

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61800-1

Première édition
First edition
1997-12

**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**

Adjustable speed electrical power drive systems –

**Part 1:
General requirements – Rating specifications
for low voltage adjustable speed d.c. power
drive systems**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61800-1: 1997

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

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 dans le Catalogue 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**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

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.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

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 in the IEC catalogue.

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**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

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.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61800-1

Première édition
First edition
1997-12

**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**

Adjustable speed electrical power drive systems –

**Part 1:
General requirements – Rating specifications
for low voltage adjustable speed d.c. power
drive systems**

© IEC 1997 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XD**

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application et objet.....	8
1.2 Références normatives	8
1.3 Symboles	12
2 Définitions	14
2.1 Système.....	14
2.2 Convertisseurs	20
2.3 Caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'entraînement.....	22
2.4 Paramètres d'entrée de l'équipement variateur (CDM), du variateur (BDM), et du convertisseur.....	26
2.5 Paramètres de sortie de l'équipement variateur (CDM), du variateur (BDM), et du convertisseur.....	30
2.6 Circuits et éléments du convertisseur	34
2.7 Moteurs	34
2.8 Contrôle – Asservissements	36
3 Caractéristiques fonctionnelles	36
3.1 Fonctionnement	36
3.2 Traitement des défauts	38
3.3 Indications d'état minimales requises	38
3.4 Signaux d'entrées/sorties (E/S)	38
4 Conditions de service.....	38
4.1 Fonctionnement et installation	38
4.1.1 Conditions électriques de service	38
4.1.2 Conditions d'environnement de service.....	46
4.1.3 Conditions inhabituelles d'environnement de service.....	48
4.1.4 Installation, mise en service et fonctionnement	48
4.2 Magasinage de l'équipement	48
4.2.1 Conditions climatiques.....	48
4.2.2 Risques particuliers de magasinage	50
4.3 Transport	50
4.3.1 Conditions climatiques.....	50
4.3.2 Conditions climatiques inhabituelles	50
4.3.3 Conditions mécaniques	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 General	9
1.1 Scope and object	9
1.2 Normative references	9
1.3 Symbols	13
2 Definitions	15
2.1 System	15
2.2 Converters	21
2.3 Drive system operating characteristics	23
2.4 CDM, BDM and converter input parameters	27
2.5 CDM, BDM and converter output parameters	31
2.6 Converter circuitry and circuit elements	35
2.7 Motors	35
2.8 Control systems	37
3 Functional features	37
3.1 Operational	37
3.2 Fault supervision	39
3.3 Minimum status indication required	39
3.4 I/O devices	39
4 Service conditions	39
4.1 Installation and operation	39
4.1.1 Electrical service conditions	39
4.1.2 Environmental service conditions	47
4.1.3 Unusual environmental service conditions	49
4.1.4 Installation, commissioning and operation	49
4.2 Storage of equipment	49
4.2.1 Climatic conditions	49
4.2.2 Specific storage hazards	51
4.3 Transportation	51
4.3.1 Climatic conditions	51
4.3.2 Unusual climatic conditions	51
4.3.3 Mechanical conditions	53

Articles	Pages
5 Caractéristiques assignées	52
5.1 Caractéristiques assignées en entrée du BDM	52
5.2 Caractéristiques assignées en sortie du BDM	54
5.3 Rendement et pertes	58
5.4 Ondulation	58
5.5 Transformateurs et bobines d'inductance	60
6 Prescriptions de performances	60
6.1 Performances en régime établi	60
6.2 Performances dynamiques	64
6.3 Arrêt et ralentissement par freinage rhéostatique	64
6.4 Autres prescriptions de performances	66
7 Essais	68
7.1 Classification des essais	68
7.2 Exécution des essais	70
7.3 Essais des constituants séparés	70
7.4 Essais d'un entraînement	74
8 Documentation du produit	88
8.1 Marquage	88
8.2 Documentation à fournir avec l'entraînement ou le CDM/BDM	88
9 Sécurité et plaques indicatrices d'avertissement	90
9.1 Plaques indicatrices	90
9.2 Sécurité et nature d'un entraînement (PDS)	92
Annexes	
A Compléments côté moteur	94
B Compléments côté réseau	108
C Equipements auxiliaires	138
D Stratégies de commande	144
E Protection	178
F Topologies	188
G Caractéristiques de surveillance	200

Clause	Page
5 Ratings.....	53
5.1 BDM input ratings.....	53
5.2 BDM output ratings	55
5.3 Efficiency and losses.....	59
5.4 Ripple	59
5.5 Transformers and reactors	61
6 Performance requirements.....	61
6.1 Steady-state performance	61
6.2 Dynamic performance	65
6.3 Dynamic braking and dynamic slowdown	65
6.4 Other performance requirements.....	67
7 Tests	69
7.1 Classification of tests	69
7.2 Performance of tests	71
7.3 Items of separate device tests	71
7.4 Items of power drive system tests.....	75
8 Product information	89
8.1 Marking.....	89
8.2 Information to be supplied with the PDS or CDM/BDM	89
9 Safety and warning labels	91
9.1 Warning labels	91
9.2 Safety and nature of a PDS	93
 Annexes	
A Motor considerations	95
B Line-side considerations	109
C Auxiliary equipment	139
D Control strategies	145
E Protection	179
F Topologies.....	189
G Monitoring features	201

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

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, 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 de la présente Norme internationale 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 Norme internationale CEI 61800-1 a été établie par le sous-comité d'études 22G: Convertisseurs à semi-conducteurs pour les systèmes d'entraînement électriques à vitesse variable, du comité d'études 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22G/39/FDIS	22G/42/RVD

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

Les annexes A, B, C, D, E, F et G sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –

Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems

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 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 International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61800-1 has been prepared by subcommittee 22G: Semiconductor power converters for adjustable speed electric drive systems, of IEC technical committee 22: Power electronics.

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

FDIS	Report on voting
22G/39/FDIS	22G/42/RVD

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

Annexes A, B, C, D, E, F, and G are for information only.

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

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61800 s'applique aux entraînements à vitesse variable à courant continu d'usage général, incluant les équipements de conversion de puissance, de contrôle ainsi que le ou les moteurs. La traction et les véhicules électriques sont exclus.

Elle s'applique aux entraînements de puissance à vitesse variable (PDS) connectés à un réseau dont la tension de ligne va jusqu'à 1 kV alternatif, 50 Hz ou 60 Hz.

Les aspects CEM sont traités dans la CEI 61800-3

La présente partie de la CEI 61800 définit les caractéristiques des convertisseurs et leurs relations au système d'entraînement à courant continu complet. Elle définit également les exigences de performance en termes de caractéristiques assignées, de conditions normales de fonctionnement, de conditions de surcharge, de tenue aux dépassements transitoires, de stabilité, de protection, de mise à la terre du réseau alternatif et d'essais. De plus, elle traite de règles d'application par exemple relatives aux stratégies de commande, aux diagnostics ou aux topologies.

La présente partie de la CEI 61800 a pour but de définir un entraînement (PDS) à courant continu complet par ses caractéristiques de fonctionnement et non par les différents éléments fonctionnels des sous-ensembles.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61800. 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 la présente partie de la CEI 61800 sont invitées 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 60034-1: 1994, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60034-2: 1972, *Machines électriques tournantes – Partie 2: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)*

CEI 60034-9: 1990, *Machines électriques tournantes – Partie 9: Limites du bruit*

CEI 60038: 1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050 (111): 1996, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 111: Physique et chimie*

CEI 60050 (151): 1978, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –

Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems

1 General

1.1 Scope and object

This part of IEC 61800 applies to general purpose adjustable speed d.c. drive systems which include the power conversion, control equipment, and also a motor or motors. Excluded are traction and electrical vehicle drives.

It applies to power drive systems (PDS) connected to line voltages up to 1 kV a.c., 50 Hz or 60 Hz.

EMC aspects are covered in IEC 61800-3.

This part of IEC 61800 gives the characteristics of the converters and their relationship with the complete d.c. drive system. It also states their performance requirements with respect to ratings, normal operating conditions, overload conditions, surge withstand capabilities, stability, protection, a.c. line earthing, and testing. Furthermore, it deals with application guidelines, such as control strategies, diagnostics, and topologies.

This part of IEC 61800 is intended to define a complete d.c. PDS in terms of its performance and not in terms of individual subsystem functional units.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61800. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 61800 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 60034-1: 1994, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-2: 1972, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)*

IEC 60034-9: 1990, *Rotating electrical machines – Part 9: Noise limits*

IEC 60038: 1983, *IEC standard voltages*

IEC 60050 (111): 1996, *International electrotechnical vocabulary (IEV) – Chapter 111: Physics and chemistry*

IEC 60050 (151): 1978, *International electrotechnical vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

CEI 60050 (441): 1984, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60050 (551): *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 551: Electronique de puissance*¹⁾

CEI 60050 (601): 1985, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60076, *Transformateurs de puissance*

CEI 60146-1-1: 1991, *Convertisseurs à semi-conducteurs. Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*

CEI 60146-1-2: 1991, *Convertisseurs à semi-conducteurs. Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-2: Guide d'application*

CEI 60146-1-3: 1991, *Convertisseurs à semi-conducteurs. Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-3: Transformateurs et bobines d'inductance*

CEI 60204-1: 1992, *Equipement électrique des machines industrielles – Partie 1: Règles générales.*

CEI 60364-4-41: 1992, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques*

CEI 60529: 1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60664-1: 1992, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60721-3-1: 1987, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités. Stockage*

CEI 60721-3-2: 1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités. Transport*

CEI 60721-3-3: 1994, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

CEI 61000-2-4: 1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 4: Niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites à basse fréquence*

CEI 61000-4-7: 1991, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 7: Guide général relatif aux mesures d'harmoniques et d'interharmoniques, ainsi qu'à l'appareillage de mesure, applicable aux réseaux d'alimentation et aux appareils qui y sont raccordés*

CEI 61136-1: 1992, *Convertisseurs de puissance à semiconducteurs – Entraînements électriques à vitesse variable – Prescriptions générales – Partie 1: Spécifications de dimensionnement, en particulier pour les entraînements à moteur à courant continu*

CEI 61800-3: 1996, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 3: Norme de produit relative à la CEM incluant des méthodes d'essais spécifiques*

Guide 106 de la CEI: 1989, *Guide pour la spécification des conditions d'environnement pour la fixation des caractéristiques de fonctionnement des matériels*

¹⁾ Deuxième édition, à publier.

IEC 60050 (441): 1984, *International electrotechnical vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050 (551): *International electrotechnical vocabulary (IEV) – Chapter 551: Power electronics¹⁾*

IEC 60050 (601): 1985, *International electrotechnical vocabulary (IEV) – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60076, *Power transformers*

IEC 60146-1-1: 1991, *Semiconductor convertors. Common specifications and line commutated convertors – Part 1-1: Specification of basic requirements*

IEC 60146-1-2: 1991, *Semiconductor convertors. Common specifications and line commutated convertors – Part 1-2: Application guide*

IEC 60146-1-3: 1991, *Semiconductor convertors. Common specifications and line commutated convertors – Part 1-3: Transformers and reactors*

IEC 60204-1: 1992, *Electrical equipment of industrial machines – Part 1: General requirements*

IEC 60364-4-41: 1992, *Electrical installations of buildings of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock*

IEC 60529: 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

IEC 60664-1: 1992, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60721-3-1: 1987, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Storage*

IEC 60721-3-2: 1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Transportation*

IEC 60721-3-3: 1994, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weather protected locations*

IEC 61000-2-4: 1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low frequency conducted disturbances*

IEC 61000-4-7: 1991, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 7: General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

IEC 61136-1: 1992, *Semiconductor power convertors – Adjustable speed electric drive systems – General requirements – Part 1: Rating specifications, particularly for d.c. motor drives*

IEC 61800-3: 1996, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC product standard including specific test methods*

IEC guide 106: 1989, *Guide for specifying environmental conditions for equipment performance rating*

¹⁾ Second edition, to be published.

1.3 Symboles

Le tableau 1 donne la liste des symboles définis ou utilisés dans la présente partie de la CEI 61800.

Le tableau 2 donne la liste des symboles et unités relatifs aux paramètres moteur.

Tableau 1 – Symboles

Paramètre	Symbole	Unité	Définition
Tension assignée du réseau	U_{LN}	V	2.4.1
Fréquence assignée du réseau	f_{LN}	Hz	2.4.2
Tension assignée du convertisseur côté réseau	U_{VN}	V	2.4.3
Intensité assignée du CDM/BDM côté réseau	I_{LN}	A	2.4.4
Intensité assignée d'entrée du convertisseur	I_{VN}	A	2.4.5
Résidu harmonique côté réseau	H_L	V ou A	2.4.6
Taux de distorsion harmonique total côté réseau	THD	%	2.4.8
Facteur de déphasage à l'entrée du convertisseur	$\cos \phi_{V1}$		2.4.9
Facteur de déphasage côté réseau	$\cos \phi_{L1}$		2.4.10
Facteur de puissance total en entrée	λ_L		2.4.11
Courant de court-circuit symétrique maximal	I_{SCM}	A	2.4.12
Rapport de court-circuit	R_{SC}		2.4.12
Courant continu	I_d	A	2.5.1
Courant de sortie assigné permanent	I_{dN}	A	2.5.2
Courant de surcharge (capacité de surcharge)	I_{dM}	A	2.5.3
Tension de sortie assignée	U_{dN}	V	2.5.5
Ondulation de tension	U_{pp}	V	2.5.6
Ondulation de courant	I_{pp}	A	2.5.6
Rendement de l'entraînement	η_D	%	2.5.8
Rendement de l'équipement variateur (CDM)	η_C	%	2.5.8
Vitesse de base	N_0	r/min	2.7.3
Vitesse maximale de fonctionnement	N_M	r/min	
Vitesse minimale de fonctionnement	N_{min}	r/min	
Survitesse de sécurité	N_{smax}	r/min	2.7.4
Couple	M	Nm	
Inertie	J	kgm ² ou Nms ²	

1.3 Symbols

Table 1 lists symbols defined and/or used in this part of IEC 61800.

Table 2 lists symbols and units for motor parameters.

Table 1 – Symbols

Parameter	Symbol	Unit	Definition
Rated system voltage	U_{LN}	V	2.4.1
Rated system frequency	f_{LN}	Hz	2.4.2
Line-side converter rated a.c. voltage	U_{VN}	V	2.4.3
Line-side rated a.c. current of the CDM/BDM	I_{LN}	A	2.4.4
Rated input current of the converter	I_{VN}	A	2.4.5
Line-side harmonic content	H_L	V ou A	2.4.6
Line-side total harmonic distortion	THD	%	2.4.8
Converter input displacement factor	$\cos \phi_{V1}$		2.4.9
Line-side displacement factor	$\cos \phi_{L1}$		2.4.10
Input total power factor	λ_L		2.4.11
Maximum a.c. system, symmetrical short-circuit current	I_{SCM}	A	2.4.12
Short-circuit ratio	R_{SC}		2.4.12
DC current	I_d	A	2.5.1
Rated continuous output current	I_{dN}	A	2.5.2
Overload output current (overload capability)	I_{dM}	A	2.5.3
Rated output voltage	U_{dN}	V	2.5.5
Voltage ripple content	U_{pp}	V	2.5.6
Current ripple content	I_{pp}	A	2.5.6
Efficiency of drive system	η_D	%	2.5.8
Efficiency of CDM	η_C	%	2.5.8
Base speed	N_0	r/min	2.7.3
Maximum operating speed	N_M	r/min	
Minimum operating speed	N_{min}	r/min	
Maximum safe motor speed	N_{Smax}	r/min	2.7.4
Torque	M	Nm	
Inertia	J	kgm ² or Nms ²	

Tableau 2 – Symboles pour les paramètres moteur

Paramètre	Symbole	Unité
Puissance assignée	P_N	kW
Tension d'induit assignée	U_{AN}	V
Courant d'induit assigné	I_{AN}	A
Courant maximal et cycle de charge	I_p	A
Taux maximal d'évolution du courant d'induit	dI_A/dt	As ⁻¹
Ondulation maximale du courant d'induit	I_{ppM}	A
Inductance d'induit	L_A	H
Résistance d'induit	R_A	Ω
Tension d'excitation assignée à chaud	U_{FN}	V
Courant d'excitation	I_{FN}	A
Courant d'excitation à vitesse maximale	I_{FNm}	A
Inductance d'excitation	L_F	H
Résistance d'excitation	R_F	Ω
Vitesse de base	N_0	r/min (note 1)
Vitesse maximale	N_M	r/min
Survitesse de sécurité	N_{smax}	r/min
Couple (note 2)	M	Nm
Inertie	J	kgm ² ou Nms ²
NOTE 1 – La vitesse est exprimée habituellement en tours par minute.		
NOTE 2 – Caractéristiques couple/vitesse: voir A.5.1.		

2 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61800, les définitions suivantes, ainsi que celles données dans la CEI 60050 (111), la CEI 60050 (151), la CEI 60050 (441), la CEI 60050 (551), la CEI 60050 (601), la CEI 60146-1-1, la CEI 60146-1-2, la CEI 60146-1-3 et la CEI 61136-1 s'appliquent.

2.1 Système

2.1.1

entraînement à courant continu (PDS) (voir figure 1)

système comprenant un équipement de puissance (composé d'une section convertisseur, d'un moteur à courant continu, et d'autres sections telles que l'arrivée alimentation ou l'alimentation d'excitation sans que cela soit limitatif), et un équipement de contrôle et de commande (composé des séquenceurs de contrôle – marche/arrêt par exemple – de l'asservissement de vitesse, de l'asservissement de courant, du système de déclenchement des semi-conducteurs

Table 2 – Symbols for motor parameters

Parameter	Symbol	Unit
Rated output power	P_N	kW
Rated armature voltage	U_{AN}	V
Rated armature current	I_{AN}	A
Peak load current value	I_p	A
Allowable rate of change of the armature current	dI_A/dt	As ⁻¹
Allowable ripple of the armature current	I_{ppM}	A
Armature inductance	L_A	H
Armature resistance	R_A	Ω
Rated hot field voltage	U_{FN}	V
Rated field current	I_{FN}	A
Field current for maximum speed	I_{FNm}	A
Field inductance	L_F	H
Field resistance	R_F	Ω
Base speed	N_0	r/min (note 1)
Maximum speed	N_M	r/min
Maximum safe motor speed	N_{Smax}	r/min
Torque (note 2)	M	Nm
Inertia	J	kgm ² or Nms ²
NOTE 1 – Practically, speed is expressed in RPM as well.		
NOTE 2 – Torque/speed characteristics: see A.5.1.		

2 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61800, the following definitions, as well as those given in IEC 60050 (111), IEC 60050 (151), IEC 60050 (441), IEC 60050 (551), IEC 60050 (601), IEC 60146-1-1, IEC 60146-1-2, IEC 60146-1-3, and IEC 61136-1 apply.

2.1 System

2.1.1

d.c. power drive system (PDS) (see figure 1)

system consisting of power equipment (composed of converter section, d.c. motor and other equipment such as, but not limited to, the feeding section or the field supply), and control equipment (composed of switching control – on/off for example – speed control, current control,

de puissance, de l'asservissement de flux, des protections, des dispositifs de surveillances, des dispositifs de communication, des dispositifs de test et de diagnostic, des interfaces et accès procédé, etc.)

NOTE – La figure 1 montre les éléments principaux d'un entraînement à courant continu. Elle comporte également des matériels qui peuvent être facultatifs dans la plupart des systèmes d'entraînement. Il s'agit d'englober une grande variété de configurations. La partie convertisseur n'illustre ni n'implique une topologie particulière. En effet, plusieurs topologies sont employées couramment pour réaliser cette fonction. Voir l'annexe F.

2.1.2

entraînement à courant continu – configuration matérielle

entraînement séparé en un équipement variateur ou composition de motorisation (CDM), et un ou plusieurs moteurs avec les capteurs associés mécaniquement couplés à l'arbre du moteur (le matériel entraîné n'est pas compris). Voir en figure 2 la partition matérielle de l'entraînement de puissance

NOTE – La figure 2 montre les parties d'équipement qui peuvent être regroupées et fournies.

2.1.2.1

variateur ou base de motorisation (BDM)

unité matérielle comprenant la section convertisseur, l'équipement de commande/contrôle pour la vitesse, le couple, le courant ou la tension, la commande de déclenchement des semiconducteurs de puissance, etc

2.1.2.2

équipement variateur ou composition de motorisation (CDM)

entraînement sans le moteur et les capteurs montés sur l'arbre du moteur. Il comprend notamment, sans qu'il s'agisse d'une limitation, le variateur (BDM) et ses extensions telles que la section alimentation, l'alimentation d'excitation ou des auxiliaires

2.1.2.3

installation

équipement ou équipements comprenant au moins à la fois l'entraînement de puissance et le matériel entraîné

firing system, field control, protection, status monitoring, communication, tests, diagnostics, process interface/port, etc.)

