

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
146-6**

Première édition
First edition
1992-12

Convertisseurs à semiconducteurs

Partie 6:

Guide d'application pour la protection par fusibles
des convertisseurs contre les surintensités

Semiconductor convertors

Part 6:

Application guide for the protection of
semiconductor convertors against overcurrent
by fuses



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 146-6: 1992

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.

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
146-6**

Première édition
First edition
1992-12

Convertisseurs à semiconducteurs

Partie 6:

Guide d'application pour la protection par fusibles
des convertisseurs contre les surintensités

Semiconductor convertors

Part 6:

Application guide for the protection of
semiconductor convertors against overcurrent
by fuses

© CEI 1992 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 pro-
cédé, 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

Q

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	4
Articles	
1. Domaine d'application.....	6
2. Référence normatives	6
3. Montages et définitions.....	8
3.1. Montages à double voie	8
3.1.1. Montage A1: Fusibles de ligne, charge sans régénération	8
3.1.2. Montage A2: Fusibles de ligne, charge avec régénération	8
3.1.3. Montage A3: Fusibles de bras, charge sans ou avec régénération	10
3.2. Montage (B) à simple voie, charge avec ou sans régénération	10
3.3. Définitions.....	12
4. Courants admissibles	14
4.1. Courant assigné.....	14
4.2. Courant assigné à utiliser pour un service continu	16
4.2.1. Température ambiante	16
4.2.2. Conditions de raccordement et d'environnement	16
4.2.3. Semiconducteurs en parallèle.....	18
4.2.4. Courant pulsé ou courant à basse fréquence.....	18
4.3. Courant assigné à utiliser en service répétitif.....	18
4.4. Courbe de surcharge du fusible.....	18
4.4.1. Capacité de surcharge vérifiée	18
4.4.2. Courbe conventionnelle de surcharge.....	20
4.5. Courant assigné à utiliser en cas de fonctionnement en surcharge.....	22
5. Capacité en tension.....	22
5.1. Tension assignée	22
5.2. Tensions de défaut	22
5.2.1. Mode sans régénération.....	24
5.2.2. Mode avec régénération.....	24
5.3. Tension maximale d'arc.....	28
6. Caractéristiques P_t	30
6.1. Caractéristique P_t de préarc.....	30
6.2. Caractéristique P_t de fonctionnement.....	30
6.3. Connexion en parallèle.....	30
6.4. Autres considérations.....	32
7. Zone de coupure	32
7.1. A des fréquences égales ou supérieures à la fréquence assignée	32
7.2. A des fréquences inférieures à la fréquence assignée	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1. Scope and object	7
2. Normative references	7
3. Connections and definitions	9
3.1. Double way connection	9
3.1.1. Connection A1: Line fuses, non-regenerative load	9
3.1.2. Connection A2: Line fuses, regenerative load	9
3.1.3. Connection A3: Arm fuses, regenerative or non-regenerative load	11
3.2. Single-way connection (B), regenerative or non-regenerative load	11
3.3. Definitions	13
4. Current carrying capability	15
4.1. Rated current	15
4.2. Rated current to be used for continuous duty	17
4.2.1. Ambient temperature	17
4.2.2. Mounting and surrounding conditions	17
4.2.3. Semiconductors in parallel	19
4.2.4. Pulsed current or low frequency current	19
4.3. Rated current to be used for repetitive duty	19
4.4. Overload curve of the fuse	19
4.4.1. Verified overload capability	19
4.4.2. Conventional overload curve	21
4.5. Rated current to be used in case of overload operation	23
5. Voltage capacity	23
5.1. Rated voltage	23
5.2. Voltages at fault	23
5.2.1. Non-regenerative mode	25
5.2.2. Regenerative mode	25
5.3. Maximum arc voltage	29
6. I^2t characteristics	31
6.1. Pre-arcing I^2t characteristic	31
6.2. Operating I^2t characteristic	31
6.3. Parallel connection	31
6.4. Other considerations	33
7. Breaking range	33
7.1. At frequencies equal to or greater than rated	33
7.2. At frequencies less than rated	33

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

Partie 6: Guide d'application pour la protection par fusibles des
convertisseurs contre les surintensités

AVANT-PROPOS

- 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.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

La présente partie de la Norme internationale CEI 146, qui a le statut de Rapport technique, a été établie par le Sous-Comité 22B: Convertisseurs à semiconducteurs, du Comité d'Etudes n° 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Ce rapport est un Rapport technique de type 2. Il ne doit pas être considéré comme Norme internationale.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce Rapport technique de type 2 dans trois ans au plus tard après sa publication avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de la transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

CD	Relevé des observations
22B(Secrétariat)70	22B(Secrétariat)71

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR CONVERTORS

Part 6: Application guide for the protection of semiconductor convertors against overcurrent by fuses

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subject 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.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

This part of International Standard IEC 146, which has the status of a Technical Report has been prepared by Sub-Committee 22B: Semiconductor Convertors, of IEC Technical Committee No. 22: Power electronics.

This report is published as a Technical Report of type 2. It is not to be regarded as an International Standard.

A review of this Technical Report of type 2 will be carried out not later than three years after its publication with the options of: extension for three years; conversion into an International Standard; or withdrawal.

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

CD	Compilation of comments
22B(Secretariat)70	22B(Secretariat)71

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

CONVERTISSEURS À SEMICONDUCTEURS

Partie 6: Guide d'application pour la protection par fusibles des convertisseurs contre les surintensités

1. Domaine d'application

Le présent Rapport technique est un guide d'application qui s'applique aux convertisseurs avec fusibles de protection des semiconducteurs qui constituent les bras principaux de ces convertisseurs. Il est limité aux convertisseurs à simple et à double voie, avec commutation naturelle par le réseau, et aux fusibles satisfaisant aux spécifications des CEI 269-1 et CEI 269-4 citées dans l'article 2. Là où elles sont applicables, les articles d'intérêt général de ce guide peuvent aussi donner une aide pour les autres convertisseurs concernés par les CEI 146-1-1, CEI 411 et CEI 411-1 citées dans l'article 2.

L'objet de ce rapport est de mettre en évidence les particularités des fusibles et des convertisseurs qui doivent être analysées, afin d'assurer une application correcte du fusible pour semiconducteurs dans le convertisseur et afin de donner les recommandations particulières assurant un fonctionnement sans défaut des convertisseurs protégés par fusibles.

Dans ce rapport, les directives les plus importantes sont illustrées au moyen des montages de convertisseurs triphasés les plus couramment utilisés, avec fusibles de protection des bras principaux. Elles sont cependant également applicables à d'autres convertisseurs inclus dans les CEI 146-1-1, CEI 411 et CEI 411-1 citées à l'article 2.

2. Référence normative

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présent Rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent Rapport technique sont invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50 (151): 1978, Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) - Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques.

CEI 50 (441): 1984, Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) - Chapitre 411: Appareillage et fusibles.

CEI 146-1-1: 1991, Convertisseurs à semiconducteurs. Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau. - Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base.

CEI 269-1: 1968, Coupe-circuit à fusibles à basse tension. - Première partie: Règles générales.

CEI 269-4: 1980, Coupe-circuit à fusibles à basse tension. - Quatrième partie: Prescriptions supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des dispositifs à semiconducteurs.

SEMICONDUCTOR CONVERTORS

Part 6: Application guide for the protection of semiconductor convertors against overcurrent by fuses

1. Scope and object

This Technical Report is published as an application guide that applies to semiconductor convertors with fuses for the protection of the semiconductors forming the principal arms of these convertors. It is limited to line commutated convertors in single-way and double-way connections, and to fuses satisfying the requirements of the IEC Publications 269-1 and 269-4, listed in clause 2. Where applicable, the general clauses of this report may also give guidance for other convertors covered by the IEC 146-1-1, IEC 411 and IEC 411-1, listed in clause 2.

The object of this report is to advise on the specific fuse features and on the specific convertor features which are to be observed to ensure correct application of semiconductor fuses in convertors, and to give specific recommendations for trouble-free operation of convertors protected by fuses.

In this report the most important guide lines are illustrated by means of the three-phase convertor connections with fuse protection of their principal arms. They are, however, also applicable to the connection of other convertors covered by IEC 146-1-1, IEC 411 and IEC 411-1, listed in clause 2.

2. Normative references

The following normative documents contain provisions that, through reference in this text, constitute provisions of this Technical Report. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this Technical Report are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(151): 1978, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 151: Electrical and magnetic devices.

