditions because the converter is otherwise designed to provide adequate protection for such conditions.

### 3.3.6.3 Equivalent repetitive load duty rating

The method in this subclause may be used in cases where detailed load-time charts are not available. This method may also be used to define a simple repetitive load duty, which gives the same thermal stresses as a more complex repetitive load duty. The user need only specify values for  $I_p$ ,  $I_s$ ,  $I_m$ ,  $I_v$ , and  $t_s$  as defined in Figure 5 and Table 1 for the converter section. The basis for the rating then becomes the equivalent repetitive load-time chart shown in Figure 7 with  $I_p$ ,  $I_v$  and  $t_s$  as specified, and the equivalent  $t_p$  given by:

$$t_p = \frac{P_m - P_v}{P_p - P_v} \times t_s$$

where  $P_m$  is the semiconductor power loss associated with the specified load ( $I_s$  and  $I_m$ ),  $P_p$  is the semiconductor power loss associated with the peak load ( $I_p$ ) and  $P_v$  is the semiconductor power loss associated with the minimum load ( $I_v$ ).

For a line commutated converter bridge, with negligible switching losses, the above relation becomes:

$$t_p = \frac{\left| (I_m - I_v) I_{dN} + r_N (I_s^2 - I_v^2) \right|}{\left| (I_p - I_v) I_{dN} + r_N (I_p^2 - I_v^2) \right|} \times t_s$$

in which  $I_p$ ,  $I_s$ ,  $I_m$ ,  $I_v$  and  $t_s$  correspond to the specified values, and  $r_N$  is a semiconductor loss factor associated with  $I_{dN}$  as defined in Table 1.

It is usual for the converter supplier to specify the maximum allowable values for  $I_p$  and  $t_p$  that correspond to a current limit setting of the converter regulator and a maximum value of  $I_s$  that usually corresponds to  $I_{aN}$ . Such limits have precedence over those imposed by the equivalent repetitive load duty rating.