NOTE – Figure 1 illustrates the main functional elements of a d.c. drive system. It also includes equipment which may be optional on many drive systems. It is intended to encompass a wide variety of d.c. drive configuration possibilities. The converter section does not illustrate or imply a specific topology, or type of switching device, due to the wide variety of both in current use. See annex F.

2.1.2

d.c. power drive system – hardware configuration

PDS which consists of a complete drive module (CDM) and a motor or motors with sensors which are mechanically coupled to the motor shaft (the driven equipment is not included). See figure 2 for hardware partition of the power drive system

NOTE – Figure 2 illustrates the parts of equipment which can be grouped and supplied as defined and shown.

2.1.2.1

basic drive module (BDM)

drive module which consists of, a converter section, a control equipment for speed, torque, current or voltage, and a power semiconductor gating system, etc.

2.1.2.2

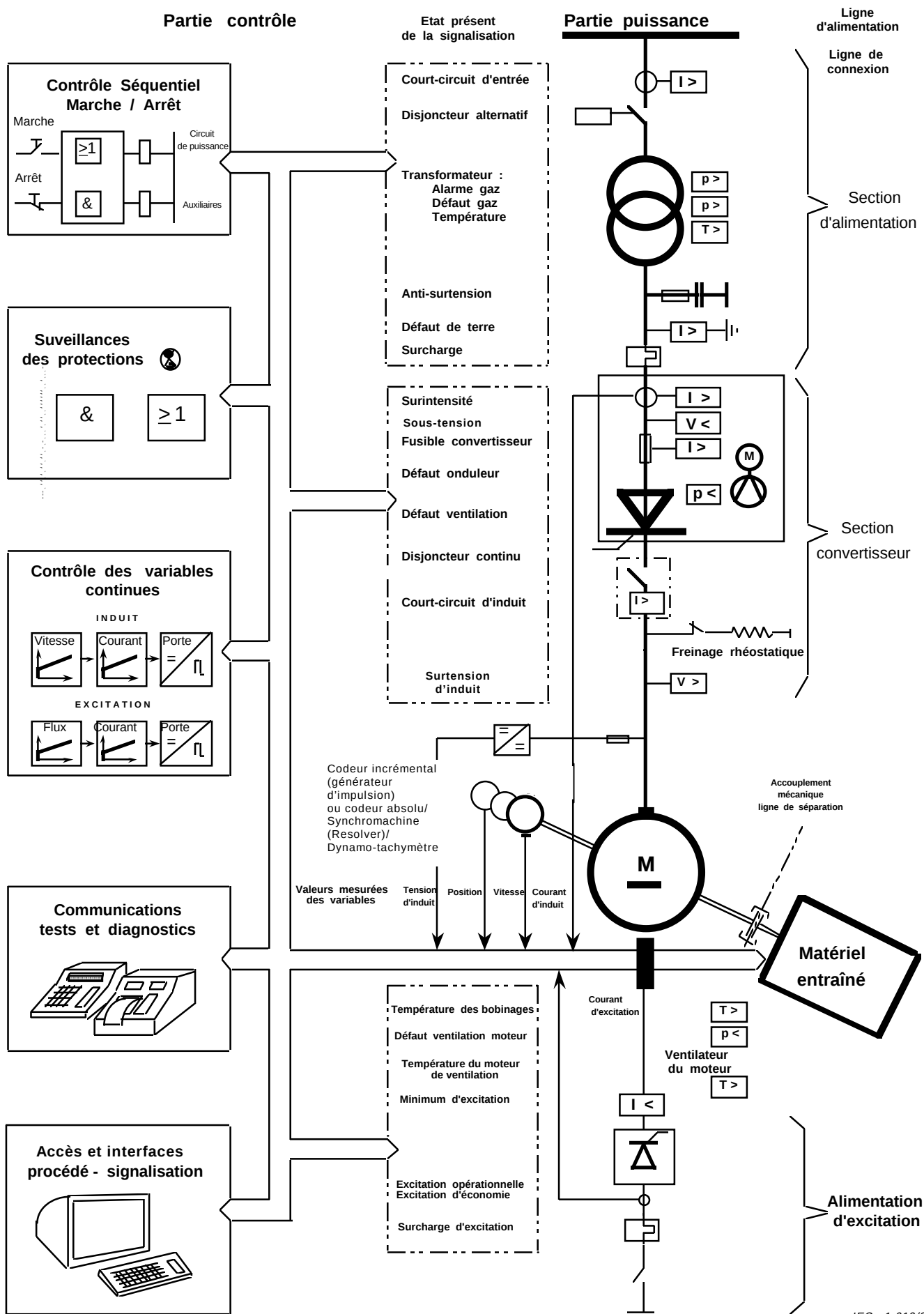
complete drive module (CDM)

drive system, without the motor and the sensors which are mechanically coupled to the motor shaft, consisting of, but not limited to, the BDM, and extensions such as feeding section, field supply, and auxiliaries

2.1.2.3

installation

equipment or equipments which include at least both the PDS and the driven equipment



IEC 1 619/97

Figure 1 – Schéma fonctionnel d'un variateur à courant continu

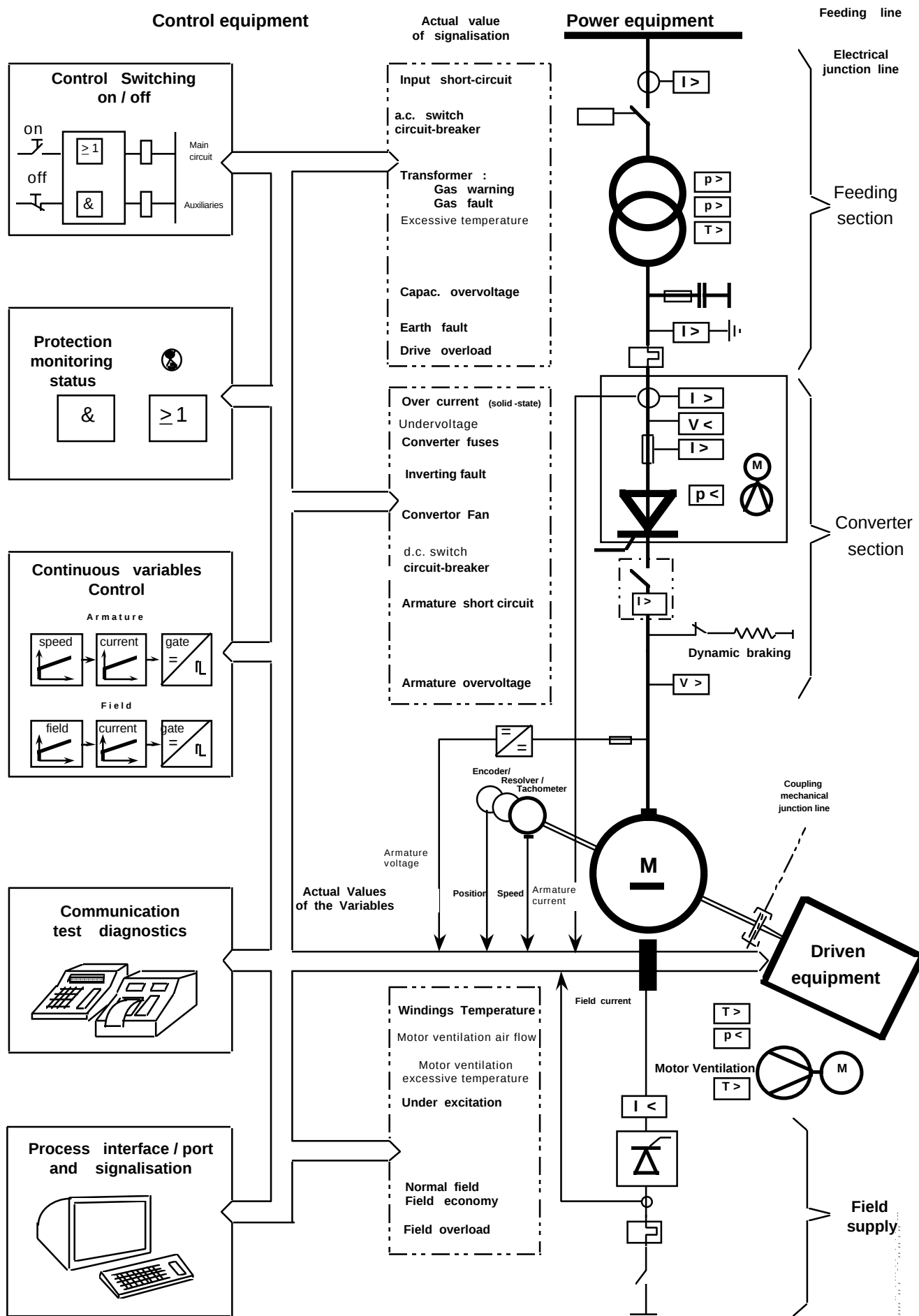
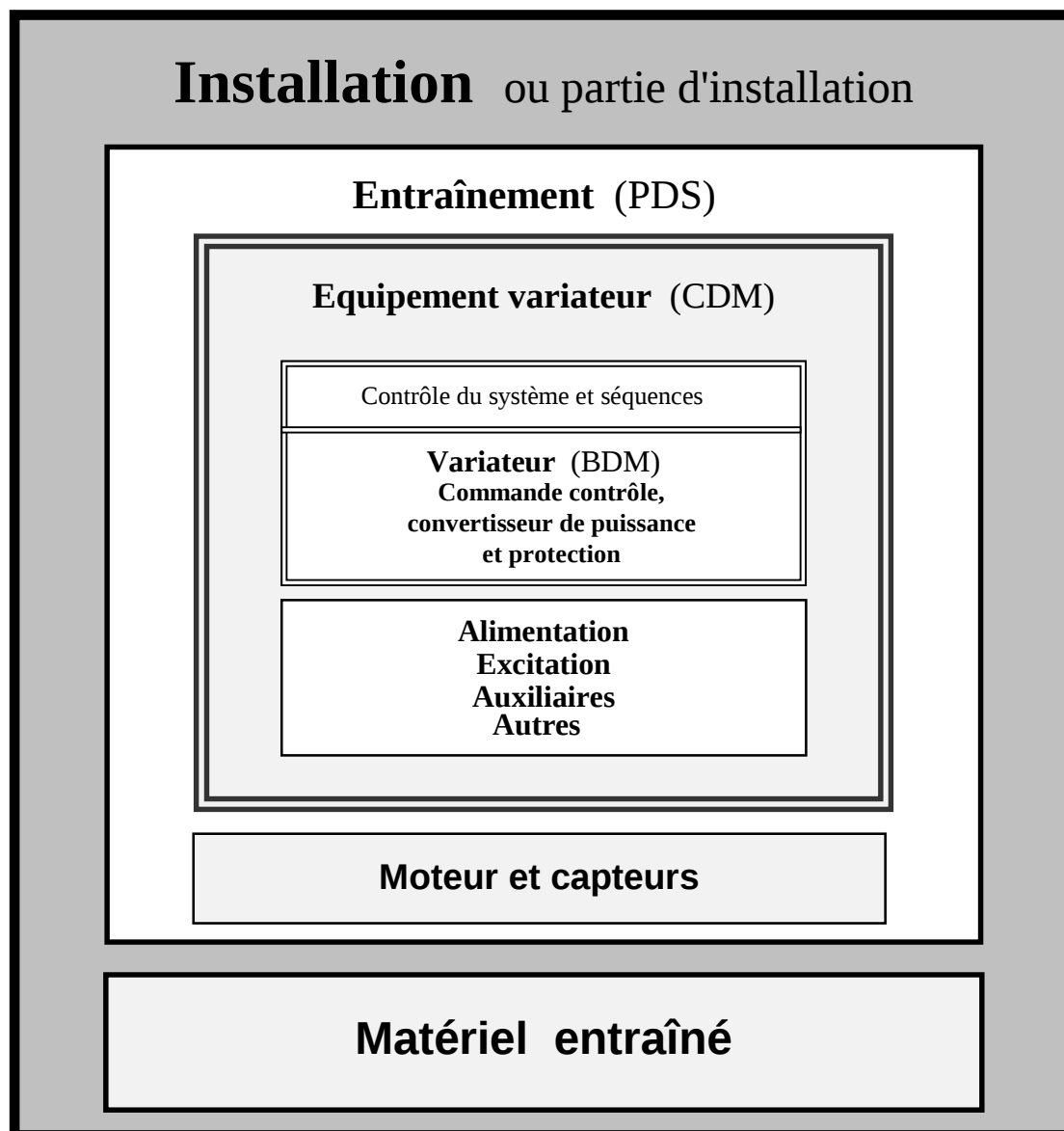


Figure 1 – Function diagram of a d.c. – drive system



IEC 1 629/97

Figure 2 – Configuration matérielle d'un entraînement de puissance dans une installation

2.2 Convertisseurs

2.2.1

convertisseur d'usage général

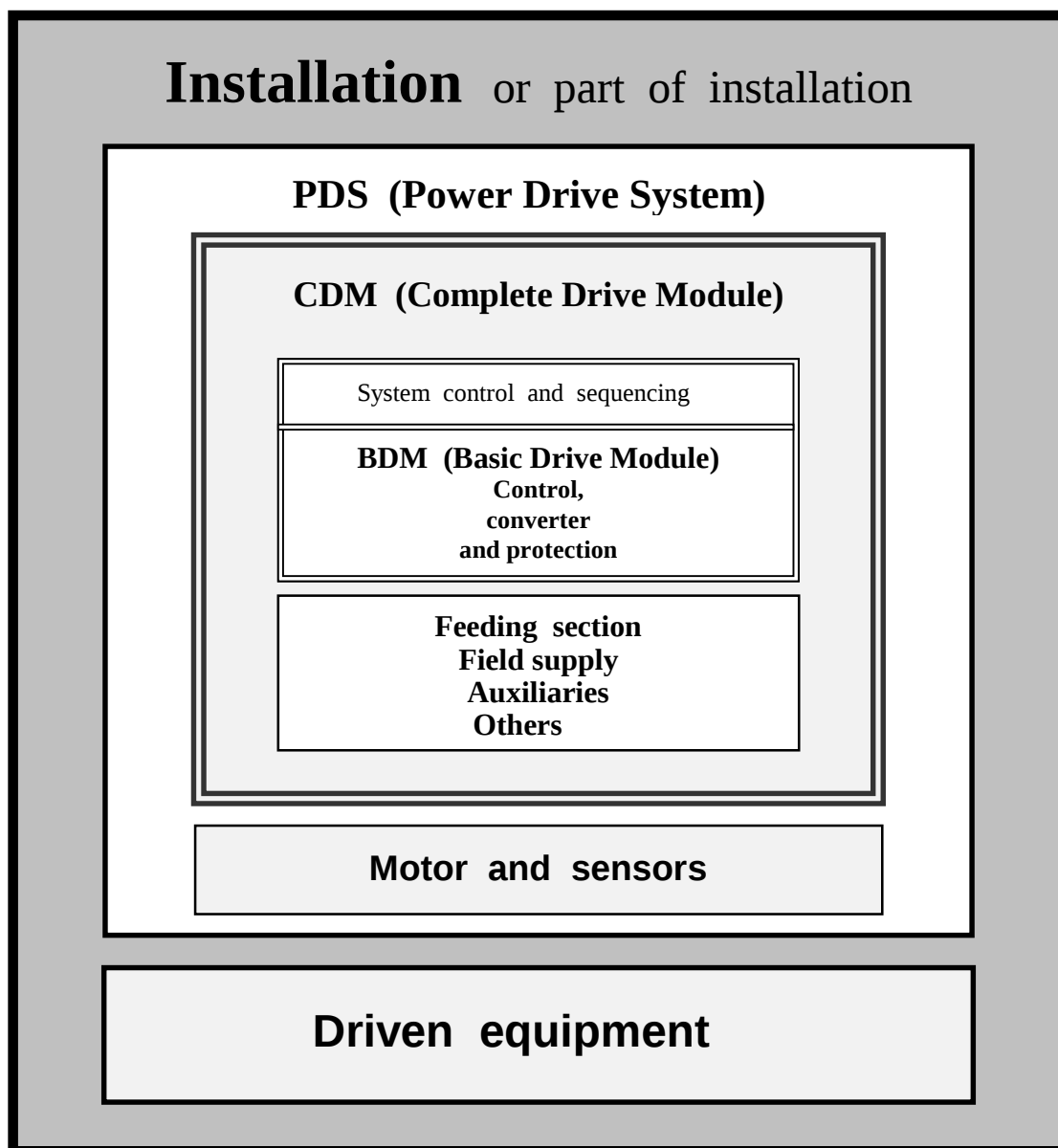
unité d'électronique de puissance opérant une conversion qui change une ou plusieurs caractéristiques électriques; elle comporte un ou plusieurs composants électroniques de commutation et ses composants associés tels que transformateurs, filtres, circuits d'aide à la commutation, circuits de contrôle, protection et auxiliaires, s'il y en a

2.2.2

redressement

conversion de courant alternatif en courant continu. Le redresseur peut être contrôlé ou non [VEI 551-11-06 modifié]

NOTE – Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61800, le convertisseur côté réseau fonctionne normalement en redresseur.



IEC 1 620/97

Figure 2 – PDS hardware configuration within an installation

2.2 Converters

2.2.1

converter, general purpose

operating unit for electronic power conversion, changing one or more electrical characteristics and comprising one or more electronic switching devices and associated components, such as transformers, filters, commutation aids, controls, protections and auxiliaries, if any

2.2.2

rectifying – rectification

converter action converting from a.c. to d.c. The rectifier can be uncontrolled or controlled [IEV 551-11-06 modified]

NOTE – For the purpose of this part of IEC 61800, the line-side converter normally operates as a rectifier.

2.2.3

fonctionnement onduleur

conversion de courant continu en courant alternatif [VEI 551-11-07 modifié]

NOTE – Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61800, le convertisseur côté réseau d'alimentation en courant alternatif fonctionne parfois en onduleur.

2.2.4

convertisseur avec liaison à courant continu

convertisseur qui comporte un redresseur et un hacheur, liés par une connexion intermédiaire à courant continu

2.2.5

convertisseur commuté par le réseau

convertisseur dans lequel les tensions de commutation sont fournies par le réseau à courant alternatif

2.2.6

hacheur

convertisseur qui effectue une conversion d'énergie continue (de courant continu en courant continu) au moyen de composants électroniques à commutation forcée. La sortie fournit une tension continue variable [VEI 551-12-28 modifié]

NOTE – Dans la présente partie de la CEI 61800, la commutation forcée à laquelle il est fait référence est une extinction volontaire délibérée des semiconducteurs de puissance avant qu'une quelconque commutation n'ait lieu lors de l'annulation du courant (commutation naturelle).

2.2.7

convertisseur, source de tension

convertisseur fournissant une tension de sortie ajustable à peu près constante, qui n'est pas affectée par la valeur de la charge

NOTE – Le terme «convertisseur alternatif/continu en source de tension (imposant la tension)» est utilisé dans la deuxième édition du VEI 50(551) avec une signification physique similaire.

2.3 Caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'entraînement

2.3.1

fonctionnement deux quadrants

commande d'une machine en moteur dans un sens de rotation ou en génératrice dans le sens opposé. Cela implique un fonctionnement dans les quadrants I et II du diagramme couple / vitesse, comme le montre la figure 3

2.3.2

fonctionnement quatre quadrants

commande d'une machine en moteur ou en génératrice avec deux sens de rotation. Cela implique un fonctionnement dans les quadrants I, II, III et IV du diagramme couple / vitesse, comme le montre la figure 3

NOTE – Pour les différentes combinaisons de sens de tension et de courant, voir les figures 1, 2 et 3 de la CEI 61136-1, où les axes de tension et de courant ont été inversés (le courant correspondant au couple, et la tension à la vitesse).

2.3.3

freinage rhéostatique

conversion de l'énergie de rotation du rotor et de l'inertie de la charge couplée en énergie électrique dissipée dans une résistance

2.3.4

récupération

conversion de l'énergie mécanique du système et restitution sous la forme d'énergie électrique au réseau d'alimentation. Le moteur fonctionne alors en génératrice et son dimensionnement peut être différent

2.2.3**inverting – inversion**

converter action converting from d.c. to a.c. [IEV 551-11-07 modified]

NOTE – For the purpose of this part of IEC 61800, the line-side converter sometimes operates as an inverter.