IEC 50(441): 1984, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 441: Switchgear, control gear and fuses.

IEC 146-1-1: 1991, Semiconductor convertors. - General requirements and line commutated convertors. Part 1-1: Specifications of basic requirements.

IEC 269-1: 1968, Low-voltage fuses - Part 1: General requirements.

IEC 269-4: 1980, Low-voltage fuses - Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices.

CEI 411: 1973, Convertisseurs statiques monophasés de puissance pour la traction.

CEI 411-1: 1974, Convertisseurs de puissance de la traction. - Partie 1: Convertisseurs monophasés de puissance à thyristors.

3. Montages et définitions

3.1. Montages à double voie

3.1.1. Montage A1: Fusibles de ligne, charge sans régénération

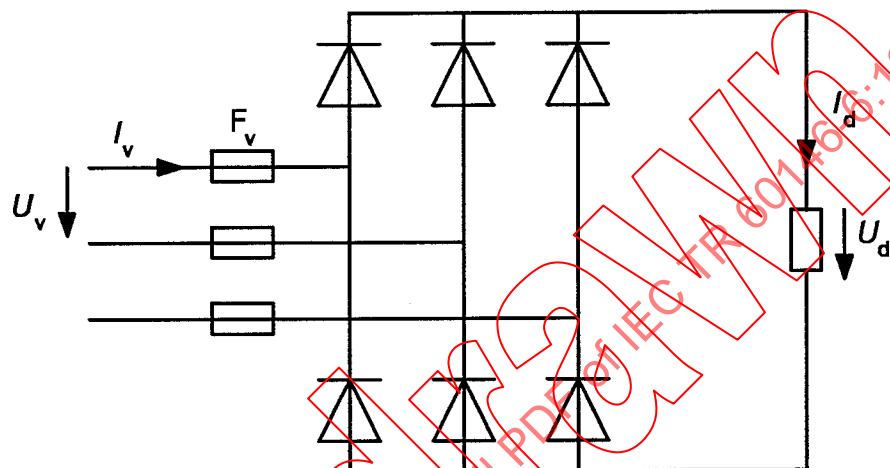
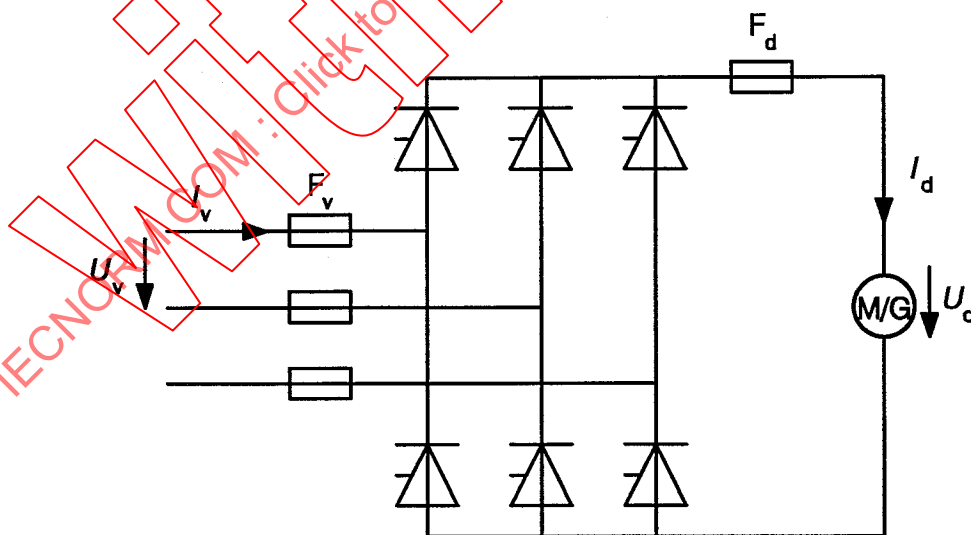


Figure 1 - Montage triphasé à double voie à diodes ou à thyristors, avec fusibles F_v côté alimentation alternative pour charge sans régénération

3.1.2. Montage A2: Fusibles de ligne, charge avec régénération



NOTE - U_d peut être positive ou négative.

Figure 2 - Montage triphasé à double voie avec fusibles F_v côté alimentation alternative et F_d côté continu, pour charge avec régénération

IEC 411: 1973, Single-phase traction power convertors.

IEC 411-1: 1975, Power convertors for electric traction. - Part 1: Single-phase power convertors using thyristors.

3. Connections and definitions

3.1. Double way connection

3.1.1. Connection A1: Line fuses, non-regenerative load

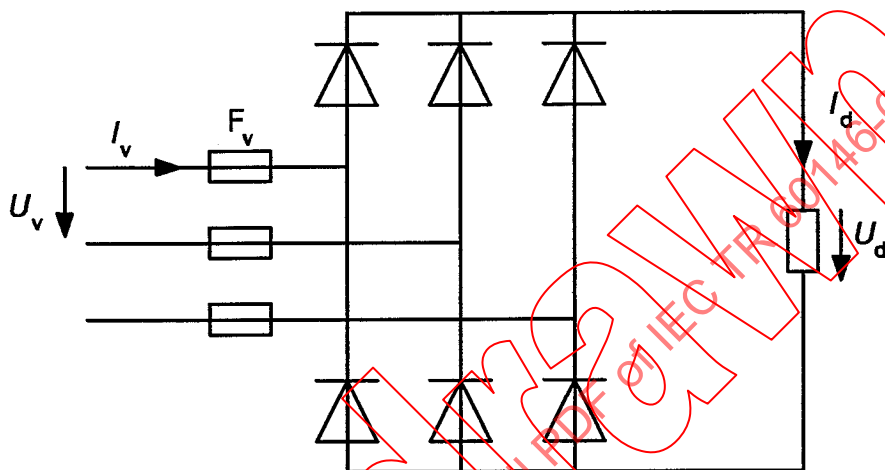
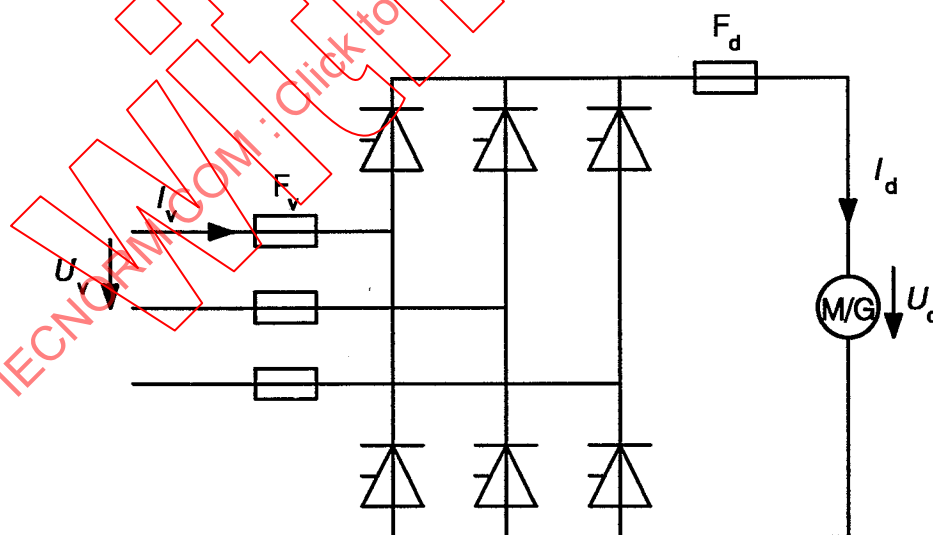


Figure 1 - Three-phase double-way connection with diodes or thyristors with a.c. side fuses F_v for non-regenerative load

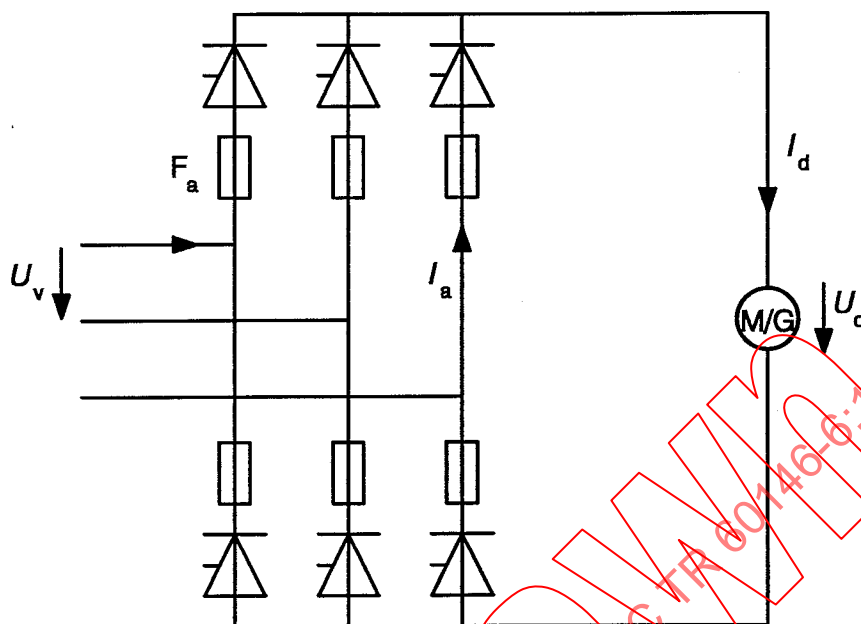
3.1.2. Connection A2: Line fuses, regenerative load



NOTE - U_d may be positive or negative.