2.2.4**converter, d.c. linked**

converter comprising a rectifier and a chopper with an intermediate d.c. link

2.2.5**converter, line-side commutated**

converter in which the commutation voltages are supplied by the a.c. input

2.2.6**chopper**

converter operating a d.c. conversion (d.c. to d.c.) by means of electronic devices using forced commutation. Its output delivers adjustable d.c. voltage [IEV 551-12-28 modified]

NOTE – In this part of IEC 61800, forced commutation refers to deliberate extinction of semiconductor device before commutation can take place at zero current (natural commutation).

2.2.7**converter, voltage source**

converter which provides an adjustable output voltage supply, essentially unaffected by the value of the load

NOTE – The term "voltage stiff a.c./d.c converter" having a similar physical background is used in the second edition of IEC 50(551).

2.3 Drive system operating characteristics**2.3.1****two quadrant operation**

converter operation of a machine as a motor in one direction of machine rotation and as a generator in the opposite direction of rotation. It involves operation in quadrant I and II of the torque / speed diagram (see figure 3)

2.3.2**four quadrant operation**

converter operation of a machine as either a motor or a generator in either direction of machine rotation. It involves operation in quadrants I, II, III & IV of the torque / speed diagram as shown in figure 3

NOTE – Concerning the combinations of current flow and voltage direction, see figures 1, 2 and 3 of IEC 61136-1, where voltage and current axis have been inverted (current corresponding to torque, and voltage to speed).

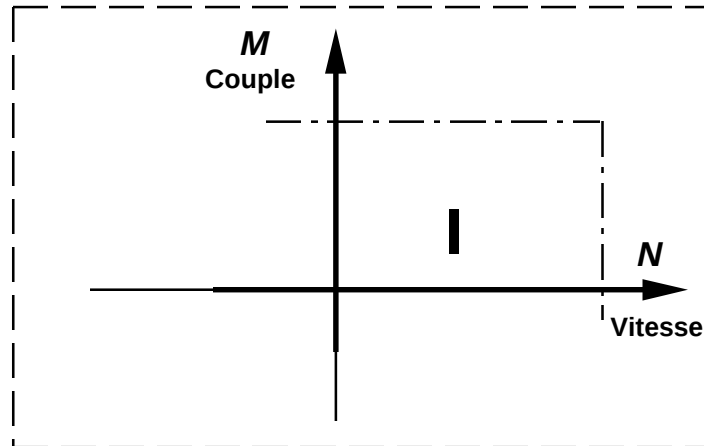
2.3.3**dynamic braking**

process of converting the rotational energy of the armature and connected inertial load to electrical energy dissipated in a resistance

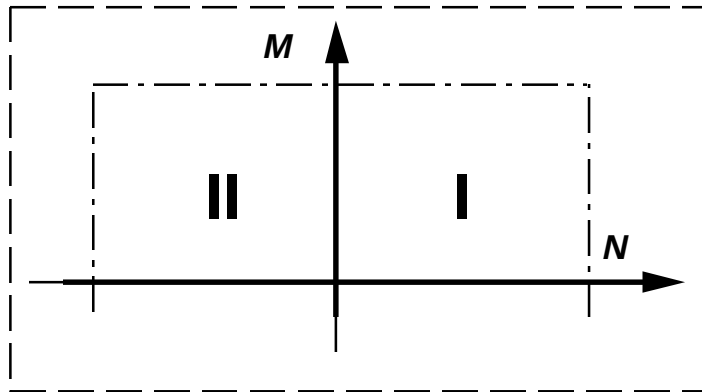
2.3.4**regeneration**

process of converting the mechanical energy of the system to electrical energy and transferring it to the input supply. The motor is then working as a generator and the ratings of the motor may be different

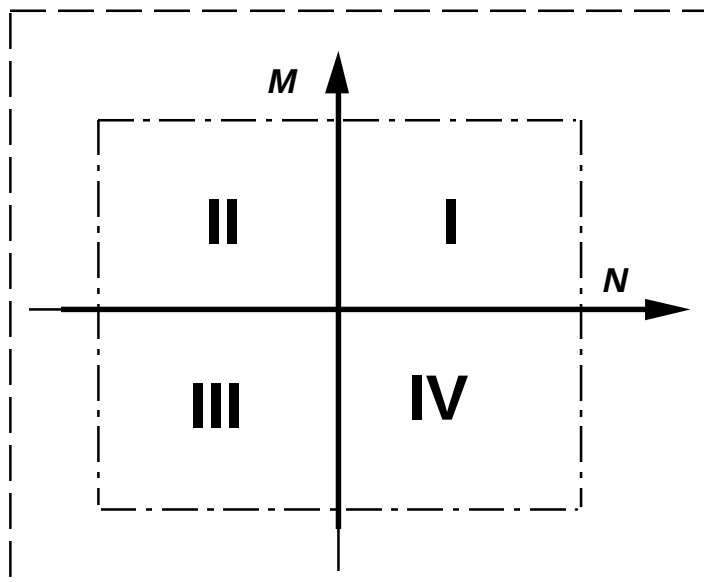
**Un
quadrant**



**Deux
quadrants**



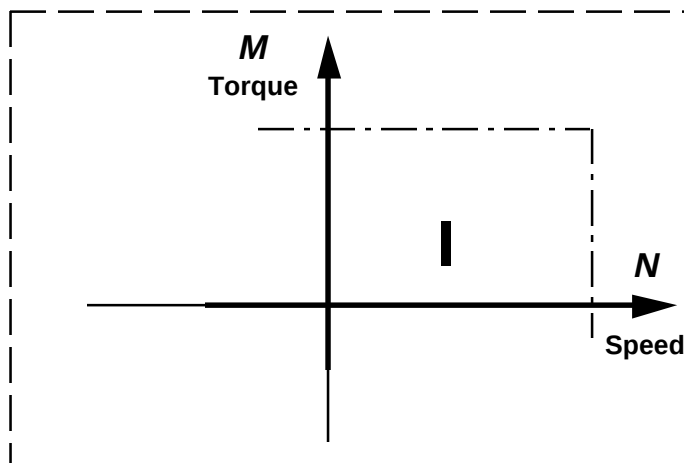
**Quatre
quadrants**



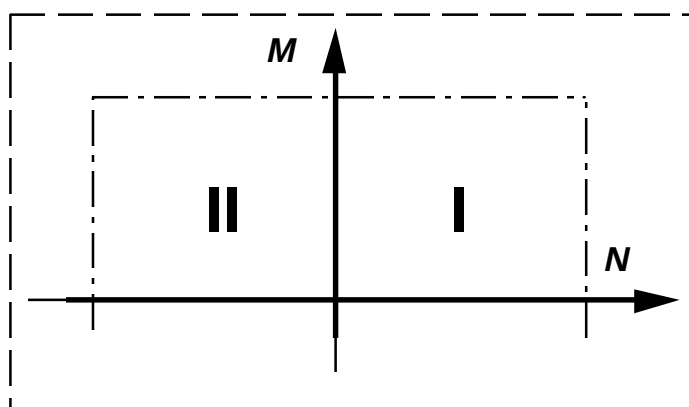
IEC 1 621/97

Figure 3 – Quadrants opérationnels

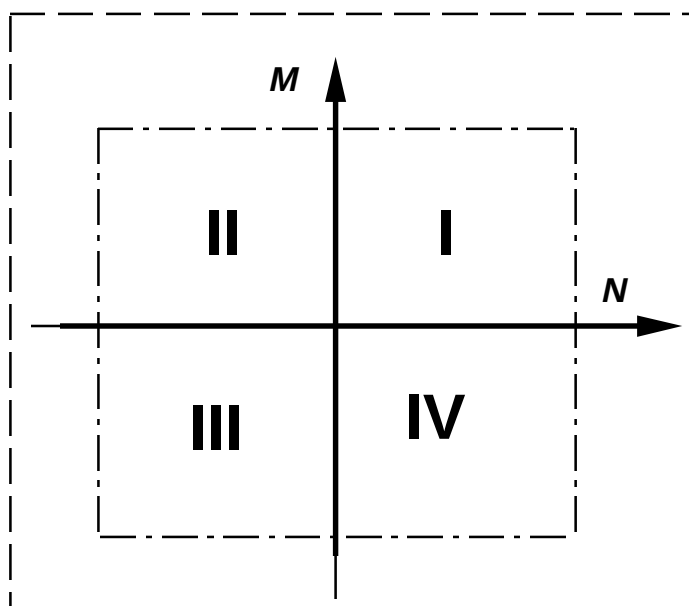
**One
quadrant**



**Two
quadrants**



**Four
quadrants**



IEC 1 621/97

Figure 3 – Operating quadrants

2.4 Paramètres d'entrée de l'équipement variateur (CDM), du variateur (BDM), et du convertisseur

Les symboles correspondant aux définitions de 2.4 sont donnés dans le tableau 1.

2.4.1

tension assignée du réseau U_{LN}

tension composée entre phases, en valeur efficace, disponible aux bornes de l'installation de l'utilisateur auxquelles le PDS est raccordé

2.4.2

fréquence assignée du système f_{LN}

fréquence du réseau d'alimentation alternative (en Hertz)

2.4.3

tension assignée du convertisseur côté réseau U_{VN}

tension entre phases en valeur efficace aux bornes alternatives du convertisseur qui sert de base à son dimensionnement

NOTE – Cette tension peut être différente de la tension assignée du réseau (U_{LN}) du fait de l'utilisation de transformateurs et de l'effet de l'impédance. Certains variateurs peuvent être dotés d'un transformateur d'entrée dont la tension primaire peut excéder 1 000 V. Dans ce cas, le transformateur et les circuits de protection doivent respecter la présente norme et les autres normes CEI adéquates. Le couplage capacitif entre le bobinage primaire et le bobinage secondaire doit être dérivé à la terre (voir annexe B).

2.4.4

courant assigné côté réseau I_{LN}

valeur efficace maximale du courant du CDM/BDM côté réseau dans les conditions assignées. Elle tient compte de la charge assignée et de la combinaison la plus sévère de toutes les autres conditions dans leurs gammes spécifiées, par exemple variations de tension et de fréquence du réseau

NOTE – Ce courant comprend les courants fournis aux circuits auxiliaires du BDM/CDM. Il tient compte également de l'effet de l'ondulation du courant continu et du courant de circulation, s'il y a lieu.

2.4.5

courant d'entrée assigné I_{VN}

valeur efficace maximale du courant à l'entrée du convertisseur dans les conditions assignées. Elle tient compte également de la charge assignée et de la combinaison la plus sévère de toutes les autres conditions dans leurs gammes spécifiées, par exemple variations de tension et fréquence du réseau

2.4.6

résidu harmonique côté réseau

fonction obtenue en soustrayant la composante fondamentale à une fonction alternative [VEI 551-17-04, appliqué au côté réseau du système]

NOTE – Par exemple, en tension (et d'un point de vue pratique en négligeant les interharmoniques) la valeur efficace du résidu harmonique est:

$$U_{Hn} = \left(\sum_{h=2}^{h=n} U_h^2 \right)^{0,5}$$

2.4.7

harmoniques de courant caractéristiques

rangs des harmoniques de courant produits par le convertisseur en fonctionnement normal. Par exemple, dans un convertisseur hexaphasé, les harmoniques de courant caractéristiques sont les harmoniques impairs non multiples de trois: $h = 6k \pm 1$ (où k est un entier quelconque)

NOTE – En plus des harmoniques provenant de la fréquence du réseau, d'autres harmoniques résultant de l'interaction avec la charge du convertisseur peuvent aussi se produire. On les appelle des interharmoniques.

2.4 CDM, BDM and converter input parameters

Symbols defined in 2.4 are included in table 1.

2.4.1

rated system voltage U_{LN}

RMS input line-to-line voltage at the supply terminals of the customers installation to which the PDS will be connected

2.4.2

rated system frequency f_{LN}

frequency in Hertz of the power input system alternating voltage

2.4.3

line-side rated a.c. voltage U_{VN}

rated r.m.s. line-to-line input voltage at the a.c. terminals of the line-side converter, which has been designated as the basis for the converter rating

NOTE – This voltage may differ from the rated system voltage U_{LN} due to the use of transformers and the effect of impedance. Some drives may have an input transformer with primary voltage higher than 1 000 V. In this case, the transformer and protective devices have to meet this standard and other relevant IEC standards. Capacitively coupled high voltage from primary to secondary winding must be bypassed to earth (see annex B).

2.4.4

line-side rated a.c. current I_{LN}

maximum r.m.s. value of current on the line-side of the CDM/BDM under rated conditions. It takes into account rated load and the most onerous combination of all other conditions within their specified ranges, for example line voltage and frequency deviations

NOTE – This current includes currents supplied to the auxiliary circuits of the CDM/BDM. It takes into account the effect of d.c. current ripple and circulating current, if any.

2.4.5

rated input current I_{VN}

maximum r.m.s. value of current on the valve side of the converter under rated conditions. It takes into account rated load and the most onerous combination of all other conditions within their specified ranges, for example line voltage and frequency deviations

2.4.6

line-side harmonic content

quantity obtained by subtracting from an alternating quantity its fundamental component [IEV 551-07-04, applied to the line-side of the system]

NOTE – For example, for voltage (from a practical approach and with interharmonics neglected), the r.m.s. value of the harmonic content is

$$U_{Hn} = \left(\sum_{h=2}^{h=n} U_h^2 \right)^{0,5}$$

2.4.7

characteristic current harmonics

orders of the current harmonics produced by converter equipment in the course of normal operation. For example, in a 6-pulse converter the characteristic current harmonics are the non triple, odd harmonics: $h = 6k \pm 1$ (k any integer)

NOTE – In addition to power system frequency harmonics, there can be other harmonics resulting from interaction with the converter load. They are called interharmonics.

2.4.8

distorsion harmonique

selon la pratique courante, le taux de distorsion harmonique est relatif à la composante fondamentale de la quantité considérée. Le taux d'harmoniques est relatif à la valeur efficace de la quantité considérée [VEI 551-17-05 et VEI 551-17-06, modifié]

Le taux de distorsion harmonique total (THD) et le facteur de distorsion total (THF) sont définis par:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1} \quad \text{et} \quad \text{THF} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q}$$

où

Q_1 est la valeur efficace du fondamental;

Q est la valeur efficace totale;

h est le rang harmonique;

Q_h est la valeur efficace de la composante de rang h ;

Q peut représenter le courant ou la tension.

Dans la présente norme et dans un souci de clarté, les limites sont relatives aux grandeurs assignées.

Les limites pour THD et THF sont définies par:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_{1N}^2}}{Q_{1N}} \quad \text{et} \quad \text{THF} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_{1N}^2}}{Q_N}$$

NOTE 1 – Ces définitions correspondent à la deuxième édition du VEI 551 et à la pratique courante. L'onde de tension est nettement moins distordue que l'onde de courant injectée. Il en résulte que l'application des deux définitions, taux de distorsion harmonique total et facteur de distorsion total à la tension conduit à des valeurs numériques très voisines, tandis que leur application au courant conduit à une différence significative.

NOTE 2 – Il est important de remarquer que ces définitions comprennent les interharmoniques. En présence d'interharmoniques, il peut apparaître des effets plus complexes qu'en la seule présence d'harmoniques. Si les interharmoniques sont négligeables les équations se simplifient en:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=40} Q_h^2}}{Q_{1N}} \quad \text{et} \quad \text{THF} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=40} Q_h^2}}{Q_N}$$

où

Q_{1N} est la valeur efficace assignée du fondamental;

Q_N est la valeur efficace totale.

La sommation est étendue au rang 40 inclus, conformément à la pratique usuelle à la CEI.

NOTE 3 – Pour des usages particuliers, le contenu aux plus hautes fréquences de THD (rangs h de 14 à 40 inclus) est nommé distorsion harmonique partielle PHD, et le contenu dû aux seuls rangs pairs est nommé distorsion harmonique paire EHD. Appliqué aux courants cela donne:

$$\text{PHD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=14}^{h=40} I_h^2}}{I_{1N}} \quad \text{et} \quad \text{EHD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2, \text{pairs}}^{h=40} I_h^2}}{I_{1N}}$$

2.4.8**harmonic distortion**

according to common practice, the total harmonic distortion coefficient is relative to the fundamental component of the quantity which is considered. The harmonic factor is relative to the r.m.s. value of the quantity which is considered [IEV 551-17-05 and IEC 551-17-06, modified]

THD and THF are defined by:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1} \quad \text{and} \quad \text{THF} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q}$$

where

Q_1 is the r.m.s. value of the fundamental;

Q is the total r.m.s. value;

h is the harmonic order;

Q_h is the r.m.s. value of harmonic component of order h ;

Q can represent either current or voltage.

For the purpose of this standard and for clarity, limits are referred to the corresponding rated value.

Limits for THD and THF are defined by:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_{1N}^2}}{Q_{1N}} \quad \text{and} \quad \text{THF} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_{1N}^2}}{Q_N}$$

NOTE 1 – These definitions are in accordance with the second edition of IEV 551 and with common practice. The network voltage waveform is much less distorted than the injected current. Therefore, application of both definitions, total harmonic distortion coefficient THD or total harmonic factor THF, to the voltage provides the same result while the difference is significant when current is considered.

NOTE 2 – It is important to note that these definitions include interharmonics. When interharmonics are present the wave form is no longer periodical, which can produce more complex effects than those produced by harmonics. If interharmonics are negligible, these equations simplify to:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=40} Q_h^2}}{Q_{1N}} \quad \text{and} \quad \text{THF} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=40} Q_h^2}}{Q_N}$$

where

Q_{1N} is the rated r.m.s. value of the fundamental;

Q_N is the rated total r.m.s. value.

The summation is extended to and includes order 40, according to IEC common practice.

NOTE 3 – For particular use, the highest frequency content of THD (order h from 14 to 40 inclusive) is named partial harmonic distortion coefficient PHD, and the even content (where order h is only even) is named even harmonic distortion coefficient EHD. Applied to current this gives:

$$\text{PHD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=14}^{h=40} I_h^2}}{I_{1N}} \quad \text{and} \quad \text{EHD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2, \text{even}}^{h=40} I_h^2}}{I_{1N}}$$

2.4.9

facteur de déphasage à l'entrée du convertisseur $\cos \varphi_{V1}$

cosinus de l'angle de déphasage entre les composantes fondamentales de la tension et du courant alternatif côté réseau du convertisseur de puissance d'entrée

2.4.10

facteur de déphasage côté réseau $\cos \varphi_{L1}$

composantes fondamentales de la tension et du courant alternatif côté réseau du CDM

2.4.11

facteur de puissance total λ_L en entrée

rapport de la puissance d'entrée totale à la puissance apparente, au niveau du raccordement du CDM au réseau d'alimentation

Exemple: dans un système triphasé où la tension est considérée comme sinusoïdale.

$$\begin{aligned}\lambda_L &= (U_L I_{L1} \sqrt{3} \cos \varphi_{L1}) / (U_L I_L \sqrt{3}) \\ &= (I_{L1} / I_L) \times \cos \varphi_{L1}\end{aligned}$$

NOTE 1 – Le facteur de puissance tient compte du facteur de déphasage $\cos \varphi_1$ et des harmoniques par le biais du facteur de déformation $v = \lambda / \cos \varphi$.

NOTE 2 – Cette définition s'applique aussi bien à l'entrée du convertisseur (indice V) qu'à celle du CDM côté réseau (indice L).

2.4.12

courant de court-circuit symétrique maximal autorisé I_{SCM}

courant de court-circuit symétrique maximal autorisé en entrée (I_{SCM}) tel que spécifié sur la plaque signalétique, il peut être relié à la composante fondamentale du courant alternatif assigné côté réseau (I_{LN1}) par le rapport de court-circuit (R_{SC})

R_{SC} est le rapport entre la puissance de court-circuit de la source et la puissance apparente fondamentale du convertisseur côté réseau. (Voir CEI 60146-1-1.)

$$R_{SC} = S_{SC} / S_{LN1} = I_{SC} / I_{LN1}$$

Le courant de court-circuit symétrique maximal autorisé (I_{SCM}) est un paramètre important dans la définition des protections du convertisseur. Au point de couplage commun (PCC), la puissance de court-circuit relative doit être prise en compte (voir 1.5.35 de la CEI 60146-1-1). Le rapport R_{SC} doit être limité à la valeur maximale R_{SCM} suivante:

$$R_{SCM} = I_{SCM} / I_{LN1}$$

où I_{LN1} est égal à la composante fondamentale de I_{LN} .

2.5 Paramètres de sortie de l'équipement variateur (CDM), du variateur (BDM), et du convertisseur

Les symboles correspondant aux définitions de 2.5 sont donnés dans le tableau 1.

2.5.1

courant continu I_d

valeur moyenne du courant dans la liaison à courant continu pendant une période complète de la fréquence du réseau d'alimentation

NOTE – Le courant continu I_d peut aussi désigner le courant de la boucle intermédiaire à courant continu dans le cas d'un convertisseur indirect à hacheur. Généralement on utilise alors I_A pour désigner le courant de sortie qui est aussi le courant moteur.

2.4.9**converter input displacement factor $\cos \phi_{V1}$**

cosine of the phase displacement angle between the fundamental phase components of the voltage and current on the input a.c. side of the input power converter

2.4.10**line-side displacement factor $\cos \phi_{L1}$**

cosine of the phase displacement angle between the fundamental phase components of the voltage and current on the input a.c. side of the CDM

2.4.11**input total power factor, λ_L**

ratio of the total power input, to the apparent power, as determined at the connection of the CDM to the supply

Example: in a three-phase system where the voltage is considered sinusoidal.

$$\begin{aligned}\lambda_L &= (U_L I_{L1} \sqrt{3} \cos \phi_{L1}) / (U_L I_L \sqrt{3}) \\ &= (I_{L1} / I_L) \times \cos \phi_{L1}\end{aligned}$$

NOTE 1 – The power factor includes the effect of displacement $\cos \phi_1$ and of harmonics by means of the deformation factor $\nu = \lambda / \cos \phi$.

NOTE 2 – The definition applies to the converter input (subscript V) or to the CDM input line-side (subscript L).

2.4.12**maximum allowable a.c. system, symmetrical short-circuit current I_{SCM}**

maximum allowable symmetrical short-circuit current (I_{SCM}), as specified on the rating plate can be related to the fundamental component of the line-side rated a.c. current (I_{LN1}) by means of the short-circuit ratio (R_{SC})

R_{SC} is the ratio of the short-circuit power of the source to the fundamental apparent power on the line-side of the converter(s). (See IEC 60146-1-1.)

$$R_{SC} = S_{SC} / S_{LN1} = I_{SC} / I_{LN1}$$

The maximum allowable symmetrical short-circuit current (I_{SCM}) is of importance in the definition of the protection of the converter. At the point of common coupling (PCC), the relative short-circuit power shall be considered (see 1.5.35 of IEC 60146-1-1). This R_{SC} has to be limited to the following R_{SCM} :

$$R_{scm} = I_{SCM} / I_{LN1}$$

where I_{LN1} is equal to the fundamental content of I_{LN} .

2.5 CDM, BDM and converter output parameters

Symbols defined in 2.5 are included in table 1.

2.5.1**d.c. current I_d**

average value of the current in the d.c. link over one full period of the input power system frequency

NOTE – DC current I_d can also indicate the current of the intermediate d.c. link in the case of an indirect converter using a chopper. Generally I_A is used to indicate the output current which is also the motor current.

2.5.2

courant de sortie permanent assigné I_{dN}

courant de sortie qui peut être fourni de manière permanente sans excéder les limites établies, dans des conditions prescrites de fonctionnement

NOTE – La CEI 61136-1 définit différentes classes de courant assigné correspondant à des cas complexes de cycle de charge.

2.5.3

capacité de surcharge I_{dM}

courant de sortie maximal qui peut être fourni pendant une période spécifiée sans dépasser les limites définies dans les conditions de fonctionnement prescrites

2.5.4

puissance permanente assignée en sortie P_{dN}

puissance active que le convertisseur est capable de fournir à la charge en permanence sans excéder les limites établies

2.5.5

tension de sortie assignée U_{dN}

valeur spécifiée de la tension entre les bornes de puissance de sortie continue de l'équipement variateur (CDM/BDM) pour le courant continu de sortie permanent assigné. Elle est mesurée dans les conditions de service habituelles définies à l'article 4

2.5.6

ondulation U_{pp} , I_{pp}

valeur de la tension ou du courant périodique alternatif, superposée à la valeur permanente de la tension ou du courant continu, exprimée habituellement en valeur crête à crête. Si l'ondulation du courant est exprimée en valeur crête à crête en ampères, mesurée ou calculée à la tension assignée du moteur, son symbole est alors I_{ppN}

NOTE – L'ondulation de courant est aussi exprimée sous forme de rapport $r = I_{pp} / I_d$, où I_d est la valeur moyenne du courant de sortie (voir B.4.3.2), mais $r/2$ est souvent utilisé pour la définition des paramètres moteur. Il est important de préciser quel est le rapport utilisé.

2.5.7

résidu harmonique côté charge

fonction obtenue en soustrayant la composante continue à la fonction périodique non sinusoïdale considérée en sortie du convertisseur. Par exemple, pour le courant, la valeur efficace du résidu harmonique est

$$I_{dHn} = \left(\sum_{h=2}^{h=n} I_h^2 \right)^{0,5}$$

Dans la pratique, n est limité à 40.

2.5.8

rendement de la conversion de puissance η_D , η_C

le rendement η_D de l'entraînement est le rapport de la puissance mécanique délivrée par l'arbre moteur à la puissance totale consommée sur le réseau d'alimentation (voir ligne d'alimentation de la figure 1). Il est habituellement exprimé en pourcentage. Le rendement de l'équipement variateur (CDM), η_C , est le rapport de la puissance de sortie délivrée par l'équipement variateur aux circuits d'induit, d'excitation et d'auxiliaires (ventilation du moteur, etc.) à la puissance totale consommée sur le réseau d'alimentation (voir ligne d'alimentation de la figure 1). Il est habituellement exprimé en pourcentage

2.5.9

courant d'excitation maximal I_{FM}

valeur moyenne permanente maximale du courant que le convertisseur d'excitation peut fournir au circuit d'excitation du moteur

NOTE – Si le convertisseur d'excitation n'est pas contrôlé, il convient de le dimensionner pour le courant d'excitation maximal du moteur à froid.

2.5.2**rated continuous output current I_{dN}**

output current which can be supplied continuously without exceeding established limits, under prescribed operating conditions

NOTE – IEC 61136-1 gives different classes of rated current for complex cases of load duty.

2.5.3**overload capability I_{dM}**

maximum output current which can be supplied for a specified period of time, without exceeding established limits under prescribed operating conditions

2.5.4**continuous output rating P_{dN}**

active power which a converter is capable of supplying to a load continuously without exceeding established limits

2.5.5**rated output voltage U_{dN}**

specified value at rated d.c. current of the direct voltage between d.c. terminals of the CDM/BDM. This value is the available mean value of the d.c. voltage under usual service conditions, as specified in clause 4

2.5.6**ripple U_{pp} , I_{pp}**

periodic a.c. voltage/current superimposed on steady direct voltage/current, usually expressed as peak-to-peak value. If the ripple content of the current is given as peak-to-peak value in amperes measured or calculated at rated voltage of the motor, then the symbol is I_{ppN}

NOTE – Current ripple is also given as a ratio $r = I_{pp} / I_d$, where I_d is the mean value of output current (see B.4.3.2), but $r/2$ is often used in the definition of the motor parameters. It is important to clarify which ratio is used.

2.5.7**load-side harmonic content**

function obtained by subtracting the d.c. component from the non-sinusoidal periodic function on the output side of the converter. For example, the r.m.s. value of the current harmonic content is

$$I_{dHn} = \left(\sum_{h=2}^{h=n} I_h^2 \right)^{0,5}$$

In practice n is limited to 40.

2.5.8**efficiency of power conversion η_D , η_C**

efficiency η_D of the drive system is the ratio of the power delivered by the motor shaft to the total power drawn from the input power supply (see feeding line in figure 1), and is usually expressed as a percentage. Efficiency of the CDM (complete drive module) η_C is the ratio of the total output power delivered by the CDM to armature, field, and auxiliaries (motor ventilation fan, etc.) to the total power drawn from the input power supply (see feeding line in figure 1), and is usually expressed as a percentage

2.5.9**maximum field supply current I_{FM}**

maximum continuous mean current of the motor field load that the field converter can supply

NOTE – If an uncontrolled field converter is used, the converter has to be sized for the maximum field current, with a cold motor.

2.5.10

tension d'excitation assignée U_{FN}

valeur moyenne assignée de la tension d'excitation du moteur qui doit être connecté au convertisseur d'excitation

2.6 Circuits et éléments du convertisseur

2.6.1

condensateur de commutation

condensateur qui fournit l'énergie de commutation aux thyristors auto-commutés d'un hacheur à commutation forcée

2.6.2

inductance de commutation

inductance disposant d'un ou plusieurs enroulements, et qui modifie ou couple par induction les courants transitoires pendant la commutation

2.6.3

filtre alternatif

circuit défini pour réduire le niveau des harmoniques de courant injecté dans le réseau de distribution d'énergie associé

2.6.4

réseau de correction du facteur de puissance

dispositif conçu pour améliorer le facteur de puissance sur le réseau de distribution d'énergie associé. Souvent, ce dispositif réduit également le niveau des harmoniques de courant

2.6.5

condensateur de filtre continu

condensateur monté à la sortie du redresseur d'un convertisseur et destiné à réduire l'ondulation de tension

2.7 Moteurs

2.7.1

types de moteurs à courant continu

les moteurs à courant continu sont, dans la plupart des cas, équipés d'un circuit d'excitation séparé (voir figure 1). Ce type de moteur peut être ou ne pas être compensé. Le but de la compensation est de minimiser la réaction magnétique d'induit et d'accroître la qualité de commutation

NOTE – Les autres types de moteur sont: les moteurs à aimants permanents, les moteurs à excitation série, les moteurs à excitation «compound» (combinaison de l'excitation séparée et de l'excitation série).

2.7.2

tension d'excitation assignée à chaud

Tension d'excitation assignée à la température de fonctionnement

2.7.3

vitesse de base N_0

vitesse obtenue avec la tension d'induit assignée, le courant d'induit assigné et le courant d'excitation assigné. Elle constitue habituellement le point de cassure entre la zone de travail à couple constant et la zone de travail à puissance constante

2.5.10**rated field supply voltage U_{FN}**

rated mean voltage of the motor field load to be connected to the field converter

2.6 Converter circuitry and circuit elements**2.6.1****commutating capacitor**

capacitor which provides commutating energy for self-commutated thyristors in a self-commutated chopper

2.6.2**commutating inductor**

inductor having one or more windings which modifies or couples the transient current produced during commutation

2.6.3**a.c. filter network**

network designed to reduce the flow of harmonic currents into the associated power system

2.6.4**power factor correction network**

network designed to improve the power factor of the associated power system. This network will frequently also reduce the flow of harmonic currents

2.6.5**d.c. filter capacitor**

capacitor connected across the rectifier output within a converter to reduce voltage ripple

2.7 Motors**2.7.1****d.c. motor types**

DC motors are typically equipped with separate field (see figure 1). This type of motor can be compensated or not. The purpose of compensation is to minimize the armature reaction and increase the motor commutating ability.

NOTE – Other types of motors are: permanent magnet motor, series field, combinations (shunt and series).

2.7.2**rated hot field voltage**

rated field voltage at operational temperature

2.7.3**base speed N_0**

speed obtained with rated armature voltage, with rated armature current and rated field current, usually the breakpoint speed between constant torque and constant power operation

2.7.4

survitesse de sécurité

vitesse maximale permise, déterminée à la conception, n'entraînant pour le moteur aucune déformation mécanique ou faiblesse anormale (voir article 21 de la CEI 60034-1)

NOTE – La vitesse maximale de sécurité du matériel entraîné peut être plus restrictive.

2.7.5

couple pulsatoire

fluctuation périodique du couple moteur, en régime établi mesurée en valeur crête à crête

2.8 Contrôle – Asservissements

2.8.1

variable asservie

variable du système d'entraînement à courant continu contrôlée en boucle fermée. Exemples de variables asservies: la vitesse, la tension d'induit, les courants d'induit et d'excitation

2.8.2

variable de service ou perturbation de service

variable spécifiée, habituellement relative aux conditions ambiantes (par exemple la température), responsable de perturbations que l'asservissement doit corriger en essayant de maintenir la variable asservie à sa valeur idéale

2.8.3

variable opérationnelle ou perturbation opérationnelle

variable spécifiée (par exemple le couple de charge pour un entraînement asservi en vitesse), autre qu'issue des conditions de service, qui est responsable de perturbations que l'asservissement doit corriger en essayant de maintenir la variable asservie à sa valeur idéale

2.8.4

variables du système asservi

domaine de définition des variables de service et des variables opérationnelles qui couvre la totalité des écarts que l'asservissement essaie de corriger au moyen des variables asservies. La précision de l'asservissement est alors définie comme la largeur de la bande d'erreur autorisée, à l'intérieur de laquelle l'asservissement maintient la variable asservie

3 Caractéristiques fonctionnelles

3.1 Fonctionnement

Un équipement variateur (CDM) doit comprendre des fonctions spécifiées dans la liste ci-dessous, qui n'est pas limitative:

- temps d'accélération;
- temps de décélération;
- marche par impulsions;
- limitation(s) de courant réglable(s);
- freinage rhéostatique;
- marche en sens inverse;
- récupération;
- filtrage de réseau;
- traitement des données d'entrées/sorties (analogiques et numériques);
- redémarrage automatique.

2.7.4**maximum safe motor speed**

maximum designed speed of the motor under which no permanent abnormal mechanical deformation or weakness is introduced (see clause 21 of IEC 60034-1)

NOTE – The maximum safe speed of the driven equipment may be more restrictive.

2.7.5**torque pulsation**

cyclic fluctuation of a steady-state motor torque measured as a peak-to-peak variation

2.8 Control systems**2.8.1****controlled variable**

system variable in the feedback control of adjustable d.c. drives. Some examples of controlled variables are speed, armature voltage, armature and field current

2.8.2**service variable**

specified variable, usually related to ambient conditions (e.g. temperature), for which the feedback control system is to correct in attempting to maintain the ideal value of the controlled variable

2.8.3**operating variable**

specified variable (e.g. load torque for a speed controlled drive) other than those arising from service conditions and drift for which the feedback control system is to correct in attempting to maintain the ideal value of the controlled variable

2.8.4**feedback control system variables**

range of service and operating variables covering the total deviations for which the feedback system attempts to correct by means of the controlled variables. The accuracy of this control is then defined as the width of the band of allowable deviation within which the feedback system will regulate the controlled variable

3 Functional features**3.1 Operational**

CDM shall include specified features which may include, but are not limited to, one or more of the following features:

- timed acceleration;
- timed deceleration;
- jog;
- adjustable current limit(s);
- dynamic braking;
- reversing;
- regeneration;
- line filtering;
- input/output data processing (analog/digital);
- automatic restart.

3.2 Traitement des défauts

Un équipement variateur doit fournir des indications de défauts. L'indication peut comporter une alarme commune et/ou un signal de déclenchement disponible sur un ou des contacts de relais ou sur une ou des sorties statiques. L'indication de défaut est normalement actionnée par un ou plusieurs défauts du CDM correspondant à la liste suivante, qui n'est pas limitative:

- défauts externes;
- fusion du ou des fusibles;
- surintensité;
- température convertisseur;
- défaut ventilation;
- surcharge du moteur;
- défaut de l'alimentation auxiliaire;
- surtension ou sous-tension sur le réseau;
- perte d'une phase;
- surtension sur le moteur;
- survitesse et/ou défaut de la dynamo-tachymétrique;
- minimum d'excitation;
- défaut interne du système de contrôle;
- diagnostic sur les circuits de régulation ou de puissance.

3.3 Indications d'état minimales requises

L'équipement variateur (CDM) doit fournir l'indication d'«entraînement sous tension» par des signaux d'état (que le moteur soit en rotation ou en attente). Le CDM peut aussi fournir un signal indiquant qu'il est «prêt à fonctionner».

3.4 Signaux d'entrées/sorties (E/S)

Le nombre et la nature des signaux d'entrées et de sorties doivent être indiqués par le constructeur. Toute modification doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

NOTE – Variables et paramètres nécessitent des entrées et des sorties. Il s'agit d'entrées/sorties analogiques ou numériques en mode tension ou courant. Les informations sont échangées via des liaisons séries ou parallèles selon diverses normes. Les variables analogiques et numériques sont configurables manuellement à partir d'un panneau de commande et affichées. Les variables et les paramètres sont traités de la même façon.

4 Conditions de service

4.1 Fonctionnement et installation

Sauf modification, l'équipement concerné par la présente partie de la CEI 61800 doit être capable de fonctionner avec les performances spécifiées suivant les conditions de 2.2 et 2.3 de la CEI 60146-1-1, et du guide CEI 106.

4.1.1 Conditions électriques de service

Sauf spécification contraire, le CDM ou BDM doit être conçu pour fonctionner dans les conditions de service spécifiées ci-dessous. Les valeurs spécifiées tiennent compte de l'influence du système d'entraînement considéré.

3.2 Fault supervision

The CDM shall provide specified fault indication. This may consist of a common alarm and/or trip signal provided via dry relay contact(s) or static relay(s). The fault indication is normally activated by one or more of the CDM faults which may include but are not limited to the following:

- external faults;
- fuse(s) blown;
- instantaneous overcurrent;
- overtemperature (converter);
- loss of cooling air;
- motor overload;
- auxiliary power supply fault;
- supply over/undervoltage;
- supply phase loss;
- motor overvoltage;
- overspeed and/or tachometer loss protection;
- field loss protection;
- internal control system fault;
- regulator/power circuit diagnostics.

3.3 Minimum status indication required

The CDM shall be equipped with status indication signals for "drive on" (whether rotating or at standstill). The CDM may also be equipped with a status indication signal "drive ready for operation".

3.4 I/O devices

Number and nature of I/O shall be stated by the manufacturer. Any modification shall be agreed upon between the manufacturer and user.

NOTE – Inputs and outputs are needed for both variables and parameters. They are provided through analog or digital inputs/outputs using voltage or current. They are communicated through serial or parallel links according to various communication standards. Both analog and digital variables can be manually set by use of a control panel and can be read on displays. Variables and parameters are treated in the same manner.

4 Service conditions

4.1 Installation and operation

Unless modified, the equipment which is within the scope of this part of IEC 61800 shall be capable of operation under the conditions listed in 2.2 and 2.3 of IEC 60146-1-1, and IEC Guide 106.

4.1.1 Electrical service conditions

Unless otherwise specified, the CDM or BDM shall be designed to operate under the service conditions specified below. The values specified include the effect of the drive system being considered.

Les prescriptions CEM sont traitées dans la CEI 61800-3

NOTE – Les limites définies en 4.1.1.1 à 4.1.1.5 établissent un lien entre les normes fondamentales de CEM et la pratique courante des convertisseurs à semiconducteurs telle que décrite en 2.5.1, 2.5.2 et 2.5.3 de la CEI 60146-1-1, elles correspondent généralement à la classe B.

4.1.1.1 Variations de fréquence

Fréquence $f_{LN} \pm 2 \%$ ($\pm 4 \%$ pour réseau d'alimentation séparé conformément à la classe 3 définie dans la CEI 61000-2-4).

Taux de variation de la fréquence $\leq 2 \%$ de f_{LN} / s.
(Voir aussi 5.2.3.2 de la CEI 61800-3.)

4.1.1.2 Variations de tension

Tension limite pour un fonctionnement continu

Tension d'entrée assignée de l'entraînement $\pm 10 \%$ (au point de couplage PC) conformément à la classe 2 de la CEI 61000-2-4 (voir aussi 5.2.2.1 et 5.2.2.2 de la CEI 61800-3).

NOTE – Des variations de la tension de courte durée au-delà des valeurs spécifiées peuvent provoquer un arrêt ou un déclenchement. Si le fonctionnement sans interruption est nécessaire, celui-ci doit faire l'objet d'un accord préalable entre l'utilisateur et le fournisseur/constructeur.

Tension limite pour un fonctionnement aux performances assignées

Les performances assignées du convertisseur doivent être maintenues quand la composante fondamentale en régime permanent de la tension alternative du réseau d'alimentation est supérieure ou égale à 100 % et inférieure ou égale à 110 % de la valeur de tension assignée mesurée aux bornes du BDM. L'obtention des performances assignées à des tensions inférieures à 100 % de la valeur de tension assignée doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur/constructeur.

NOTE – Se reporter aussi en 5.2.1.

4.1.1.3 Déséquilibre de tension

L'entraînement doit fonctionner avec un déséquilibre de tension (au point de couplage PC) pouvant atteindre au maximum 3 % du fondamental de la tension d'alimentation réseau (U_{LN1}). Voir définition et calcul en 5.2.3.1 et B.3 de la CEI 61800-3.