Figure 2 - Three phase double-way connection with a.c. side fuses F_v and d.c. side fuse F_d for regenerative load

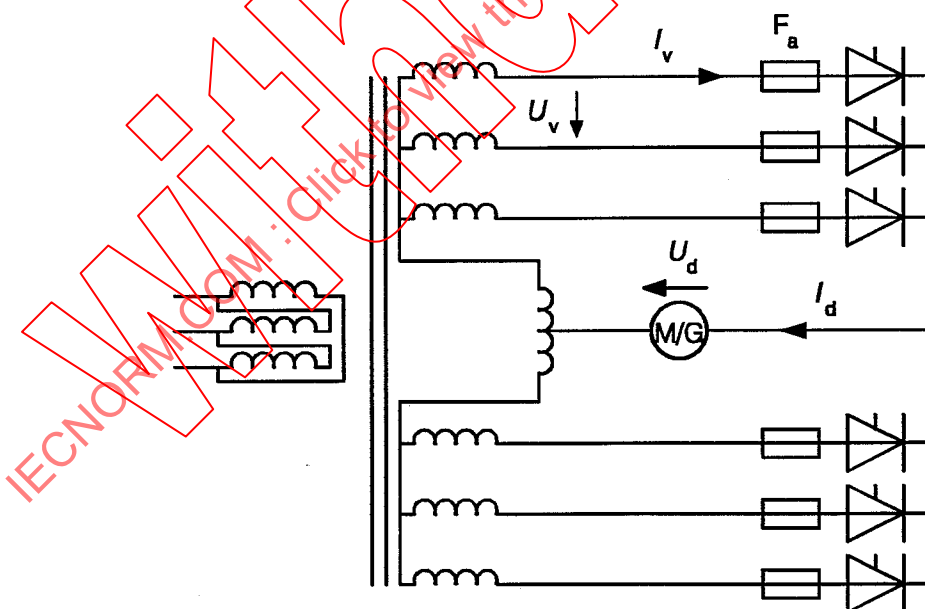
3.1.3. Montage A3: Fusibles de bras, charge sans ou avec régénération



NOTE - U_d peut être positive ou négative.

Figure 3 - Montage triphasé à double voie avec fusibles de bras de pont F_a pour charge avec ou sans régénération

3.2. Montage (B) à simple voie, charge avec ou sans régénération

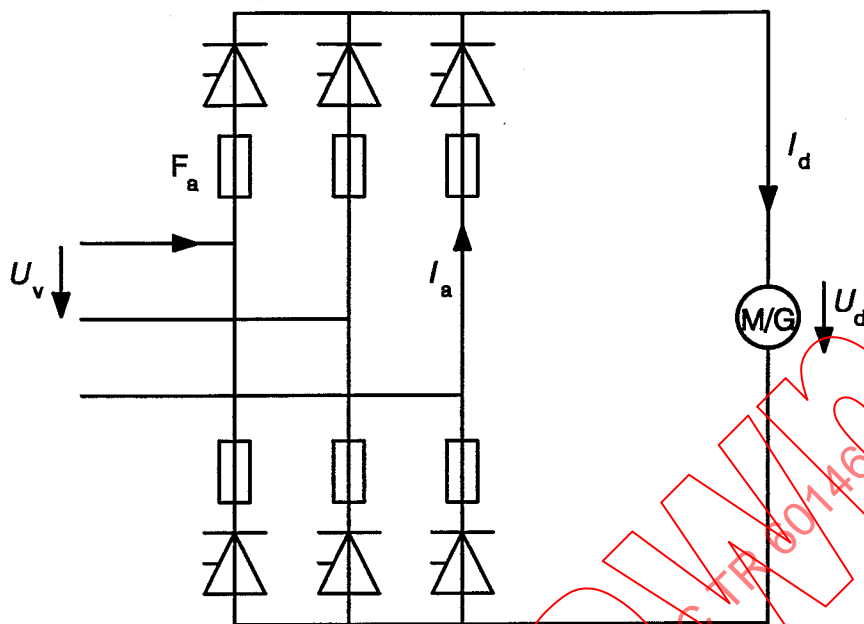


NOTE - U_d peut être positive ou négative.

Figure 4 - Montage triphasé double à simple voie avec transformateur interphase avec fusibles de bras F_a pour charge avec ou sans régénération

NOTE - Les schémas des montages convertisseurs de base dessinés sur les figures 1 ... 4 sont utilisés comme exemples pour illustrer les corrélations et recommandations données dans les articles suivants.

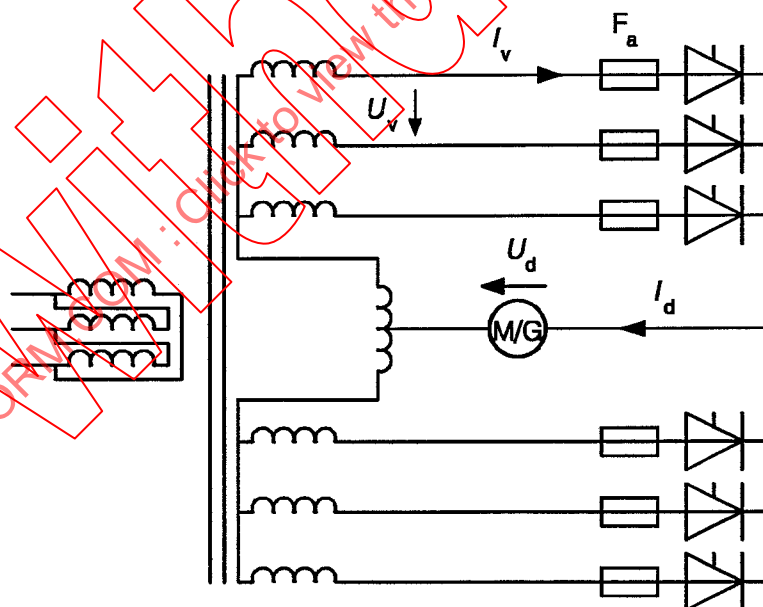
3.1.3. Connection A3: Arm fuses, regenerative or non-regenerative load



NOTE - U_d may be positive or negative.

Figure 3 - Three-phase double-way connection with arm fuses F_a for regenerative or non-regenerative load

3.2 Single-way connection (B), regenerative or non-regenerative load



NOTE - U_d may be positive or negative.

Figure 4 - Double three-phase single-way connection with interphase transformer, with arm fuses F_a for regenerative or non-regenerative load

NOTE - The circuit diagrams of the basic converter connections shown in figures 1 through 4 serves as examples for illustrating the correlations and recommendations given in the following clauses.