4.1.1.4 Impédance de la source

Le rapport de court-circuit minimal (R_{SC}), défini au PC, nécessaire au PDS pour atteindre ses performances assignées doit être de 20.

NOTE 1 – Une impédance de source plus importante peut provoquer un amortissement faible pouvant se traduire par des défaillances et des dimensions d'encoches de commutation excessives.

NOTE 2 – Voir la documentation du constructeur pour déterminer la valeur maximale du R_{SC} .

EMC requirements for power drive systems are stated in IEC 61800-3.

NOTE – The limits specified in 4.1.1.1 to 4.1.1.5 link the EMC standards to existing practice in semiconductor converters given in 2.5.1, 2.5.2 and 2.5.3 of IEC 60146-1-1, and correspond generally to class B.

4.1.1.1 Frequency variations

Frequency $f_{LN} \pm 2\%$ ($\pm 4\%$ for separated supply network) according to class 3 defined in IEC 61000-2-4.

Rate of change of frequency $\leq 2\% f_{LN}/s$.

(See also 5.2.3.2 of IEC 61800-3.)

4.1.1.2 Voltage changes

Voltage limits for uninterrupted operation

PDS rated input voltage $\pm 10\%$ (at the point of coupling PC), according to class 2 defined in IEC 61000-2-4 (see also 5.2.2.1 and 5.2.2.2 of IEC 61800-3).

NOTE – Short time voltage variation beyond the levels specified may result in interruption of operation or tripping. If continuous operation is necessary, an agreement is required between the user and the supplier/manufacturer.

Voltage limits for rated performance

Rated converter performance shall be maintained when the steady-state fundamental component of the line a.c. supply voltage is equal to or greater than 100 % and equal to or less than 110 % of the rated value measured at the terminals of the BDM. Rated operation at voltages below 100 % of rated voltage shall be subject to agreement between the user and the supplier/manufacturer.

NOTE – Also refer to 5.2.1.

4.1.1.3 Voltage unbalance

PDS shall operate with a line voltage unbalance (at the point of coupling PC) up to, but not exceeding 3 % of the fundamental rated input voltage (U_{LN1}). See 5.2.3.1 and B.3 of IEC 61800-3, for definition and calculation.

4.1.1.4 Source impedance

The minimum R_{SC} ratio for the PDS to meet rated performance shall be 20 determined at the point of coupling (PC).

NOTE 1 – A larger source impedance may cause snubbers to have a poor damping ratio resulting in possible failure condition and excessive notch size.

NOTE 2 – See the manufacturer's documentation to determine the maximum design R_{SC} ratio.

4.1.1.5 Harmoniques et encoches de commutation

a) Harmoniques

Sauf accord particulier différent, les équipements qui font l'objet de cette partie de la CEI 61800 doivent être conçus pour fonctionner sous une tension dont le taux de distorsion harmonique total (THD) en tension est de 10 % en régime permanent (au point de couplage), et de 15 % pendant les périodes transitoires de durée inférieure à 15 s, conformément à la classe 3 de la CEI 61000-2-4 (voir aussi 5.2.1 de la CEI 61800-3).

NOTE – Les niveaux de compatibilité des tensions harmoniques des divers rangs individuels sont donnés aux tableaux 3, 4 et 5 de la CEI 61000-2-4.

En annexe B.5, un exemple théorique de calcul de distorsion harmonique illustre l'évaluation d'une relation pratique entre émission et immunité, prenant en compte l'effet de l'entraînement lui-même ainsi que prescrit en 4.1.

b) Encoches de commutation

L'entraînement doit être capable de fournir les performances assignées avec les valeurs limites d'encoches suivantes aux bornes réseau du CDM/BDM. (Voir 2.5.4.1 de la CEI 60146-1-1, classe immunité B.)

- Profondeur d'encoche 40 % de U_{LWM}
- Aire de l'encoche 250 % × degrés

4.1.1.6 Transitoires répétitifs et non répétitifs

La figure 4 montre une forme d'onde typique de tension alternative contenant des transitoires répétitifs et non répétitifs.

Les transitoires sont causés par la commutation du convertisseur, par les manoeuvres d'appareillage, ou par d'autres perturbations sur le réseau d'alimentation.

Le BDM doit être conçu pour fonctionner dans un environnement comprenant des transitoires non répétitifs dont l'origine est la manoeuvre d'enclenchement ou de déclenchement du transformateur d'alimentation, à condition que ce transformateur ne soit pas dimensionné pour plus de cinq fois la puissance apparente de l'entraînement considéré. Dans le cas où le transformateur serait dimensionné pour une charge supérieure, un dispositif à plus grande possibilité d'absorption d'énergie transitoire doit être installé à l'extérieur du BDM.

L'énergie E (en joules) des transitoires non répétitifs causés par les enclenchements et déclenchements du transformateur alimentant le variateur est directement liée à l'énergie magnétisante de celui-ci. Elle peut être calculée par l'équation:

$$E = 400 \times S_N$$

où S_N est exprimé en MVA et est égal à:

$$S_N = \sqrt{3} \times U_{LN} \times I_{LN} \times 10^{-6}$$

où

U_{LN} est la tension assignée du système;

I_{LN} est le courant assigné côté réseau.

Avec les hypothèses suivantes:

- le courant magnétisant du transformateur est égal à 5 %;
- l'énergie fournie par les transitoires correspond à leur énergie maximale.

NOTE – On peut conduire un calcul spécifique si les caractéristiques du transformateur sont connues.

4.1.1.5 Harmonics and commutation notches

a) Harmonics

Unless otherwise agreed to, the equipment within the scope of this part of IEC 61800 shall be designed to operate with a voltage total harmonic distortion (THD) of 10 % under steady-state conditions (at the point of coupling, PC), and of 15 % during transient periods of less than 15 s, according to class 3 defined in IEC 61000-2-4 (see also 5.2.1 of IEC 61800-3).

NOTE – Compatibility levels for individual harmonic voltages are given in tables 3, 4 and 5 of IEC 61000-2-4.

A theoretical example of harmonic distortion illustrates, in annex B.5, a practical assessment of the relationship between emission and immunity, to take into account the effect of the drive itself as stated in 4.1.

b) Commutation notches

The equipment shall meet the rated performance with the following notching limits at the line-side terminals of the CDM/BDM (See 2.5.4.1 of IEC 60146-1-1, immunity class B).

- Commutation notch depth 40 % of U_{LWM}
- Commutation notch area 250 % × degrees

4.1.1.6 Repetitive and non-repetitive transients

A typical a.c. voltage waveform containing repetitive and non-repetitive transients is shown in figure 4.

The transients are caused by converter commutation, switching on the network and disturbances on the power system.

The BDM shall be designed to operate in an environment with non-repetitive transients caused by transformer switching provided that the supply transformer is sized for no more than five times the apparent power of the drive under consideration. Where transformers are sized for greater capacity, additional transient energy absorption capacity shall be provided external to the BDM.

The energy E (in joules) of the non-repetitive transient caused by switching of the transformer is directly related to the magnetisation energy of the transformer feeding the BDM. The energy can be calculated by the equation:

$$E = 400 \times S_N$$

where S_N is expressed in MVA and is equal to:

$$S_N = \sqrt{3} \times U_{LN} \times I_{LN} \times 10^{-6}$$

where

U_{LN} is the rated system voltage;

I_{LN} is the line-side rated a.c. current.

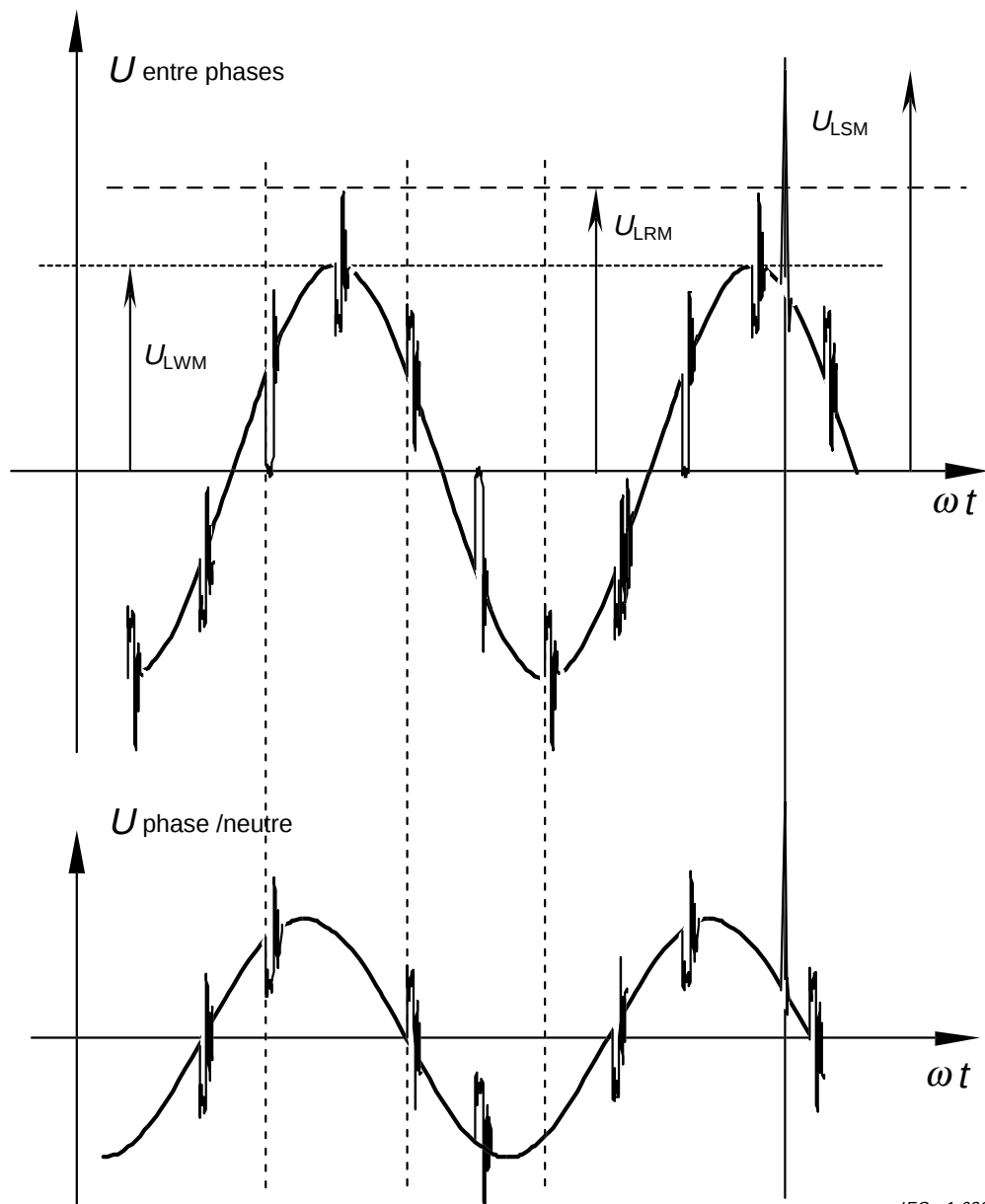
The following assumptions are made:

- the magnetization current is 5 %;
- switching occurs at the point of maximum energy release.

NOTE – If the transformer characteristics are known, a specific calculation can be made.

4.1.1.7 Conditions inhabituelles

Des conditions particulières telles que cycle de charge inhabituel, déséquilibre d'impédances du réseau, champs magnétiques anormalement élevés, perturbations aux fréquences radio-électriques de forts niveaux (en provenance d'émetteurs de radiocommunications), et adjonction d'impédance en dehors du CDM/BDM après les tests de recette doivent être indiquées ou spécifiées.



IEC 1 622/97

NOTE – A titre indicatif seulement, on cite des valeurs typiques. La figure suppose qu'il n'y a pas d'impédance entre les bornes du PDS et celles du convertisseur.

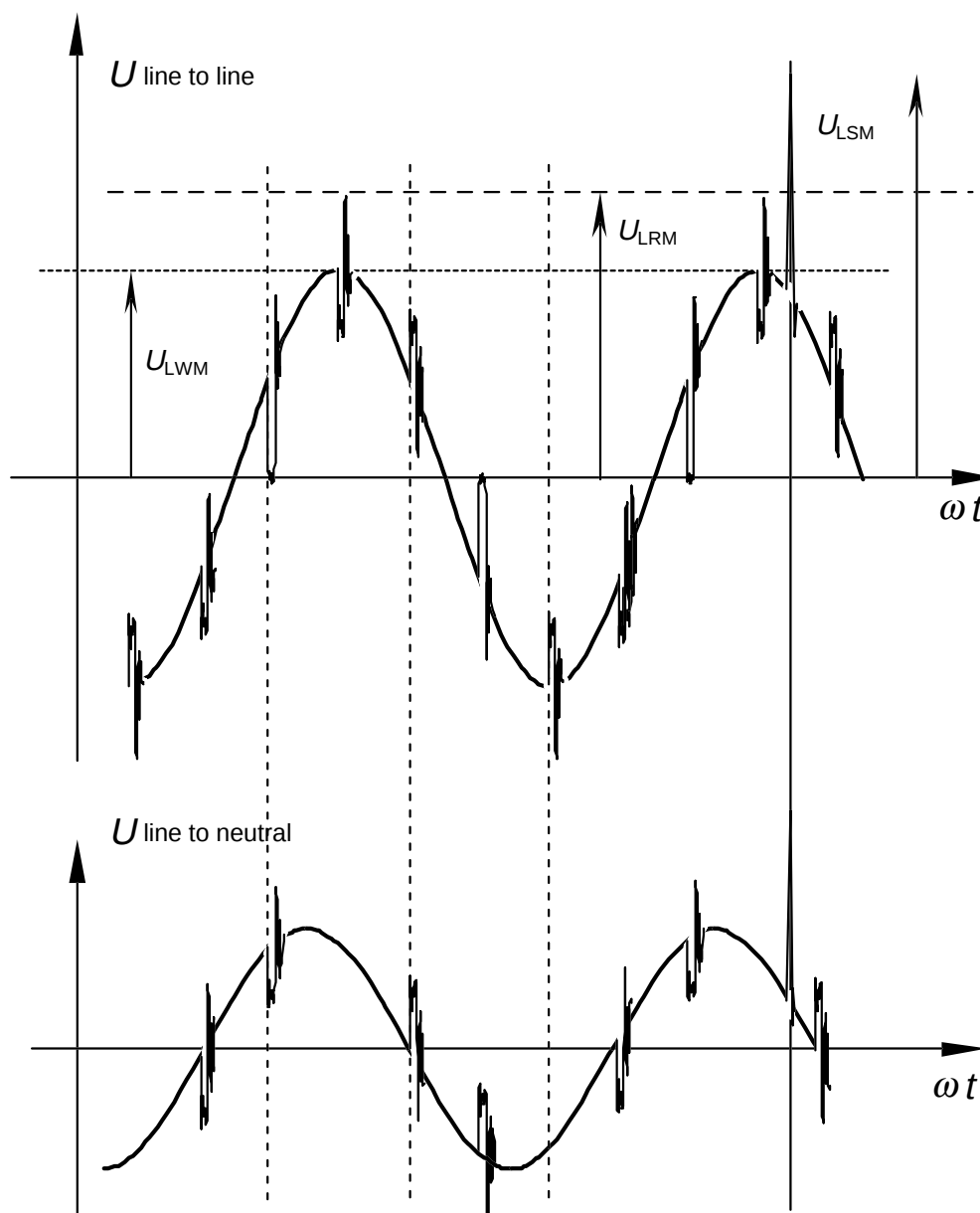
Transitoires répétitifs (U_{LRM}/U_{LWM}): 1,25 à 1,50, en fonction de la définition des circuits d'aide à la commutation et en lien avec les di/dt et IRR.

Transitoires non répétitifs (U_{LSM}/U_{LWM}): 1,80 à 2,50, en fonction de circuits de protection supplémentaires.

Figure 4 – Forme d'onde typique côté alternatif aux bornes d'un convertisseur d'indice de pulsation 6

4.1.1.7 Unusual conditions

Particular conditions such as unusual operating duty, unbalanced a.c. system impedance, unusually strong magnetic fields, unusually high levels of radio frequency interference (such as from communication transmitters), and additional impedance outside the CDM or BDM added after the acceptance test shall be communicated where known or specified.



IEC 1 622/97

NOTE – Typical range of per unit values are provided for reference only. The figure assumes there is no impedance between PDS terminals and the converter.

Repetitive transients (U_{LRM}/U_{LWM}): 1,25 to 1,50, depending on the snubber design with respect to di/dt and IRR.

Non repetitive transients (U_{LSM}/U_{LWM}): 1,80 to 2,50, depending on additional protective devices.

Figure 4 – Typical a.c. voltage waveform at six pulses converter terminals

4.1.2 Conditions d'environnement de service

4.1.2.1 Conditions climatiques

L'entraînement doit fonctionner dans des conditions d'environnement spécifiées dans la CEI 60721-3-3 pour la classe 3K3, et à la section 2 de la CEI 60146-1-1 pour les fluides de refroidissement (eau et huile). Ceci inclut:

a) la température du fluide de refroidissement

air +0 °C à +40 °C

eau +5 °C à +30 °C

huile –5 °C à +30 °C

b) la température ambiante

+5 °C à +40 °C

c) l'humidité relative

5 % à 85 % sans condensation

d) les poussières et particules:

un équipement standard est défini pour fonctionner en air propre selon 2.5.1 de la CEI 60664-1 (degré de pollution 2). Toute autre condition est à classer dans les «conditions de service inhabituelles» et doit être spécifiée par l'acheteur; voir la CEI 60529 pour le degré de protection apporté par les enveloppes;

e) les périodes de non-fonctionnement doivent être spécifiées même si la température est dans la plage définie ci-dessus.

4.1.2.2 Conditions mécaniques d'installation

Le CDM/BDM doit être monté à l'intérieur, sur une surface rigide, dans des locaux ou dans des enveloppes additionnelles sans gêner sérieusement le dispositif de refroidissement ou de ventilation. L'installation d'une climatisation peut être envisagée afin d'améliorer la fiabilité du CDM/BDM.

D'autres conditions d'installation demandent à être examinées spécialement et doivent faire l'objet d'une spécification et d'une consultation du fabricant.

Les vibrations doivent rester dans les limites des valeurs de la CEI 60721-3-3, la classe 3M1 étant considérée comme normale pour les équipements à poste fixe.

Tableau 3 – Limites de vibrations de l'installation

Fréquence Hz	Amplitude mm	Accélération m/s ²
$2 \leq f < 9$	0,3	Sans objet
$9 \leq f < 200$	Sans objet	1

Des vibrations au-delà de ces limites ou l'utilisation sur un équipement mobile sont considérées comme des conditions de service inhabituelles.

4.1.2 Environmental service conditions

4.1.2.1 Climatic conditions

The CDM shall operate under environmental conditions specified in IEC 60721-3-3 for class 3K3, and section 2 of IEC 60146-1-1 for water and oil coolants. This includes the following:

- a) coolant temperature
 - air +0 °C to +40 °C
 - water +5 °C to +30 °C
 - oil –5 °C to +30 °C
- b) ambient temperature
 - +5 °C to +40 °C
- c) relative humidity
 - 5 % to 85 % non-condensing
- d) dust and solid particle content
 - standard equipment is designed for clean air, refer to 2.5.1 of IEC 60664-1 pollution degree 2; any other condition constitutes "unusual service conditions" and requires specification by the customer; see IEC 60529 for degree of protection of enclosure;
- e) off-load periods shall be specified even if the ambient temperature is in the range defined above.

4.1.2.2 Mechanical installation conditions

The CDM/BDM shall be installed indoors on a rigid mounting surface, in areas or supplementary enclosure which do not seriously interfere with the ventilation or cooling system. An air-conditioner may be furnished to enhance the reliability of the CDM/BDM.

Other installation circumstances require special consideration and require specification and consultation with the manufacturer.

Vibration shall remain within the limits of IEC 60721-3-3, class 3M1 which is considered normal for stationary equipment.

Table 3 – Installation vibration limits

Frequency Hz	Amplitude mm	Acceleration m/s ²
$2 \leq f < 9$	0,3	n.a.
$9 \leq f < 200$	n.a.	1

Vibration beyond these limits, or use on non-stationary equipment, are considered unusual mechanical conditions.

4.1.3 Conditions inhabituelles d'environnement de service

L'utilisation du convertisseur de puissance, du système de commande associé et de l'entraînement dans des conditions s'écartant des conditions habituelles définies par la CEI 60146-1-1 doit être considérée comme anormale. Ces conditions anormales de service doivent être précisées par l'acheteur.

Des conditions anormales de service, telles que celles énumérées ci-dessous, peuvent exiger une construction spéciale ou des protections particulières. Les conditions ci-dessous doivent être signalées si elles sont connues ou spécifiées:

- a) exposition à des gaz corrosifs;
- b) exposition à une humidité excessive (humidité relative supérieure à 85 %);
- c) exposition à un niveau d'empoussièrement excessif;
- d) exposition à de la poussière abrasive;
- e) exposition à de la vapeur ou à de la condensation d'eau;
- f) exposition à de la vapeur d'huile;
- g) exposition à des mélanges explosifs de poussières ou de gaz;
- h) exposition à l'air salin;
- i) exposition à des vibrations anormales, chocs, secousses;
- j) exposition aux intempéries ou aux égouttements d'eau;
- k) exposition à des conditions de magasinage ou de transport inhabituelles;
- l) exposition à des changements soudains ou brutaux de température;
- m) exiguïté anormale de l'espace disponible;
- n) eau de refroidissement contenant des acides ou des impuretés, pouvant être la cause d'un encrassement excessif, de dépôt de tartre de boues, d'électrolyse ou de corrosion;
- o) radiations nucléaires anormalement élevées;
- p) altitude supérieure à 1 000 m;
- q) longues périodes d'arrêt;
- r) équipement extérieur.

4.1.4 Installation, mise en service et fonctionnement

Les conditions normales de service et les conditions inhabituelles de service s'appliquent de la même manière à l'installation, à la mise en service et à l'utilisation.

4.2 Magasinage de l'équipement

Dès réception, l'équipement doit être placé sous un abri adéquat, si le conditionnement de transport n'est généralement pas prévu pour un stockage extérieur ou non protégé.

4.2.1 Conditions climatiques

Les équipements doivent pouvoir être magasinés dans les conditions d'environnement spécifiées par la CEI 60721-3-1. Ce qui inclut:

- a) température ambiante: classe 1K4: –25 °C à +55 °C
- b) humidité relative: classe 1K3: 5 % à 95 %

4.1.3 Unusual environmental service conditions

The use of power converter equipment, associated drive control, and drive equipment under conditions departing from the usual conditions listed in IEC 60146-1-1 shall be considered unusual. These unusual service conditions shall be specified by the purchaser.

Unusual service conditions, of the kind listed below, may require special optional construction or protective features. The following conditions shall be communicated where known or specified:

- a) exposure to damaging fumes;
- b) exposure to excessive moisture (relative humidity greater than 85 %);
- c) exposure to excessive dust;
- d) exposure to abrasive dust;
- e) exposure to steam or water condensation;
- f) exposure to oil vapour;
- g) exposure to explosive mixtures of dust or gases;
- h) exposure to salt air;
- i) exposure to abnormal vibration, shock or tilting;
- j) exposure to weather or dripping water;
- k) exposure to unusual transportation or storage conditions;
- l) exposure to extreme or sudden changes in temperature;
- m) unusual space limitations;
- n) cooling water containing acid or impurities which cause excessive scale, sludge, electrolysis or corrosion;
- o) unusually high nuclear radiation;
- p) altitudes above 1 000 m (3 300 ft);
- q) long off-load periods;
- r) outdoor equipment.

4.1.4 Installation, commissioning and operation

Installation, commissioning, and operation have the same normal and unusual service conditions.

4.2 Storage of equipment

The equipment shall be placed under adequate cover immediately upon receipt if packing coverings are not generally suitable for outdoor or unprotected storage.

4.2.1 Climatic conditions

Equipment shall be capable of storage under environmental conditions as specified in IEC 60721-3-1. This includes the following:

- a) ambient temperature class: 1K4: –25 °C to +55 °C
- b) relative humidity class: 1K3: 5 % to 95 %

Les modules et les panneaux doivent être protégés de la condensation. Si certaines parties de l'équipement ne doivent pas être installées immédiatement, elles doivent être entreposées en un lieu propre, sec et protégé des variations de températures, d'une humidité importante et de la poussière. Dans toute la mesure du possible, il convient d'éviter les variations brutales de température et d'humidité. Si la température du local de magasinage varie de telle manière que l'équipement soit susceptible d'être soumis à la condensation ou au gel, l'équipement doit alors être protégé par un dispositif de chauffage sûr et fiable, maintenant celui-ci à une température légèrement supérieure à celle du local. Si l'équipement a été maintenu à basse température pendant une longue période, il convient qu'il ne soit pas déballé tant qu'il n'a pas atteint la température du local afin d'éviter la condensation. La présence d'une telle humidité dans certaines parties de l'équipement peut être la cause d'un défaut d'isolement électrique.

4.2.2 Risques particuliers de magasinage

Les risques suivants requièrent une attention particulière:

- a) eau – à l'exception des équipements spécifiquement conçus pour une utilisation extérieure, l'équipement doit être protégé de la pluie, de la neige, du givre, etc.;
- b) altitude – il convient que l'équipement ne soit pas entreposé à plus de 3 000 m au-dessus du niveau de la mer;
- c) agents corrosifs – l'équipement doit être protégé des projections d'embruns salés, des émanations de gaz dangereux, ou des liquides corrosifs, etc.;
- d) durée – les spécifications des articles ci-dessus ne s'appliquent qu'à des durées totales de transport et de magasinage inférieures à six mois. Des durées supérieures peuvent nécessiter un traitement spécial (gamme réduite de température ambiante comme dans la classe 1K3);
- e) rongeurs et moisissures – lorsque les conditions de magasinage peuvent conduire à des agressions par des rongeurs ou par des moisissures, les spécifications de l'équipement doivent inclure les protections appropriées;
 - rongeurs – les matériaux extérieurs, la taille des ouvertures de refroidissement, les connexions, etc., doivent être spécifiées pour éloigner l'attaque et l'intrusion;
 - moisissures – les matériaux doivent être spécifiés avec un pouvoir fongicide suffisant pour les conditions de magasinage et de fonctionnement.

4.3 Transport

4.3.1 Conditions climatiques

Le transport de l'équipement dans l'emballage standard du fournisseur doit être possible dans les conditions d'environnement spécifiées par la classe 2K3 de la CEI 60721-3-2. Ce qui inclut:

- a) température ambiante: –25 °C à +70 °C

NOTE – La température ambiante est la température avoisinant immédiatement l'équipement (par exemple l'intérieur du conteneur).

- b) humidité relative: 95 % à +40 °C

NOTE – Certaines combinaisons de température et d'humidité peuvent être la cause de condensation.

4.3.2 Conditions climatiques inhabituelles

Dans le cas où l'équipement serait transporté à des températures inférieures à –25 °C, il faut soit employer un réchauffage, soit démonter certains composants sensibles aux basses températures.

Modules and panels shall be protected from condensation. If any part of the equipment is not to be installed immediately, it shall be stored in a clean, dry place and protected from variations in temperature, high humidity, and dust. If possible, sudden changes in temperature and humidity should be avoided. If the temperature of the storage room varies to such an extent that the equipment surfaces are exposed to sweating or freezing conditions, the equipment shall be protected by a safe, reliable heating system which will keep the temperature of the equipment slightly above that of the storage room. If the equipment has been exposed to low temperature for an extended period of time it should not be unpacked until it has reached room temperature, otherwise it will sweat. The presence of moisture on certain internal parts can cause electrical failure.

4.2.2 Specific storage hazards

The following require particular attention:

- a) water – except for equipment specifically designed for outdoor installation, equipment shall be protected from rain, snow, sleet, etc.;
- b) altitude – equipment should not be stored above 3 000 m above sea level;
- c) corrosive materials – equipment shall be protected from salt spray, hazardous gases, corrosive liquids, etc.;
- d) time – the above specifications apply to shipping and storage with a total duration of up to six months, longer storage times may require special consideration (i.e. reduced ambient temperature range such as in class 1K3);
- e) rodents and fungi – when storage conditions are likely to involve rodent or fungus attack, equipment specifications shall include protective items;
 - rodents – materials on the outside of the equipment and the size of apertures for cooling, connection, etc. shall be specified so as to discourage rodent attack or entry;
 - fungi – materials shall be specified for a degree of fungus resistance suitable for the storage and operating environments.

4.3 Transportation

4.3.1 Climatic conditions

Equipment shall be capable of transportation in the supplier's standard package, under environmental conditions as specified in class 2K3 of IEC 60721-3-2. This includes the following:

- a) ambient temperature: –25 °C to +70 °C

NOTE – Temperature limits refer to the ambient temperature immediate surrounding the equipment (for example inside a container).

- b) relative humidity: 95 % at +40 °C

NOTE – Some combinations of temperature and humidity may cause condensation.

4.3.2 Unusual climatic conditions

Where transportation temperatures below –25 °C are anticipated, the use of heated transport or the removal of selected low temperature sensitive components is required.

4.3.3 Conditions mécaniques

Le transport de l'équipement dans l'emballage standard du fournisseur doit être possible dans les conditions spécifiées par la classe 2M1 de la CEI 60721-3-2.

Cela inclut les vibrations et les chocs (voir tableaux 4 et 5).

Tableau 4 – Limites de vibrations au cours du transport

Fréquences Hz	Amplitude mm	Accélération m/s ²
$2 \leq f < 9$	3,5	Sans objet
$9 \leq f < 200$	Sans objet	10
$200 \leq f < 500$	Sans objet	15

Tableau 5 – Limites de chocs au cours du transport

Masse kg	Hauteur de chute libre m
$M < 20$	0,25
$20 \leq M < 100$	0,25
$100 \leq M$	0,10

NOTE 1 – Si des chocs ou des vibrations sont prévus au-delà de ces limites, des conditions spéciales d'emballage ou de transport sont nécessaires.

NOTE 2 – Si on a identifié des conditions d'environnement moins sévères, l'emballage peut tenir compte de ces contraintes réduites après accord entre le constructeur ou le fournisseur, l'utilisateur et le transporteur.

5 Caractéristiques assignées

5.1 Caractéristiques assignées en entrée du BDM

5.1.1 Tensions d'entrée

Les caractéristiques assignées du variateur aux bornes d'entrée doivent être fixées par le constructeur. Les valeurs préférentielles sont:

- a) 100, 110, 200, 220, 230*, 240, 380, 400*, 415, 440, 500, 660, 690* V à 50 Hz;
- b) 100, 115, 120, 200, 208, 220, 230, 240, 400, 440, 460, 480, 575, 600 V à 60 Hz.

* Tensions normales de la CEI 60038.

4.3.3 Mechanical conditions

Equipment shall be capable of transportation, in the supplier's standard package, within the limits prescribed in class 2M1 of IEC 60721-3-2.

This includes vibrations and shocks (see tables 4 and 5).

Table 4 – Transportation vibration limits

Frequency Hz	Amplitude mm	Acceleration m/s ²
$2 \leq f < 9$	3,5	n.a.
$9 \leq f < 200$	n.a.	10
$200 \leq f < 500$	n.a.	15

Table 5 – Transportation shock limits

Mass kg	Height of free fall m
$M < 20$	0,25
$20 \leq M < 100$	0,25
$100 \leq M$	0,10

NOTE 1 – If a shock and vibration environment beyond those limits is anticipated, special packaging or transport is required.

NOTE 2 – If a less damaging environment is known to exist, packaging may reflect reduced requirements by agreement between manufacturer/supplier, user, and carrier.

5 Ratings

5.1 BDM input ratings

5.1.1 Input voltages

The BDM input ratings shall be stated by the manufacturer. Preferred values are:

- a) 100, 110, 200, 220, 230*, 240, 380, 400*, 415, 440, 500, 660, 690* V at 50 Hz;
- b) 100, 115, 120, 200, 208, 220, 230, 240, 400, 440, 460, 480, 575, 600 V at 60 Hz.

* Standard voltages as specified in IEC 60038.

5.1.2 Courants en entrée

Il existe deux courants en entrée:

- convertisseur seul: I_{VN}
cette valeur doit être établie par le constructeur à la valeur d'impédance de ligne alternative minimale;
- équipement variateur (CDM) ou variateur (BDM): I_{LN} ;
cette valeur inclut tous les courants des auxiliaires, dont la part est I_{XN} .

5.2 Caractéristiques assignées en sortie du BDM

5.2.1 Caractéristiques permanentes assignées en sortie

Les caractéristiques permanentes assignées en sortie définies par le constructeur doivent être exprimées en tension (U_{dN}) et en courant (I_{dN}).

La puissance assignée de sortie peut également être donnée comme guide pour aider l'utilisateur à choisir le moteur adéquat.

NOTE 1 – L'expression en terme de U_{dN} et I_{dN} facilite les mesures et la recherche du dimensionnement adéquat en courant des conducteurs.

NOTE 2 – Lorsque le moteur et le CDM ne sont pas fournis par le même constructeur ou fournisseur, un échange d'informations est nécessaire entre les fournisseurs pour définir correctement la performance et assurer la compatibilité entre moteur et CDM.

5.2.2 Capacités de surcharge

Les convertisseurs doivent être dimensionnés pour l'une des capacités de surcharge suivantes, sauf spécification contraire. Les capacités de surcharge s'appliquent à la plage de vitesse assignée (voir aussi note 3).

- a) 150 % du courant de sortie assigné (I_{dN}) pendant 45 s suivant un fonctionnement en régime permanent au courant assigné de sortie, et ensuite une période où le courant est inférieur à la valeur assignée, d'une durée telle que la valeur thermique efficace du courant de sortie n'excède pas la valeur assignée (I_{dN}).

Exemple: si le cycle de charge exige 150 % du courant assigné pendant 30 s toutes les 5 min, les 4,5 min restantes doivent correspondre à un fonctionnement à environ 92 % du courant assigné ou moins, afin de maintenir la valeur thermique efficace à une valeur $\leq$ à 100 %. Si l'exigence de surcharge est de 30 s toutes les 30 min, les 29,5 min restantes doivent alors correspondre à un fonctionnement à environ 98 % de la valeur assignée ou moins.

NOTE 1 – La surcharge est conforme aux surcharges occasionnelles du courant moteur suivant 18.3 de la CEI 60034-1:

- 45 s pour une machine de puissance ≤ 1 kW par r/min,
- 30 s pour une machine de puissance > 1 kW par r/min.

En variante, on utilise aussi couramment 150 % du courant de sortie assigné (I_{dN}) pendant 1 min suivant un fonctionnement en régime permanent au courant assigné de sortie, et ensuite une période où le courant est inférieur à la valeur assignée, d'une durée telle que la valeur thermique efficace du courant de sortie n'excède pas la valeur assignée (I_{dN}).

Exemple: si le cycle de charge exige 150 % du courant assigné pendant 1 min toutes les 10 min, les 9 min restantes doivent correspondre à un fonctionnement à environ 92 % du courant assigné ou moins, afin de maintenir la valeur thermique efficace à une valeur $\leq$ à 100 %. Si l'exigence de surcharge est de 1 min toutes les 60 min, les 59 min restantes doivent alors correspondre à un fonctionnement à environ 98 % de la valeur assignée ou moins.

5.1.2 Input currents

There are two input currents:

- converter alone: I_{VN} ;
this value shall be stated by the manufacturer at the minimum a.c. line impedance;
- CDM or BDM: I_{LN} ;
this value includes current required by auxiliaries I_{XN} .

5.2 BDM output ratings

5.2.1 Continuous output ratings

Continuous output ratings shall be stated by the manufacturer and shall be in terms of voltage (U_{dN}) and current (I_{dN}).

A rated output power can also be given as a general guide to assist the user in motor selection.

NOTE 1 – Rating in term of U_{dN} and I_{dN} allows use of direct measurement techniques and adequately addresses conductor current capacity.

NOTE 2 – When CDM and motor are not provided by the same manufacturer/supplier, information is to be exchanged to define proper performance and compatibility of CDM and motor.

5.2.2 Overload capability

PDS shall be rated for one of the following overload capabilities, unless otherwise specified. The overload capability applies to the rated speed range (see also note 3).

- a) Following continuous operation at rated output current, 150 % of rated output current (I_{dN}) for 45 s, followed by a period of load current less than rated current and of such duration that the r.m.s. output current over the duty cycle does not exceed rated output current (I_{dN}).

Example: if the duty cycle requires 150 % of rated current for 30 s in every 5 min, the remaining 4,5 min must be at approximately 92 % of rated current or less to maintain an r.m.s. value ≤ 100 %. If the requirement is 30 s out of 30 min, the remaining 29,5 min must be at approximately 98 % of rated current or less.

NOTE 1 – The overload is co-ordinated with occasional excess current of the motor; see 18.3 of IEC 60034-1:

- 45 s for machine output rating ≤ 1 kW per 1 r/min,
- 30 s for machine output rating > 1 kW per 1 r/min.

There is an alternative rating in common use: following continuous operation at rated output current, 150 % of rated output current (I_{dN}) for 1 min, followed by a period of load current less than rated current and of such duration that the r.m.s. output current over the duty cycle does not exceed rated output current (I_{dN}).

Example: if the duty cycle requires 150 % of rated current for 1 min in every 10 min, the remaining 9 min must be at approximately 92 % of rated current or less to maintain an r.m.s. value ≤ 100 %. If the requirement is 1 min out of 60 min, the remaining 59 min must be at approximately 98 % of rated current or less.

- b) 125 % du courant de sortie assigné (I_{dN}) pendant 1 min suivant un fonctionnement en régime permanent au courant assigné de sortie, et ensuite une période où le courant est inférieur à la valeur assignée, d'une durée telle que la valeur thermique efficace du courant de sortie n'excède pas la valeur assignée (I_{dN}).

Exemple: si le cycle de charge exige 125 % du courant assigné pendant 1 min toutes les 10 min, les 9 min restantes doivent correspondre à un fonctionnement à environ 96 % du courant assigné ou moins, afin de maintenir la valeur thermique efficace à une valeur $\leq$ à 100 %. Si l'exigence de surcharge est de 1 min toutes les 60 min, les 59 min restantes doivent alors correspondre à un fonctionnement à environ 99 % de la valeur assignée ou moins.

- c) 110 % du courant de sortie assigné (I_{dN}) pendant 1 min suivant un fonctionnement en régime permanent au courant assigné de sortie, et ensuite une période où le courant est inférieur à la valeur assignée, d'une durée telle que la valeur thermique efficace du courant de sortie n'excède pas la valeur assignée (I_{dN}).

Exemple: si le cycle de charge exige 110 % du courant assigné pendant 1 min toutes les 10 min, les 9 min restantes doivent correspondre à un fonctionnement à environ 98 % du courant assigné ou moins, afin de maintenir la valeur efficace à une valeur $\leq$ à 100 %. Si l'exigence de surcharge est de 1 min toutes les 60 min, les 59 min restantes doivent alors correspondre à un fonctionnement à environ 99 % de la valeur assignée ou moins.

NOTE 2 – La relation entre les courants de surcharge spécifiés et le couple développé par le moteur n'est pas l'objet des définitions ci-dessus.

NOTE 3 – Des conditions de surcharge spéciales peuvent être définies par une spécification entre l'utilisateur et le fournisseur ou le constructeur. Par exemple, l'amplitude de surcharge et sa durée peuvent faire l'objet d'une telle spécification. Le tableau 3 de la CEI 60146-1-1 donne des exemples de cycles de charges. Voir également 2.5.2, où l'on rappelle que la CEI 61136-1 peut traiter des cas complexes.

5.2.3 Plage de vitesses

La vitesse doit pouvoir être réglée par variation de la tension d'induit sur une plage minimale de huit à un.

Cette plage peut être augmentée au moyen de la désexcitation en fonction des caractéristiques du moteur (voir figure A.1).

NOTE – Fonctionnement en dessous de la vitesse de base:

les entraînements peuvent fonctionner à n'importe quelle vitesse comprise à l'intérieur de la plage assignée. Lorsqu'ils fonctionnent en permanence au couple assigné à des vitesses inférieures à la vitesse de base, l'échauffement du moteur peut dépasser la valeur qui serait obtenue à la pleine charge.

Afin de satisfaire aux spécifications de cycle de charge et de couple requises par la charge dans le cadre d'une application donnée, il convient que l'entraînement permette le fonctionnement avec le couple nécessaire aux basses vitesses en maintenant l'échauffement du moteur dans la plage normale.

5.2.4 Tensions continues assignées usuelles

Un fonctionnement en mode onduleur peut nécessiter la diminution de la tension.

Un convertisseur triphasé à commutation assistée par le réseau peut être sujet à une défaillance en fonctionnement onduleur par suite d'un trop grand rapport entre la tension continue et la tension alternative. La grande valeur de ce rapport peut être due à une valeur basse de la tension alternative, ou à une grande valeur de la tension d'induit aux bornes du moteur.