3.3. Définitions

3.3.1 *fusible*: Appareil dont la fonction est d'ouvrir, par la fusion d'un ou de plusieurs de ses éléments conçus et calibrés à cet effet, le circuit dans lequel il est inséré en coupant le courant lorsque celui-ci dépasse pendant un temps suffisant une valeur donnée. Le fusible comprend toutes les parties qui constituent l'appareil complet. [VEI 441-18-01]

3.3.2 *caractéristiques assignées*: Ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement d'une machine, d'un appareil ou d'un équipement. [VEI 151-04-04]

NOTE – Les valeurs assignées généralement indiquées pour les fusibles à basse tension sont les suivantes: tension, courant, pouvoir de coupure, puissance dissipée et dissipable, et fréquence, s'il y a lieu. Dans le cas du courant alternatif, la tension assignée et le courant assigné indiqués sont les valeurs efficaces symétriques; dans le cas du courant continu, s'il y a des ondulations, la tension assignée s'entend pour la valeur moyenne, le courant assigné pour la valeur efficace. Sauf indication contraire, ceci s'applique à toute valeur de la tension et du courant. [VEI 151-04-04]

3.3.3 *courant présumé (d'un circuit et relatif à un appareil de connexion ou à un fusible)*: Courant qui circulerait dans le circuit si chaque pôle de l'appareil de connexion ou le fusible était remplacé par un conducteur d'impédance négligeable. [VEI 441-17-01]

Le courant présumé est la grandeur à laquelle se rapportent normalement le pouvoir de coupure et les caractéristiques du fusible, par exemple la caractéristique de $I^2 t$ (voir 3.3.10).

3.3.4 *pouvoir de coupure (d'un appareil de connexion ou d'un fusible)*: Une valeur (en courant alternatif la valeur efficace de la composante alternative) de courant présumé qu'un appareil de connexion ou un fusible est capable d'interrompre sous une tension fixée dans des conditions prescrites d'emploi et de comportement. [VEI 441-17-08]

3.3.5 *zone de coupure*: Zone de courants présumés à l'intérieur de laquelle le pouvoir de coupure d'un fusible est assuré [voir 2.3.5 de la CEI 269-1].

3.3.6 *durée de préarc; durée de fusion*: Intervalle de temps qui s'écoule à partir du moment où commence à circuler un courant suffisant pour provoquer une coupure dans le ou les éléments fusibles jusqu'à l'instant où un arc commence à se former. [VEI 441-18-21]

3.3.7 *durée d'arc (d'un pôle ou d'un fusible)*: Intervalle de temps entre l'instant de début de l'arc sur un pôle ou sur un fusible et l'instant de l'extinction finale de l'arc sur ce pôle ou ce fusible. [VEI 441-17-37]

3.3.8 *durée de fonctionnement*: Somme de la durée de préarc et de la durée d'arc. [VEI 441-18-22]

3.3. Definitions

3.3.1. *fuse*: A device that, by the fusing of one or more of its specially designed and proportioned components, opens the circuit in which it is inserted by breaking the current when this exceeds a given value for a sufficient time. The fuse comprises all the parts that form the complete device. [IEV 441-18-01]

3.3.2. *rating*: The set of rated values and operating conditions.

NOTE - Rated values usually stated for low-voltage fuses are: voltage, current, breaking capacity, actual and allowable power dissipation, and frequency where applicable. In the case of a.c., rated voltage and rated current are stated as r.m.s. symmetrical values; in the case of d.c., when ripple is present, the rated voltage is stated as a mean value, the rated current as an r.m.s. value. The above applies to any value of voltage and current, if not indicated otherwise. [IEV 151-04-04]

3.3.3. *prospective current (of a circuit and with respect to a switching device or a fuse)*: The current that would flow in the circuit if each pole of the switching device or the fuse were replaced by a conductor of negligible impedance. [IEV 441-17-01]

The prospective current is the quantity to which the breaking capacity and characteristics of the fuse are normally referred, for example $I^2 t$ characteristic (see 3.3.10).

3.3.4. *breaking capacity (of a switching device or a fuse)*: A value (for a.c. the r.m.s. value of the a.c. component) of prospective current that a switching device or a fuse is capable of breaking at a stated voltage under prescribed conditions of use and behaviour. [IEV 441-17-08]

3.3.5. *breaking range*: Range of prospective currents, within which the breaking capacity of a fuse is assured. [IEC 269-1, 2.3.5]

3.3.6. *pre-arcing time, melting time*: The interval of time between the beginning of a current large enough to cause a break in the fuse-element(s) and the instant when an arc is initiated. [IEV 441-18-21]

3.3.7. *arcing time (of a pole or a fuse)*: The interval of time between the instant of the initiation of the arc in a pole or a fuse and the instant of final arc extinction in that pole or that fuse. [IEV 441-17-37]

3.3.8. *operating time; total clearing time*: The sum of the pre-arcing time and the arcing time. [IEV 441-18-22]

3.3.9 $I^2 t$; *intégrale de Joule*: Intégrale du carré du courant pour un intervalle de temps donné:

$$I^2 t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

NOTES

- 1 Le $I^2 t$ de préarc est l'intégrale de $I^2 t$ pour la durée de préarc du fusible.
- 2 Le $I^2 t$ de fonctionnement est l'intégrale de $I^2 t$ pour la durée de fonctionnement du fusible.
- 3 L'énergie en joules libérée dans une portion ayant une résistance de un ohm d'un circuit protégé par un fusible est égale à la valeur du $I^2 t$ de fonctionnement exprimée en A²·s. [VEI 441-18-23]

3.3.10 *caractéristique $I^2 t$* : Valeur de $I^2 t$ en fonction du courant présumé ou de la tension ou des deux à la fois, dans des conditions prescrites.

NOTE - Les caractéristiques $I^2 t$ généralement données se rapportent aux durées de préarc et de fonctionnement. [VEI 441-18-24]

3.3.11 *tension d'arc*: Valeur instantanée de la tension apparaissant aux bornes du fusible pendant la durée d'arc.

4. Courants admissibles

4.1. Courant assigné [3.5, 8.4.3.2 et A 3.1 de la CEI 269-4]

Le courant assigné d'un fusible est désigné par le constructeur et contrôlé par l'essai d'échauffement et par un essai de service répétitif dans les conditions normales définies par IEC 269-4.

D'une part, cela signifie que, dans ces conditions normales (température ambiante, dimensions des raccordements, ventilation naturelle par exemple) le fusible est capable de supporter ce courant assigné continu ou alternatif sinusoïdal de fréquence voisine de 50 Hz, jusqu'à sa stabilisation thermique. Sauf indication contraire du constructeur le fusible peut supporter ce courant constant indéfiniment. D'autre part, l'essai de service répétitif prouve que, dans ces mêmes conditions, le fusible supporte 100 cycles d'essai comportant chacun une période de marche de 0,1 fois le temps conventionnel au courant assigné et une période d'arrêt de même durée.

NOTE - Le temps conventionnel est voisin de la durée de stabilisation thermique du fusible. Il est spécifié dans le tableau II de la CEI 269-1, rappelé ci-après.

Tableau 1 - Temps conventionnel

Courant assigné A	Temps conventionnel h
$I_N \leq 63$	1
$63 < I_N \leq 160$	2
$160 < I_N \leq 400$	3
$400 < I_N$	4

Il convient que la valeur du courant assigné soit corrigée par différents facteurs si les conditions d'utilisation sont différentes des conditions normales de service définies par la CEI 269-4. Les paragraphes 5.2, 5.3 et 5.5 donnent de plus amples informations.

3.3.9. $I^2 t$, *Joule integral*: The integral of the square of the current over a given time interval:

$$I^2 t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

NOTES

- 1 The pre-arcing $I^2 t$ is the $I^2 t$ integral extended over the pre-arcing time of the fuse.
- 2 The operating $I^2 t$ is the $I^2 t$ integral extended over the operating time of the fuse.
- 3 The energy in joules released in one ohm of resistance in a circuit protected by a fuse is equal to the value of the operating $I^2 t$ expressed in $A^2 \cdot s$. [IEV 441-18-23]

3.3.10. $I^2 t$ *characteristic*: The value of $I^2 t$ under prescribed conditions as a function of prospective current and/or voltage.

NOTE - The $I^2 t$ characteristics generally stated relate to pre-arcing or operating periods. [IEV 441-18-24]

3.3.11. *arc voltage*: The instantaneous value of the voltage that appears across the terminals of a fuse during the arcing time.

4. Current carrying capability

4.1. Rated current [3.5, 8.4.3.2, and A.3.1 of IEC 269-4]

The rated current of a fuse is assigned by the manufacturer and verified by the temperature rise test and by the repetitive duty test in normal conditions as defined in IEC 269-4.

This means that, in normal conditions (for example, ambient temperature, dimensions of connections, natural cooling), the fuse is able to withstand this rated d.c. or a sinusoidal a.c. current of frequency close to 50 Hz until a steady temperature is reached. If not indicated otherwise by the manufacturer, the fuse can withstand this current indefinitely. Alternatively, the repetitive duty test shows that, in the same conditions, the fuse withstands 100 test cycles, each consisting of an "on" period of 0,1 times the conventional time at rated current and an "off" period of the same duration.