Le niveau bas de la tension alternative peut être dû à un creux de tension occasionné par le démarrage d'un moteur de grande puissance sur le même réseau de distribution, ou à une encoche de commutation placée **particulièrement** et provenant d'un autre convertisseur.

- b) Following continuous operation at rated output current, 125 % of rated output current (I_{dN}) for 1 min, followed by a period of load current less than rated and of such duration that the r.m.s. output current over the duty cycle does not exceed rated output current (I_{dN}).

Example: if the duty cycle requires 125 % of rated current for 1 min in every 10 min, the remaining 9 min must be at approximately 96 % of rated current or less to maintain an r.m.s. value ≤ 100 %. If the requirement is 1 min out of 60 min, the remaining 59 min must be at approximately 99 % of rated current or less.

- c) Following continuous operation at rated output current, 110 % of rated output current (I_{dN}) for 1 min, followed by a period of load current less than rated and of such duration that the r.m.s. output current over the duty cycle does not exceed rated output current (I_{dN}).

Example: if the duty cycle requires 110 % of rated current for 1 min in every 10 min, the remaining 9 min must be at approximately 98 % of rated current or less to maintain an r.m.s. value ≤ 100 %. If the requirement is 1 min out of 60 min, the remaining 59 min must be at approximately 99 % of rated current or less.

NOTE 2 – The relationship between the overload currents specified and the torque developed by the motor is not covered by the above.

NOTE 3 – Special overload conditions can be specified between the user and the supplier/manufacture. For example, overload magnitude and duration may be the subject of such specification, examples of duty classes are given in table 3 of IEC 60146-1-1. See also 2.5.2 where it is noted that complex cases can be covered by IEC 61136-1.

5.2.3 Speed range

The speed shall be capable of being adjusted over a range of not less than eight to one by armature voltage control.

This speed range may be extended by motor field weakening to a maximum speed depending on the motor rating (see figure A.1).

NOTE – Operation below base speed:

drives are capable of operation at any speed within the rated speed range. When drives are operated continuously at rated torque at speeds below the rated base speed, the temperature rise of the motor may exceed the rated full load value.

To meet the specified duty cycle and torque requirements of the load for a given application, the drive system design should assure adequate torque capability at reduced speed with a safe motor temperature rise.

5.2.4 Existing d.c. voltage ratings

Inverting operation may require reduction of armature voltage.

A three-phase line commutated converter can fail in the inverting mode due to excessive d.c./a.c. ratio. This ratio can have its large value due to a low a.c. line or to a large motor terminal voltage.

The low a.c. line may be due to a large motor starting on the power system causing a line dip, or to a properly placed commutation notch from another converter.

La tension d'induit élevée du moteur peut être due à une force contre-électromotrice élevée ou à un fort taux de décroissance du courant (ce taux de décroissance multiplié par l'inductance du moteur donne un accroissement de la tension d'induit aux bornes du moteur).

Le rapport usuel continu/alternatif dans des conditions industrielles typiques vaut 1,01 à 1,02 (ce rapport représente la $(FEM + L_A dI/dt)$ divisé par la tension alternative de ligne nominale).

5.3 Rendement et pertes

Le matériel pris en compte dans la spécification du rendement global doit être précisé.

Les pertes ou le rendement de l'entraînement complet (PDS), de l'équipement variateur (CDM) ou du variateur (BDM) (voir 2.5.8) doivent être fournis par le constructeur à la charge assignée et à la vitesse de base.

NOTE – Les pertes par ventilation d'un moteur à ventilation forcée sont comprises dans les pertes du PDS, tout comme celles d'un moteur autoventilé. Dans un cas comme dans l'autre elles ne font pas partie des pertes du CDM.

Un exemple de variation du rendement et des pertes en fonction de la vitesse est donné à la figure 5.

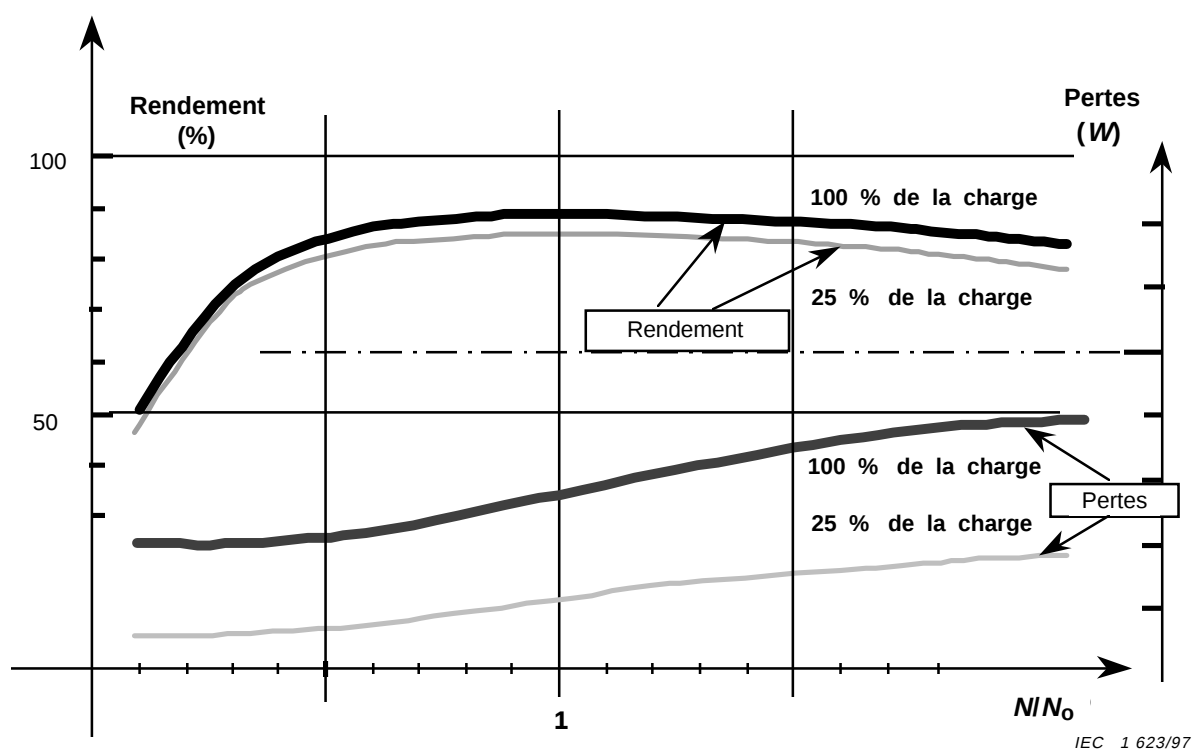


Figure 5 – Caractéristiques typiques de rendement et pertes d'un PDS

5.4 Ondulation

L'ondulation du courant du convertisseur est définie par le type de conversion donné ci-dessous (voir figure F.1).

The excessive motor terminal voltage can be due to a large motor counter EMF or a high rate of decreasing motor current (the armature current rate times the motor inductance results in an increased motor terminal voltage).

Usual d.c./a.c. ratio for typical industrial conditions is about 1,01 or 1,02 (this d.c./a.c. ratio is motor counter (EMF + $L_A dI/dt$) divided by a.c. nominal line voltage).

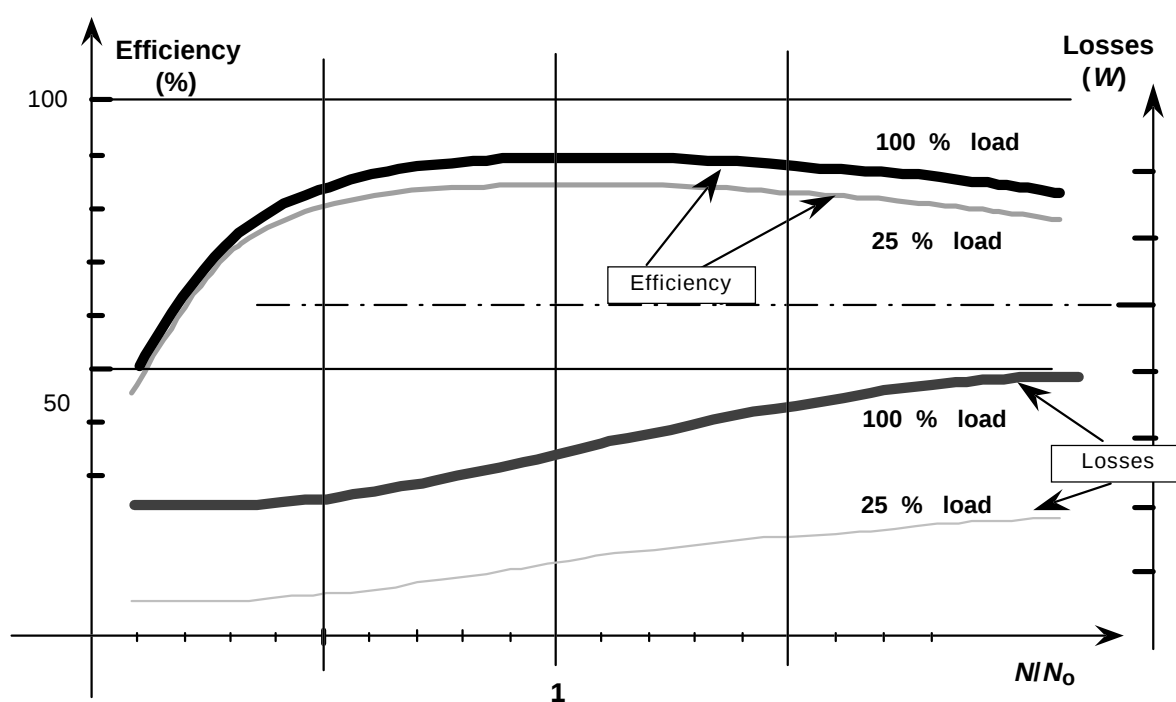
5.3 Efficiency and losses

The equipment included in the determination of the overall efficiency shall be stated.

The losses or efficiency of the PDS or of the CDM/BDM (see 2.5.8) shall be given by the manufacturer at rated load and base speed.

NOTE - The ventilation losses of the forced ventilated motor are included in the PDS losses, as those of a self ventilated motor, and in both cases they are not included in the CDM losses.

An example of variation of efficiency and losses versus speed is given in figure 5.



IEC 1 623/97

Figure 5 – Typical curves for efficiency and losses of a PDS

5.4 Ripple

The ripple content of the converter is designated by the type of conversion, as indicated below (see figure F.1).

Type A	Source de courant continu – batterie d'accumulateurs, – redresseur polyphasé possédant un indice de pulsation supérieur ou égal à 12 et dont le contrôle de phase est compris entre 0 % et 15 %, – alimentation disposant d'une inductance série suffisante pour obtenir une ondulation crête-à-crête du courant d'induit inférieure ou égale à 6 %.
Type B	Convertisseur triphasé entièrement commandé d'indice de pulsation égal à 12 sans diode de roue libre ni inductance série additionnelle dans le circuit d'induit du moteur.
Type C	Convertisseur triphasé entièrement commandé d'indice de pulsation égal à 6 sans diode de roue libre ni inductance série additionnelle dans le circuit d'induit du moteur.
Type D	Convertisseur triphasé semi-contrôlé d'indice de pulsation égal à 3 avec diode de roue libre et sans inductance série additionnelle dans le circuit d'induit du moteur.
Type E	Convertisseur triphasé semi-contrôlé d'indice de pulsation égal à 3 sans diode de roue libre ni inductance série additionnelle dans le circuit d'induit du moteur.
Type K	Convertisseur monophasé entièrement commandé d'indice de pulsation égal à 2 avec diode de roue libre et sans inductance série additionnelle dans le circuit d'induit du moteur.
Type L	Convertisseur monophasé entièrement commandé d'indice de pulsation égal à 2 sans diode de roue libre ni inductance série additionnelle dans le circuit d'induit du moteur.

NOTE 1 – L'amplitude de l'ondulation augmente avec l'ordre alphabétique de la lettre de désignation. Ainsi un moteur susceptible de fonctionner sur un type donné de convertisseur peut aussi fonctionner sur tout autre type dont la lettre de désignation est d'ordre inférieur.

NOTE 2 – La définition générale de l'ondulation de courant (I_{pp}) est donnée en 2.5.6.

5.5 Transformateurs et bobines d'inductance

Les transformateurs et bobines d'inductance doivent être conformes à la CEI 60146-1-3.

Des informations complémentaires sont données en annexe C.

6 Prescriptions de performances

6.1 Performances en régime établi

La performance en régime établi exigée pour les variables telle que la vitesse ou le couple doit être spécifiée conformément à 6.1.1 à 6.1.4 (voir annexe D).

6.1.1 Bande de précision (ou précision voir figure 6)

La bande de précision, ou précision, est l'erreur totale que peut subir en régime établi, la variable directement contrôlée (sauf mention explicite d'une autre variable). Cette erreur résulte d'un changement (à l'intérieur de leur plage spécifiée) dans les conditions de service ou dans les conditions opérationnelles (variables de perturbation). Elle s'exprime:

- a) en pourcentage de la valeur maximale idéale de la variable directement contrôlée (ou spécifiée), voir exemple en 6.1.2;
- b) en valeur absolue quand les variables ne peuvent être exprimées en valeur relative, comme par exemple la position ou la température.

- Type A Direct current generator
- battery,
 - polyphase rectifier having no less than 12 pulses per cycle and maximum 15 % phase control,
 - any power supply that provides sufficient series inductance to obtain 6 % peak-to-peak, or less, armature current ripple.
- Type B Three-phase full wave power supply having 12 controlled pulses per cycle, without free-wheeling diode and without series inductance added in the motor armature circuit.
- Type C Three-phase full wave power supply having six controlled pulses per cycle, without free-wheeling diode and without series inductance added in the motor armature circuit.
- Type D Three-phase semibridge power supply having three controlled pulses per cycle, with free-wheeling diode and without series inductance added in the motor armature circuit.
- Type E Three-phase single way power supply having three controlled pulses per cycle, without free-wheeling diode and series inductance, added in the motor armature circuit.
- Type K Single-phase full wave power supply having two total pulses and two controlled pulses per cycle, with free-wheeling diode and without series inductance added in the motor armature circuit.
- Type L Single-phase full wave power supply having two controlled pulses per cycle, without free-wheeling diode and without series inductance added in the motor armature circuit.

NOTE 1 – The magnitude of ripple increases with the increase in the letter designation. Therefore a motor designated for use on any type controller may be used on any controller designated by a lower letter.

NOTE 2 – General definition of ripple content (I_{pp}) is given in 2.5.6.

5.5 Transformers and reactors

Transformers and reactors shall comply with IEC 60146-1-3.

Additional information is provided in annex C.

6 Performance requirements

6.1 Steady-state performance

Steady-state performance for drive variables such as output speed, torque etc. shall be specified in accordance with 6.1.1 to 6.1.4 (see annex D).

6.1.1 Deviation band (see figure 6)

The deviation band is the total excursion of the directly controlled variable (unless another variable is specified) under steady-state conditions as a result of changes in the service or operating conditions within their specified ranges. It is expressed:

- a) as a percentage of the ideal maximum value of the directly controlled (or other specified) variable, see example in 6.1.2;
- b) as an absolute number for systems which have no readily definable base, such as position or air temperature control systems.

6.1.2 Choix de la précision (en régime établi)

Les performances de l'asservissement en régime établi doivent être décrites par deux nombres sélectionnés au tableau 6 (d'autres niveaux peuvent être définis par consentement mutuel).

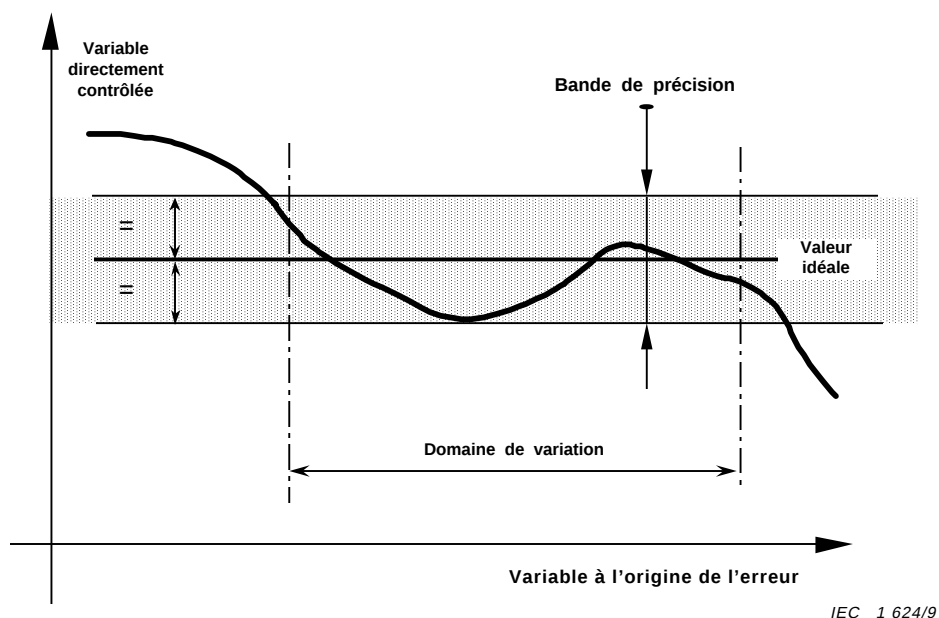
L'intervalle de définition de chaque variable pour lequel s'appliquent les précisions de service ou opérationnelles doit être spécifié (voir figure 6).

Le premier nombre représente la précision opérationnelle et correspond à l'erreur maximale due aux variables de perturbations opérationnelles; le deuxième nombre représente la précision de service et correspond à l'erreur maximale due aux conditions de service.

Alors que l'erreur totale peut être égale à la somme des erreurs définies ci-dessus, il est rare, en pratique, que cette valeur maximale soit atteinte.

Tableau 6 – Bandes de précision – Erreurs maximales (%)

±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1	±0,05	±0,02	±0,01
-----	-----	----	----	----	------	------	------	-------	-------	-------



IEC 1 624/97

Figure 6 – Bande de précision

Exemple 1: «Précision opérationnelle de 0,1 % et précision de service de 0,2 % », désignent un système avec une erreur maximale de $\pm 0,1$ % due aux perturbations opérationnelles, et de $\pm 0,2$ % due aux variations des conditions de service.

6.1.2 Selection of deviation bands (steady-state)

The steady-state performance of a feedback control system shall be described by two numbers, selected from table 6 (other levels may be defined by agreement).

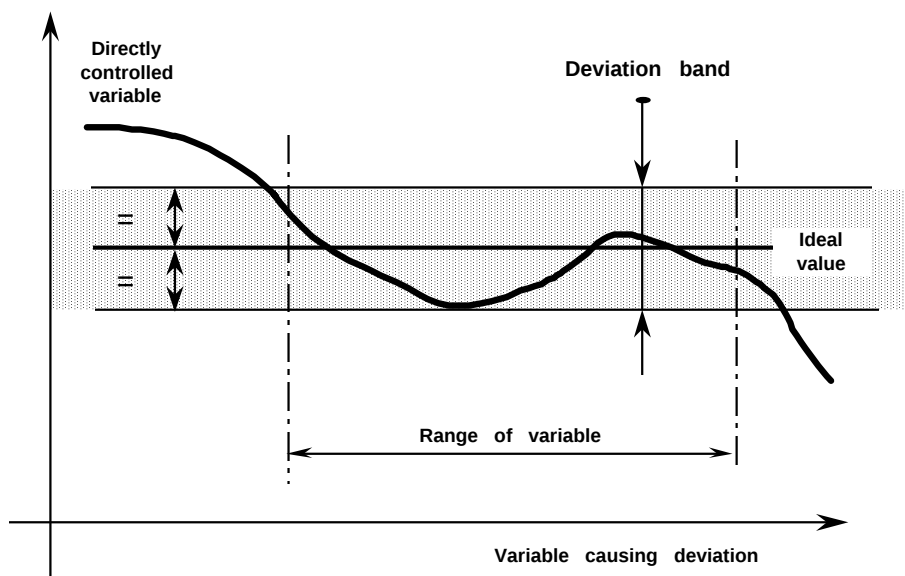
The range of variables to which the operating and service deviation bands apply shall be specified (see figure 6).

The first number, representing the operating deviation band, shall correspond to the maximum deviation band due to the operating variable(s), and the second number, representing the service deviation band, shall correspond to the maximum deviation band due to service conditions.

While the total deviation may be equal to the sum of the above deviations, it is unlikely that this extreme will be reached in practice.