NOTE - The conventional time is close to the time needed to reach thermal equilibrium of the fuse. It is specified in table II of IEC 269-1, reproduced hereafter.

Table 1 - Conventional time

Rated current A		Conventional time h
	$I_N \leq 63$	1
	$63 < I_N \leq 160$	2
	$160 < I_N \leq 400$	3
	$400 < I_N$	4

The value of the rated current should be corrected by several factors if the service conditions are different from the normal service conditions defined in IEC 269-4. See also 5.2, 5.3 and 5.5 for further information.

4.2. Courant assigné à utiliser pour un service continu

Lorsque le fusible doit être parcouru par un courant permanent, la valeur efficace est calculée sur la base d'un cycle à la fréquence industrielle (45 à 62 Hz) et cette valeur efficace doit rester constante. Sauf indication contraire du constructeur, le courant assigné doit être choisi au moins égal à la valeur efficace du courant en tenant compte, éventuellement, des conditions indiquées dans 4.2.1 à 4.2.4.

4.2.1. Température ambiante

Si la température ambiante dépasse 40 °C un coefficient correcteur spécifié par le constructeur devra être appliqué pour obtenir le courant assigné du fusible à utiliser.

4.2.2. Conditions de raccordement et d'environnement

Une partie de la puissance perdue dans le fusible est dissipée par les connexions au circuit extérieur. Si les fusibles sont branchés selon le montage d'essai conventionnel (voir par exemple, 8.3.1 figure 2a de la CEI 269-4), c'est-à-dire directement sur les barres et si les connexions en cuivre ont une section telle que la densité de courant est supérieure à 1,6 A/mm², un facteur de déclassement donné par le constructeur doit être appliqué. Il est utile de donner un facteur de déclassement en fonction du pourcentage de réduction de la section. Le même facteur est appliqué aux fusibles destinés à être utilisés dans des socles, si la section des conducteurs est inférieure aux valeurs données au tableau 2 ci-après.

Si les conducteurs sont connectés à une source de chaleur, thyristor ou diode par exemple, un fusible de courant assigné supérieur doit être utilisé.

Des conditions favorables telles que des radiateurs refroidis à l'eau ou une ventilation forcée peuvent conduire à utiliser un courant assigné plus faible du fusible. En cas de ventilation forcée, il convient qu'un facteur de correction (dépendant de la vitesse d'air) donné par le constructeur, soit appliqué pour obtenir le calibre du fusible à utiliser.

Dans les autres cas, il convient que le constructeur soit consulté.

**Tableau 2 - Sections des conducteurs en cuivre pour les essais
selon 8.3 et 8.4 de la CEI 269-1**

Courant assigné A	Section mm ²	Courant assigné A	Section mm ²
2	1	80	25
4	1	100	35
6	1	125	50
8	1,5	160	70
10	1,5	200	95
12	1,5	250	120
16	2,5	315	185
20	2,5	400	240
25	4	500	2x150 or 2x(30x5)*
32	6	630	2x185 or 2x(40x5)*
40	10	800	2x240 or 2x(50x5)*
50	10	1000	2x(60x5)*
63	16	1250	2x(80x5)*

* Sections recommandées pour les fusibles destinés à être raccordés à des barres de cuivre. La nature et la disposition des connexions doivent être précisées dans les procès verbaux d'essai. Pour les barres peintes en noir mat, la distance entre les deux barres parallèles d'un même pôle sera de 5 mm environ.

NOTE - Les valeurs du tableau 2 ainsi que les limites d'échauffement fixées en 7.3 tableau IV de la CEI 269-1 sont des conventions valables pour l'essai d'échauffement spécifié en 8.3.4. Un fusible utilisé ou essayé dans des conditions

4.2. Rated current to be used for continuous duty (see A3.2 of IEC 269-4)

When the fuse is intended to carry a continuous current, the r.m.s. value is first calculated on a one-cycle basis at power frequency (45 to 62 Hz), and this r.m.s. value shall remain constant. Unless otherwise indicated by the manufacturer, the rated current shall be chosen at least equal to the r.m.s. value of the current, taking into account, if necessary, the conditions stated in 4.2.1 to 4.2.4.

4.2.1. Ambient temperature

If the ambient temperature reaches more than 40 °C, a correcting factor given by the manufacturer should be applied to obtain the rated current of the fuse to be used.

4.2.2. Mounting and surrounding conditions

A part of the fuse power losses is dissipated through the connections to the external circuit. If the fuses are mounted analogous to the conventional test arrangement (for example see 8.3.1 and figure 2 of IEC 269-4), i.e. directly onto the busbars, and if the copper connections have a cross-section in which the current density is greater than 1,6 A/mm², a derating factor given by the manufacturer should be applied. It is useful to give the derating factor as a function of the percentage of the cross-section reduction. The same factor is applied to fuses intended to be used in fuse-bases, if the cross-section of the connections is smaller than the values laid down in table 2 hereafter.

If the connections are connected to a heating source, for example a thyristor or diode, a fuse with a greater rated current shall be used.

Some favourable conditions such as water-cooled heatsink or forced air-cooling can lead to the use of a fuse with lower rated current. In the case of forced air-cooling, a correction factor (depending on the air speed) given by the manufacturer should be applied to obtain the rated current of the fuse to be used.

In other cases the manufacturer should be consulted.

Table 2 - Cross-sectional area of copper conductors for tests corresponding to 8.3 and 8.4 of IEC 269-1

Rated current A	Cross-sectional area mm ²	Rated current A	Cross-sectional area mm ²
2	1	80	25
4	1	100	35
6	1	125	50
8	1,5	160	70
10	1,5	200	95
12	1,5	250	120
16	2,5	315	185
20	2,5	400	240
25	4	500	2x150 or 2x(30x5)*
32	6	630	2x185 or 2x(40x5)*
40	10	800	2x240 or 2x(50x5)*
50	10	1000	2x(60x5)*
63	16	1250	2x(80x5)*

* Recommended cross-sectional areas for fuses designed to be connected to copper bars. The type and arrangement of connections used should be stated in the test report. For matt black painted bars, the distance between two parallel bars of the same polarity should be approximately 5 mm.

NOTE - The values given in table 2 as well as the temperature rise limits fixed in 7.3, table IV of IEC 269-1, should be considered as a convention that is valid for the temperature rise test specified in 8.3.4 of IEC 269-1. A fuse used or tested

correspondant à celles d'une installation réelle déterminée peut avoir des connexions dont le type, la nature et la disposition seront différents de ceux adoptés pour l'essai. Par conséquent, une limite d'échauffement différente peut en résulter, être demandée ou acceptée.

4.2.3. *Semiconducteurs en parallèle*

Il convient que le calcul de courant dans chaque semiconducteur tienne compte du coefficient d'inégale répartition dans les semiconducteurs en parallèle.

4.2.4. *Courant pulsé ou courant à basse fréquence*

Le temps de réponse thermique de l'élément fusible peut-être si faible qu'il ne soit pas admissible qu'un fonctionnement dans les conditions s'écartant sensiblement du courant sinusoïdal puisse être estimé sur la base de la valeur efficace du courant. Cela s'applique en particulier à des fréquences de valeurs moins élevées ou lorsque le courant présente des pointes importantes alternant avec des intervalles considérables de valeurs de courant insignifiantes. Il convient que le constructeur soit alors consulté.

4.3. *Courant assigné à utiliser en service répétitif*

L'essai de service répétitif (suivant la CEI 269-4) décrit en 4.1 montre que le fusible peut supporter 100 cycles marche-arrêt au courant assigné dans les conditions normales de fonctionnement.

Comme les conclusions basées sur cet essai ne sont pas suffisantes pour les applications avec les arrêts fréquents, il convient que le constructeur donne le facteur de correction à employer.

Ce facteur est basé sur les conditions de service suivant lesquelles une durée de vie illimitée (> 10 000 cycles) devrait être obtenue. Cela évite le vieillissement du fusible suivi d'une fusion inopportune.

4.4. *Courbe de surcharge du fusible [5.6.4 et 8.4.3.4 de la CEI 269-4]*

4.4.1. *Capacité de surcharge vérifiée*

Il convient que le constructeur indique les coordonnées des points le long de la caractéristique temps-courant de fusion du fusible pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée (voir X et Y de la figure 5) selon la procédure suivante.

Dans les conditions d'essai normalisées, le fusible est soumis à 100 cycles de charge, chaque cycle ayant une durée totale égale à 0,2 fois le temps conventionnel. La partie du cycle pendant laquelle le courant passe est telle que la valeur du courant et sa durée correspondant aux coordonnées du point de capacité de surcharge à vérifier. Le courant est interrompu pendant le reste du cycle. A la suite de l'essai les caractéristiques du fusible ne doivent pas avoir subi de changements sensibles.

La courbe de surcharge conventionnelle est fondée sur 100 cycles de charge. L'expérience pratique a montré que dans plusieurs cas la capacité de surcharge fondée sur 100 cycles ne garanti pas un fonctionnement prolongé et fiable du fusible. Pour assurer ceci, le courant nominal du fusible doit être augmenté par un facteur empirique.

Il convient que le constructeur spécifient les facteurs de surcharge pour un nombre de cycles sensiblement plus grand que 100 (> 10 000) et si les facteurs sont pris en considération dans les courbes de surcharge.

according to conditions that correspond to a given installation may have connections of a type, nature and dispositions that are different from these test conditions. In consequence, another temperature rise limit may result, be required or accepted.

4.2.3. *Semiconductors in parallel*

The current in each semiconductor shall be calculated, taking into account the unbalance factor in the parallel semiconductors.

4.2.4. *Pulsed current or low frequency current*

The thermal response time of the fuse element may be so short that it cannot be assumed that operation under conditions that deviate significantly from sinusoidal current can be estimated on the basis of the r.m.s. current alone. This is so, in particular, at lower frequency values and when the current presents salient peaks separated by appreciable intervals of insignificant current. The manufacturer should then be consulted.

4.3. *Rated current to be used for repetitive duty*

The repetitive duty test in 4.1 (according to IEC 269-4) shows that the fuse can withstand 100 "on-off" cycles at the rated current under normal operating conditions.

Because the conclusions based on this test are not sufficient for applications with frequent periods of zero current, the manufacturer should give the correcting factor to be applied.

This factor should ensure unlimited life duration (>10 000 cycles) under specified service conditions (those required by the application under consideration) by preventing ageing and possible consequent fuse melting.

4.4. *Overload curve of the fuse [5.6.4 and 8.4.3.4 of IEC 269-4]*

4.4.1. *Verified overload capability*

The manufacturer should give the co-ordinates, in terms of time and current, of the operating points (see X and Y of figure 5) for which the overload capability has been verified according to the following procedure.

In standard test conditions, the fuse is submitted to 100 load cycles, each cycle having a total duration of 0,2 times the conventional time. The "on" period has a current value and a duration corresponding to the co-ordinates of the overload capability to be verified. The "off" period forms the rest of the cycle. After this test the fuse characteristics should not have significantly changed.

The conventional overload curve is based on 100 duty cycles. Field experience has shown that in many cases the overload capacity based on the 100 duty cycles does not guarantee long-lasting and reliable operation of the fuse. To ensure this, the nominal current of the fuse has to be increased by an empirical factor.

Fuse manufacturers should specify overload factors for a number of duty cycles significantly greater than 100 (>10 000 cycles) and whether these factors are included in the overload curves.

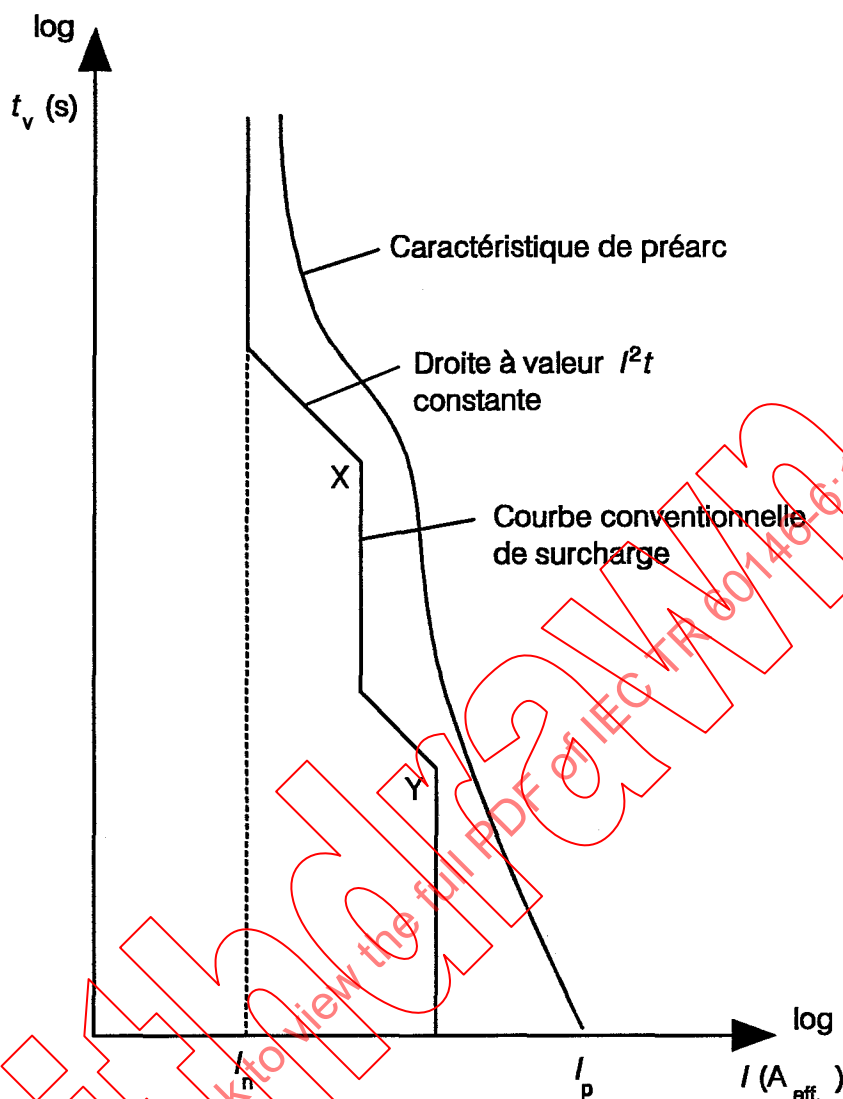


Figure 5 - Courbe conventionnelle de surcharge (exemple) (X et Y sont des points correspondant à une capacité de surcharge vérifiée)

4.4.2. Courbe conventionnelle de surcharge

La courbe conventionnelle de surcharge est composée de segments de droites passant par les points pour lesquels la capacité de surcharge a été vérifiée. A partir de chacun de ces points, deux demi-droites sont tracées:

- l'une dirigée dans le sens des temps décroissants et parallèle à l'axe des ordonnées;
- l'autre dirigée dans le sens des temps croissants et passant par les points à valeur de $I^2 t$ constante.

Cette suite de segments de droites se terminant sur la demi-droite représentant le courant assigné constitue la courbe conventionnelle de surcharge (voir figure 5). La précision de cette courbe augmente avec le nombre de points à capacité de surcharge vérifiée.

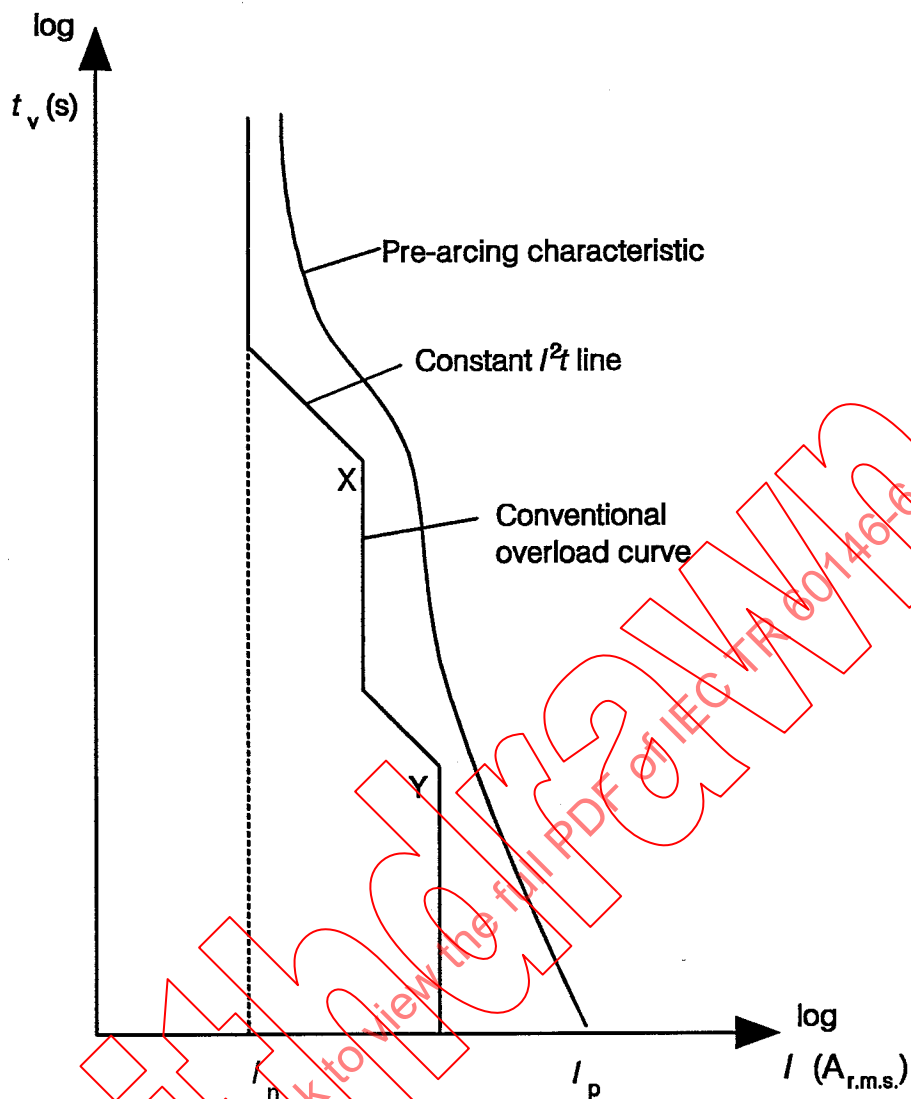


Figure 5 - Conventional overload curve (example) (X and Y are points of verified overload capability)

4.4.2. Conventional overload curve

The conventional overload curve is formed by straight-line sections emanating from the co-ordinate points of verified overload capability. From each set of co-ordinate points, two lines are drawn:

- one from the verified point and following points of constant values of current towards shorter times;
- the other from the verified point and following points of constant values of $I^2 t$ towards longer times.

These line sections, ending at the line representing rated current, form the conventional overload curve (see figure 5). The accuracy of the curve increases with the number of the verified overload capability points.

4.5. *Courant assigné à utiliser en cas de fonctionnement en surcharge [annexe A; A.3.4 de la CEI 269-4]*

Il convient que la surcharge réelle du le fusible soit comparée à la courbe conventionnelle de surcharge. Etant donné que la surcharge réelle ne présente que rarement la même fonction de temps que la surcharge conventionnelle, elle doit être transformée en une surcharge conventionnelle équivalente comme suit:

- la valeur crête de la surcharge réelle est prise égale à la valeur de crête de la surcharge conventionnelle équivalente;

- la durée de la surcharge conventionnelle équivalente doit être telle que son $I^2 t$ devienne égal au $I^2 t$ de la charge réelle intégré sur un temps égal à 0,2 fois le temps conventionnel du fusible (voir tableau 1).

Toute valeur de charge de durée voisine de 0,2 fois le temps conventionnel doit être considérée comme une charge continue en ce qui concerne le fusible.

La surcharge conventionnelle définie ci-dessus doit être située à gauche de la courbe conventionnelle de surcharge du fusible. Cependant, puisque la vérification de la capacité de surcharge est fondée sur 100 cycles de surcharge, les cas de surcharge répétitive qui se rencontrent dans la pratique nécessitent, le cas échéant, l'application d'un facteur de réduction. Il y a lieu de demander l'avis du constructeur.

De plus, les conditions particulières peuvent être prises en compte, par exemple: température ambiante, raccordements etc., considérées en 4.2.

5. Capacité en tension

5.1. Tension assignée

La tension assignée d'un fusible est une valeur de tension sinusoïdale appliquée à fréquence assignée (ou dans certains cas de tension continue), déterminée par le constructeur pour servir de référence aux essais de type de la CEI 269-4. Ceci signifie que, dans les conditions spécifiées par la CEI 269-4 et dans les limites précisées par le constructeur (pouvoir de coupure par exemple), le fusible est capable de couper un circuit sous cette tension assignée.

5.2. Tensions de défaut

La tension appliquée en service est la tension qui, dans le circuit de défaut, provoque le courant de défaut. Elle dépend de la configuration du circuit et du type de défaut. Elle n'est pas toujours égale à la tension à vide U_{v0} . Pour la définir on doit considérer les différents cas suivants :

- défauts se produisant dans un convertisseur sans régénération.
- défauts se produisant dans un convertisseur avec régénération.

4.5. *Rated current to be used in case of overload operation [Appendix A, A.3.4 of IEC 269-4]*

The actual overload of the fuse should be compared to the conventional overload curve. As the actual overload rarely shows the same function of time as the conventional overload, it has to be transformed into an equivalent conventional overload as follows:

- the maximum value of the actual overload is equated to the maximum value of an equivalent conventional overload;
- the duration of the equivalent conventional overload shall be such that its $I^2 t$ becomes equal to the $I^2 t$ of the actual load integrated over a time of 0,2 times the conventional time of the fuse (see table 1).

Any value of load that approaches 0,2 times the conventional time shall be considered to be a continuous load with respect to the fuse.

The conventional overload defined above shall be located on the left side of the conventional overload curve of the fuse. However, as the verification of the overload capability is based on 100 overload cycles, the practical cases of repetitive overload may necessitate a derating. The manufacturer's advice should be sought.

The special conditions considered in 4.2 should also be taken into account, for example: ambient temperature, connections, etc.

5. Voltage capacity

5.1. Rated voltage

The rated voltage of a fuse is a value of the sinusoidal applied voltage of rated frequency (or in some cases d.c. voltage), assigned by the manufacturer as a useful reference for type tests of IEC 269-4. This means that, in the conditions specified by IEC 269-4 and within limits specified by the manufacturer (breaking capacity for example), the fuse is capable of breaking a circuit under this rated voltage.

5.2. Voltages at fault

The applied voltage in service is the voltage that, in the fault circuit, causes the fault current to flow. It depends upon the type of connection and the type of fault. It is not always equal to the open circuit voltage U_{v0} . To define it, the following different cases shall be considered:

- faults produced in a non-regenerative convertor.
- faults produced in a regenerative convertor.

5.2.1. Mode sans régénération

Dans les montages à double voie A1 (3.1.1) et A3 (3.1.3) avec charge sans régénération, la tension appliquée aux fusibles en fonctionnement est égale à la tension à vide entre phases U_{v0} . Il y a donc lieu d'utiliser généralement un fusible dont la tension assignée alternative est au moins égale à U_{v0} . Cela s'applique également au montage à simple voie B (3.2).

De plus, lorsque l'installation alimente des charges capables de fournir un courant de défaut inverse (f.é.m.), ou lorsque plusieurs sources sont connectées en parallèle sur la même charge, on doit vérifier le pouvoir de coupure du fusible en tenant compte de la composante continue.

5.2.2. Mode avec régénération

Les mêmes tensions que celles considérées en 5.2.1 peuvent être appliquées au fusible. Il faut en plus prendre en compte les deux types de défauts suivants particulièrement contraignants pour le fusible.

5.2.2.1. Décrochage

Le décrochage (voir figure 6), lors du fonctionnement en onduleur, est tel que la tension appliquée est égale à la somme de la tension continue de la charge U_{d0} , fonctionnant comme une source de courant, et de la tension alternative U_{v0} (dans les montages A2, A3 et B, voir figure 7).

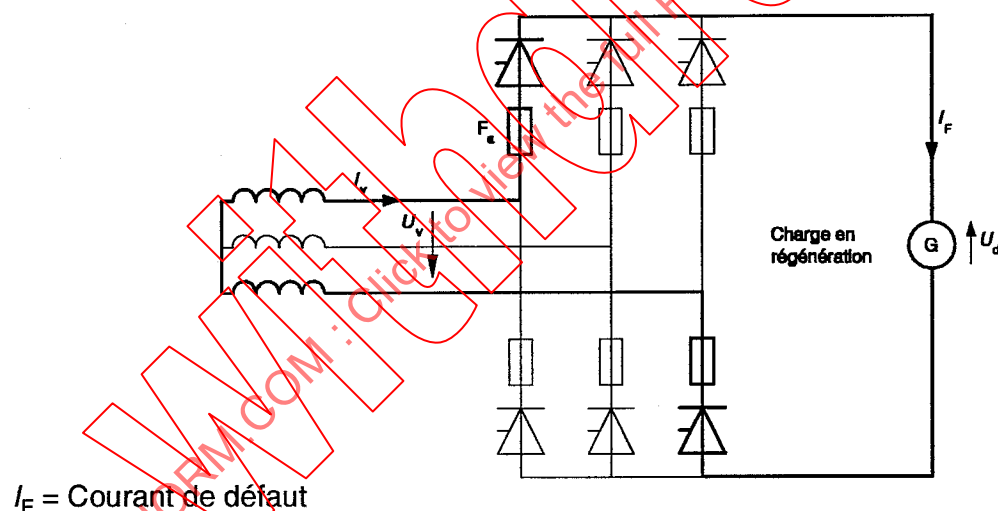


Figure 6 - Circuit du défaut de décrochage

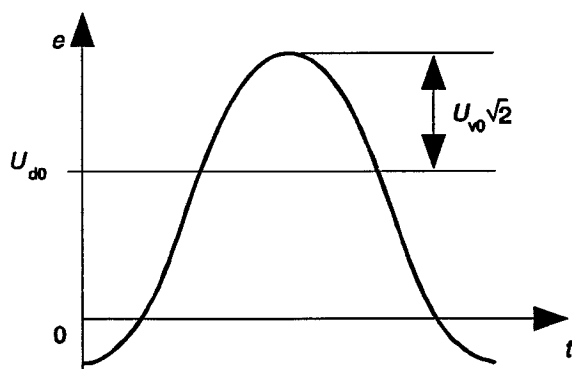


Figure 7 - Tension appliquée au fusible lorsqu'il coupe un défaut de décrochage

5.2.1. Non-regenerative mode

In the double-way connections A1 (3.1.1) and A3 (3.1.3) with non-regenerative load, the voltage applied to the operating fuses is equal to the no-load voltage between phases U_{v0} . It is therefore generally necessary to use a fuse whose a.c. rated voltage is at least equal to U_{v0} . This also applies to the single-way connection B (3.2).

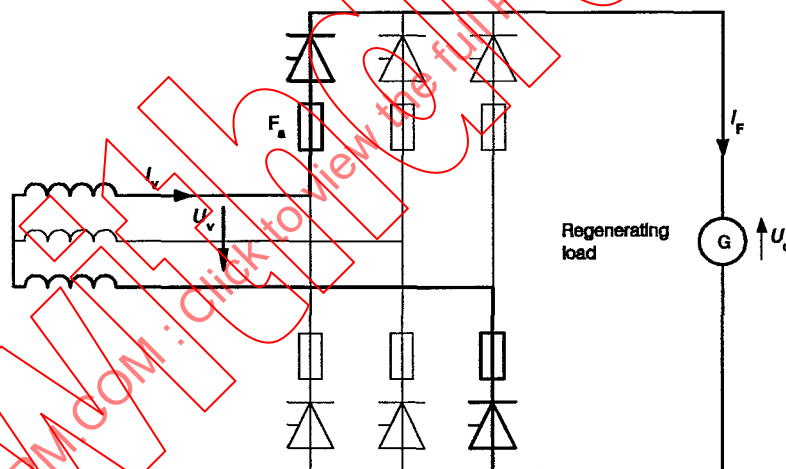
Moreover, when the convertor feeds loads capable of supplying a reverse fault current (e.m.f.) or when several sources are connected in parallel on the same load, the breaking capacity of the fuse shall be verified taking into account the d.c. component.

5.2.2. Regenerative mode

The same voltages as those considered in 5.2.1 can be applied to the fuse. In addition, it is necessary to take into account the two following types of fault particularly constraining for the fuse.

5.2.2.1. Conduction-through

The conduction-through (or shoot-through) fault (see figure 6), during inverter operation, is such that the applied voltage is equal to the sum of the d.c. load voltage U_{d0} , operating as a current source, and the a.c. voltage U_{v0} (in the connections A2, A3 and B, see figure 7).



I_F = Fault current

Figure 6 - Conduction-through fault circuit

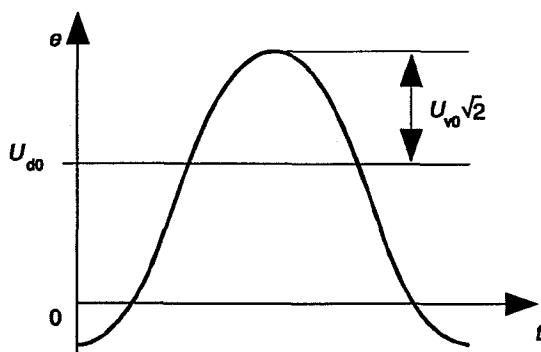
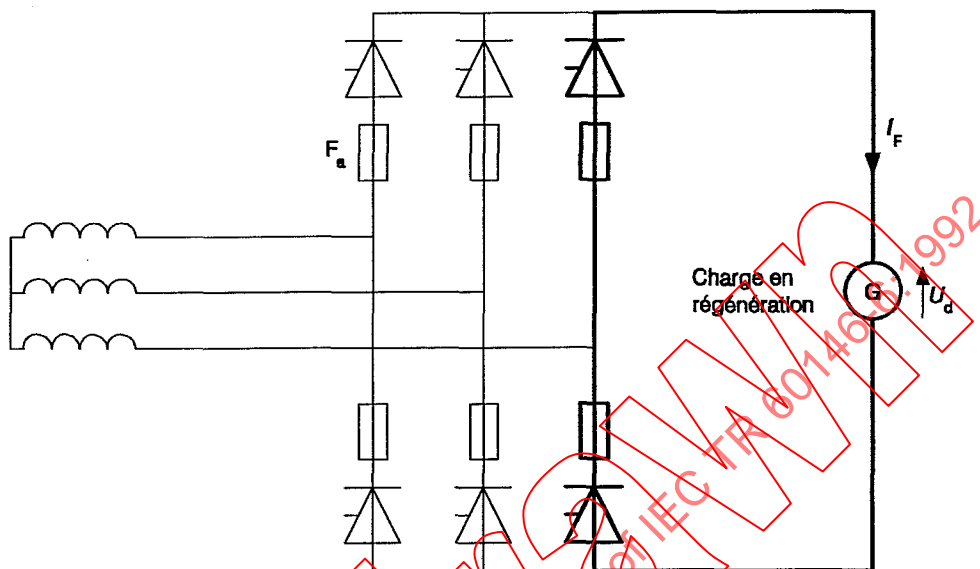


Figure 7 - Voltage applied to the fuse when it clears the conduction-through fault

5.2.2.2. Raté d'allumage

Un raté d'allumage des semiconducteurs dans les montages A2 et A3 fonctionnant en onduleur peut aussi provoquer un court-circuit en courant continu, à travers un bras du pont, sur G fonctionnant comme générateur (voir figure 8).



I_F = Courant de défaut

Figure 8 - Court-circuit en courant continu

5.2.2.3. Sélection de la tension assignée du fusible

Le fusible doit être capable de fonctionner dans les deux conditions ci-dessus. En pratique, on considère généralement que la tension assignée alternative du fusible doit être supérieure à

$$U_{v0} + U_{d0}/\sqrt{2}$$

dans les montages A2 et A3 ou

$$U_{v0}/\sqrt{3} + U_{d0}/\sqrt{2}$$

dans le montage B.

Toutefois, il convient de consulter le constructeur. On doit également vérifier que le fusible peut couper U_{d0} dans les montages A2, A3 et B avec la constante de temps du circuit de défaut, dans le cas d'une charge avec régénération.

NOTES

- 1 U_{v0} = valeur efficace de la tension à vide entre phases.
- 2 U_{d0} = valeur de la tension continue à vide.
- 3 Dans le cas du mode avec régénération, la valeur de U_{d0} à prendre en compte est la tension continue à vide au début d'arc du fusible, considérant que la vitesse du moteur décroît éventuellement pendant la durée de préarc.
- 4 Dans les montages A2 et A3, la formule ci-dessus considère qu'un seul fusible intervient, ce qui peut être le cas pour un faible courant présumé de défaut ou pour un raté d'allumage d'un seul composant dans un montage en parallèle.