Table 6 – Maximum deviation bands (%)

±20	±10	±5	±2	±1	±0,5	±0,2	±0,1	±0,05	±0,02	±0,01
-----	-----	----	----	----	------	------	------	-------	-------	-------



IEC 1 624/97

Figure 6 – Deviation band

Example 1: "Operating deviation band 0,1 %, service deviation band 0,2 %" designates a system with $\pm 0,1$ % maximum deviation band due to the operating variables and $\pm 0,2$ % maximum deviation band due to service conditions.

Exemple 2: La précision est mesurée en valeur relative ($\pm \%$) par rapport à la valeur idéale maximale (pleine échelle). Pour un système avec désexcitation de six à un, les résultats suivants sont calculés avec un asservissement à retour tachymétrique d'une précision de 1 % (voir figure A.1):

1 800	r/min	Valeur maximale idéale
± 18	r/min	Erreur
180	r/min	1/10 de la valeur maximale
± 18	r/min	Erreur
300	r/min	Vitesse de base
± 18	r/min	Erreur

NOTE – L'erreur de vitesse d'un moteur asservi par la tension d'induit est généralement comprise dans une gamme allant de $\pm 20 \%$ à $\pm 2 \%$.

6.1.3 Limites de la précision de service

Quelles que soient les combinaisons des conditions de service définies, l'erreur maximale attachée à la précision de service spécifiée (prise dans le tableau 6), ne doit pas être dépassée pendant un quelconque intervalle d'1h, pris après une période initiale de mise en température, dont la durée est donnée par le constructeur. Les variables opérationnelles doivent être maintenues constantes pendant la durée de l'observation.

6.1.4 Limites de la précision opérationnelle

L'erreur maximale attachée à la précision opérationnelle de la variable contrôlée directement (prise dans le tableau 6) ne doit pas être dépassée lorsque la variable opérationnelle reste dans son domaine de définition. Les conditions de service doivent être maintenues constantes pendant l'observation.

NOTE – Si l'application l'exige, il convient que les prescriptions de performances incluent également la précision en régime établi de la variable directement contrôlée par rapport à sa référence. Cet aspect n'est pas compris dans les bandes de précision opérationnelle et de service telles qu'elles sont traitées ci-dessus.

6.1.5 Résolution

La résolution est la variation minimale de la variable contrôlée que l'on peut obtenir. Elle peut être donnée en valeur absolue ou en pourcentage de la valeur maximale.

6.2 Performances dynamiques

Si les performances dynamiques sont un critère important, les caractéristiques dynamiques exigées en réponse à des perturbations particulières doivent être spécifiées (voir annexe D).

De telles perturbations peuvent comprendre celles affectant la référence ou la source d'énergie, et celles réagissant sur la variable contrôlée.

6.3 Arrêt et ralentissement par freinage rhéostatique

Le freinage rhéostatique consiste à ajouter des éléments dissipatifs (résistances) pour permettre un freinage électrique plus rapide de la machine.

Le freinage rhéostatique s'applique ici à l'utilisation d'une résistance sur la sortie à courant continu.

Les fonctions d'arrêt ou de ralentissement par freinage rhéostatique font partie des sujets à définir entre utilisateur et constructeur ou fournisseur. Les paragraphes suivants peuvent faire l'objet de modifications au cours de ces négociations.

Example 2: The deviation band is measured relatively to the ideal maximum value in $\pm$ percent. With a six-to-one field weakening system (see figure A.1) and a 1 % tachometer feedback system, the following results are calculated:

1 800	r/min	Ideal maximum value
± 18	r/min	Deviation
180	r/min	1/10 of the maximum value
± 18	r/min	Deviation
300	r/min	Base speed
± 18	r/min	Deviation

NOTE – Speed control deviation with motor armature voltage feedback is usually in the range of ± 20 % to ± 2 %.

6.1.3 Service deviation band – limits

The specified service deviation band (selected from table 6) shall not be exceeded under any combination of applicable service conditions at any time during any 1 h interval following a warm-up period as specified by the manufacturer, with the operating variables held constant during the observation.

6.1.4 Operating deviation band – limits

The operating deviation band of the directly controlled variable (selected from table 6) shall not be exceeded for the range of the operating variable indicated. The service conditions shall be held constant during the observation.

NOTE – When required by the application, the performance information should also include data on the steady-state relationship of the directly controlled variable to the reference. This aspect of performance is not included in the above discussion of operating or service deviation bands.

6.1.5 Resolution

The resolution represents the minimum obtainable variation of the controlled variable. It may be represented by an absolute value or by a percentage of the maximum value.

6.2 Dynamic performance

If dynamic performance is important, the required dynamic responses to specific disturbances shall be specified (see annex D).

Such disturbances might include those to the reference, those to the power source, and those reacting upon the controlled variable.

6.3 Dynamic braking and dynamic slowdown

Dynamic braking refers to the addition of dissipative elements (resistors) to allow faster electrical braking of the machine.

Dynamic braking here is considered to apply only to the use of a resistor across the direct current output of a d.c. drive.

Dynamic braking and dynamic slowdown are functions, characteristics of which should be agreed upon between the user and the manufacturer/supplier. The following subclauses may be subject to modification by negotiation.

6.3.1 Arrêt par freinage rhéostatique

La fourniture d'un arrêt par freinage rhéostatique doit satisfaire aux conditions suivantes:

- a) le convertisseur doit pouvoir freiner une charge avec un courant de 110 %, 125 % ou 150 % du courant assigné selon sa catégorie de surcharge;
- b) la résistance de freinage doit pouvoir absorber deux fois l'énergie cinétique du rotor à la vitesse maximale (avec la résistance initialement à la température ambiante);
- c) les entraînements dont l'inertie du matériel entraîné est grande (telle celle d'un enrouleur) doivent pouvoir freiner et dissiper l'énergie cinétique maximale; la résistance de freinage étant initialement à température ambiante, son dimensionnement doit lui permettre d'arrêter l'entraînement une fois, à partir de n'importe quelle vitesse de la plage de fonctionnement; le courant d'induit maximal de freinage à la vitesse maximale est de 150 %; dans de tels cas, l'inertie du matériel entraîné doit être définie et communiquée par l'utilisateur.

NOTE – La valeur du courant de 150 % est une valeur typique. Elle peut être choisie différemment en fonction d'autres conditions de surcharge (par exemple 110 % pour les ventilateurs).

6.3.2 Ralentissement rhéostatique

Pour des convertisseurs à un quadrant.

Lorsqu'un ralentissement rhéostatique est fourni, les résistances utilisées doivent être capables d'absorber l'énergie totale dissipée par la machine et le matériel entraîné pendant deux séquences de freinage consécutives, de la vitesse maximale à la vitesse minimale, les résistances de freinage étant initialement à la température ambiante.

NOTE – L'inertie maximale de l'équipement entraînée est considérée comme valant une fois celle du moteur à courant continu.

6.4 Autres prescriptions de performances

D'autres performances doivent être quantifiées par l'acheteur, ou par le constructeur conjointement avec l'acheteur, par exemple avec les points suivants.

6.4.1 Utilisation de l'entraînement dans l'application

- bruit acoustique;
- quadrants de fonctionnement (voir figure 3): les combinaisons usuelles sont les quadrants I, I et II, ou tous les quadrants;
- caractéristique couple-vitesse (voir figure A.1);
- dispositions mécaniques spéciales (voir D.4.3).

6.4.2 Raccordement au réseau d'alimentation

- mise à la terre (voir B.2);
- facteur de déphasage aux conditions assignées (voir 2.4.9);
- résidu harmonique côté réseau (voir 4.1.1.5 et B.3);
- courant de court-circuit maximal symétrique.

6.4.3 Caractéristiques assignées

- courant de sortie permanent assigné (voir 2.5.2 et 5.2.1);
- tension de sortie assignée (voir 2.5.5 et 5.2.1).

6.3.1 Dynamic braking

When dynamic braking (stop) is provided:

- a) the converter shall be capable of braking a load at a current of 110 %, 125 % or 150 % of rated current, depending on converter rating;
- b) the dynamic braking resistor shall be capable of absorbing two times the stored rotational energy of the motor at maximum speed (with the resistor initially at ambient temperature);
- c) drive systems with large variable inertia of the driven equipment (such as winders) shall be capable of braking the maximum stored energy; the dynamic braking resistor is initially at ambient temperature, the energy rating shall be adequate to allow stopping the drive system once from any operating speed; the maximum dynamic braking armature current at top speed is 150 %; in this case inertia of the driven equipment shall be provided by the user.

NOTE – The figure of current 150 % is typical and can be chosen differently according to other overload conditions (e.g. 110 % for fans).

6.3.2 Dynamic slowdown

For single quadrant converter.

When dynamic braking (slowdown) is provided, the resistors shall be capable of absorbing the total stored rotational energy of the armature and the driven equipment under two consecutive braking sequences from maximum to minimum speed, with the resistor initially at ambient temperature.

NOTE – The maximum total inertia of the driven equipment is considered to be one time that of the d.c. motor.

6.4 Other performance requirements

Other performance requirements are to be quantified by the purchaser or by the manufacturer together with the purchaser, for example using the following items.

6.4.1 Use of the drive in the application

- audible noise;
- operating quadrants (see figure 3): the usual combinations are quadrants I, I and II, or all quadrants;
- torque as a function of speed (see figure A.1);
- special mechanical conditions (see D.4.3).

6.4.2 Use of the drive in its connection to supply

- earthing (see B.2);
- displacement factor at rated conditions (see 2.4.9);
- line-side harmonic content (see 4.1.1.5 and B.3);
- maximum symmetrical fault current, short circuit.

6.4.3 Ratings

- rated continuous output current (see 2.5.2 and 5.2.1);
- rated output voltage (see 2.5.5 and 5.2.1).

6.4.4 Circuits de protection

6.4.4.1 Protection contre les surintensités

Le seuil de protection contre les surintensités ne doit pas dépasser les limites du courant de service en sortie du variateur.

6.4.4.2 Contrôle d'accélération

Les variateurs doivent être dotés soit d'une limitation de courant, soit d'une rampe d'accélération.

6.4.4.3 Courant d'excitation

Lorsque la commande d'excitation du moteur peut générer une surtension et/ou une surintensité dangereuse dans le circuit d'induit, les protections adéquates doivent être automatiquement mises en oeuvre contre ces défauts.

6.4.4.4 Protection à minimum de flux

Il convient que cette protection soit fournie si elle n'est pas assurée par d'autres moyens.

6.4.4.5 Survitesse et défaut du retour vitesse

Cette protection doit être fournie si l'asservissement est réalisé avec un signal de retour vitesse et s'il y a risque de dépassement de la **survitesse de sécurité**.

6.4.4.6 Protection contre la perte de ventilation

Les entraînements fournis avec des ventilateurs doivent être protégés contre les pertes de ventilation.

7 Essais

7.1 Classification des essais

7.1.1 essai de type: Essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications [VEI 151-04-15].

7.1.2 essai individuel de série: Essai auquel est soumis chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis [VEI 151-04-16].

7.1.3 essai (de série) sur prélèvement: Essai effectué sur un certain nombre de dispositifs prélevés au hasard dans un lot [VEI 151-04-17].

7.1.4 essai spécial: Essai qui vient en supplément de l'essai de type et de l'essai individuel. Il est décidé par le constructeur ou par un accord entre le constructeur et le client ou son représentant.

7.1.5 essai en usine: Essai réalisé sur un équipement ou un composant, dans les ateliers ou laboratoires du constructeur pour valider la conception.

6.4.4 Protective devices

6.4.4.1 Overcurrent protection devices

The current setting of overcurrent protection devices shall not exceed the service limit output current rating of the BDM.

6.4.4.2 Acceleration control

Drives shall be provided with either current limit or timed acceleration.

6.4.4.3 DC motor field control

When the field control of the motor could cause detrimental generated voltage and/or current in the armature circuit, means shall be provided to automatically prevent such a possibility.

6.4.4.4 Field loss protection

Should be provided, if it is not covered by other means.

6.4.4.5 Overspeed and speed feedback loss protection

Shall be provided, if speed feedback is used and maximum safe speed can be exceeded.

6.4.4.6 Fan loss protection

Drive systems supplied with fans shall have fan loss protection.

7 Tests

7.1 Classification of tests

7.1.1 type test: A test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications [IEV 151-04-15].

7.1.2 routine test: A test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria [IEV 151-04-16].

7.1.3 sampling test: A test on a number of devices taken at random from a batch [IEV 151-04-17].

7.1.4 special test: A test additional to type and routine tests, made either at the discretion of the manufacturer or according to an agreement between the manufacturer and the customer or his representative.

7.1.5 workshop test: A test on a device or equipment carried out in the factory or laboratory of the manufacturer to validate the design.

7.1.6 essai de réception (essai d'acceptation): Essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que le dispositif répond à certaines conditions de sa spécification [VEI 151-04-20].

7.1.7 essai de mise en service (essai de recette): Essais d'un dispositif ou d'un équipement, effectué sur son lieu d'implantation, et destiné à vérifier son installation correcte et son bon état de marche [VEI 151-04-21].

7.1.8 essai client: N'importe lequel des essais ci-dessus, réalisé en présence de l'acheteur, de l'utilisateur ou de son représentant.

7.2 Exécution des essais

7.2.1 Conditions générales

Il est conseillé de limiter l'exécution des essais coûteux à ceux qui sont nécessaires.

Cette recommandation souligne que les essais peuvent être normalement limités aux essais en usine sur des appareils séparés selon 7.3. Les essais spéciaux, tels que décrits en 7.4 ne sont exécutés que s'ils sont contractuels.

Des essais client en usine (en présence de l'utilisateur ou de son représentant) doivent faire l'objet d'une mention au contrat.

S'il en a été convenu avant la commande, le fournisseur doit fournir le procès-verbal des essais de type ou des essais individuels.

Les essais doivent être réalisés par le constructeur avant l'expédition, sauf accord contraire.

7.2.2 Conditions de mise à la terre

Le constructeur doit indiquer les modes acceptables de mise à la terre des CDM et BDM. Des essais de type sont nécessaires pour vérifier le fonctionnement des CDM et des BDM avec les modes acceptables de mise à la terre. Ceci comprend:

- neutre à la terre;
- phase à la terre;
- neutre impédant;
- neutre isolé.

Les modes inacceptables doivent être indiqués comme suit:

- interdits; ou
- avec une modification des performances qui doit alors être quantifiée par des essais de type.

7.3 Essais des constituants séparés

7.3.1 Essais normaux des PDS

7.1.6 acceptance test: A contractual test to prove to the customer that the device meets certain conditions of its specification [IEV 151-04-20].

7.1.7 commissioning test: A test on a device or equipment carried out on site, to prove the correctness of installation and operation [IEV 151-04-21].

7.1.8 witness test: Any of the above tests performed in the presence of the customer, the user, or his representative.

7.2 Performance of tests

7.2.1 General conditions

It is advisable to restrict the performance of costly tests to those which are necessary.

This recommendation is therefore outlined so that testing can normally be limited to the tests in manufacturer's works on the separate components, in accordance with 7.3. Special tests, as shown in 7.4, are only carried out if specified in the contract.

When the user or his representative desires to witness factory tests, it shall be specified in the order.

When agreed upon before order, the supplier shall provide certified test results of type or routine tests.

Tests shall be performed by the manufacturer prior to shipment unless otherwise agreed.

7.2.2 Earthing conditions

The manufacturer shall state the acceptable earthing systems for the CDM/BDM. Type tests shall be performed to verify complete CDM/BDM performance with the acceptable earthing systems. These may include:

- neutral to earth;
- line to earth;
- neutral to earth through high impedance;
- isolated (not earthed).

The unacceptable systems shall be indicated as:

- forbidden; or
- with modification of performance, which shall be quantified through type tests.

7.3 Items of separate device tests

7.3.1 Standard tests for PDS

Tableau 7 – Essais séparés

Constituants séparés	Norme CEI
Transformateur	Article 5 de la CEI 60146-1-3
Moteur	CEI 60034-1, CEI 60034-2
BDM	Tableau 8
CDM	Tableau 8
NOTE 1 – Tous les essais décrits pour les transformateurs de puissance dans la CEI 60076 s'appliquent aussi aux transformateurs des équipements variateurs (CDM) s'ils ne sont pas en contradiction avec les essais spécifiés dans l'article ci-dessus. Les essais décrits en 5 de la CEI 60146-1-3 doivent être considérés comme des essais spéciaux applicables au transformateur d'un CDM. NOTE 2 – Les essais du moteur conformes à la CEI 60034 ne donnent pas de garantie quant au comportement de l'entraînement. Il convient aussi d'examiner l'ondulation et le résidu harmonique présents en sortie du convertisseur.	

7.3.2 Essais normaux des CDM/BDM

Tableau 8 – Essais normaux des CDM/BDM

Essais	Essai de type	Essai individuel de série	Essai spécial	Référence
Isolement (voir note)	x	x		4.2.1 de la CEI 60146-1-1
Faible charge et fonctionnement	x	x		4.2.2 de la CEI 60146-1-1
Courant assigné	x			4.2.3 de la CEI 60146-1-1
Courant de surcharge (capacité de surcharge)			x	4.2.12 de la CEI 60146-1-1
Mesure de l'ondulation de la tension et du courant			x	4.2.15 de la CEI 60146-1-1
Détermination des pertes	x			4.2.4 de la CEI 60146-1-1
Echauffements	x			4.2.5 de la CEI 60146-1-1
Mesure du facteur de puissance			x	4.2.6 de la CEI 60146-1-1
Mesure de la variation propre de tension			x	4.2.8 de la CEI 60146-1-1
Vérification des dispositifs auxiliaires	x	x		4.2.7 de la CEI 60146-1-1
Vérification du fonctionnement de l'équipement de contrôle	x	x		7.3.3
Vérification des dispositifs de protection	x	x		4.2.10 de la CEI 60146-1-1
Immunité électromagnétique	x			Article 5 de la CEI 61800-3
Emission électromagnétique	x			Article 6 de la CEI 61800-3
Bruit audible			x	4.2.14 de la CEI 60146-1-1
Essais supplémentaires			x	4.2.16 de la CEI 60146-1-1
NOTE – Si des composants mis à la terre sont nécessaires au fonctionnement correct du PDS/CDM, ils devront être débranchés lors de l'essai d'isolement. (La coordination avec d'autres normes est à l'étude.)				

Table 7 – Separate tests

Separate device	IEC standard
Transformer	Clause 5 of IEC 60146-1-3
Motor	IEC 60034-1, IEC 60034-2
BDM	Table 8
CDM	Table 8
NOTE 1 – All tests for power transformers specified in IEC 60076 should also apply to CDM transformers, if not in contradiction with the tests specified in the above clause. The tests specified in clause 5 of IEC 60146-1-3 are to be regarded as special tests applicable to the CDM transformer. NOTE 2 – The motor test, according to IEC 60034, does not guarantee drive behaviour. Ripple and harmonic content delivered by the converter should also be considered.	

7.3.2 Standard tests for CDM/BDM**Table 8 – Standard tests for CDM/BDM**

Tests	Type test	Routine test	Special test	Specification
Insulation (see note)	x	x		4.2.1 of IEC 60146-1-1
Light load and functional	x	x		4.2.2 of IEC 60146-1-1
Rated current	x			4.2.3 of IEC 60146-1-1
Overcurrent capability			x	4.2.12 of IEC 60146-1-1
Measurement of ripple voltage and current			x	4.2.15 of IEC 60146-1-1
Power loss determination	x			4.2.4 of IEC 60146-1-1
Temperature rise	x			4.2.5 of IEC 60146-1-1
Power factor measurement			x	4.2.6 of IEC 60146-1-1
Measurement of inherent voltage regulation			x	4.2.8 of IEC 60146-1-1
Checking of auxiliary devices	x	x		4.2.7 of IEC 60146-1-1
Checking the properties of the control equipment	x	x		7.3.3
Checking the protective devices	x	x		4.2.10 of IEC 60146-1-1
EM immunity	x			Clause 5 of IEC 61800-3
EM emission	x			Clause 6 of IEC 61800-3
Audible noise			x	4.2.14 of IEC 60146-1-1
Additional tests			x	4.2.16 of IEC 60146-1-1
NOTE – If components connected to earth are required for correct operation of the PDS/CDM, they are to be disconnected during the insulation test. (Co-ordination with other standards is under consideration.)				

7.3.3 Vérification du fonctionnement de l'équipement de contrôle du CDM/BDM

Il n'est pas possible de vérifier le fonctionnement de l'équipement de contrôle dans toutes les conditions de charge susceptibles d'être rencontrées en application chez l'utilisateur. Toutefois, l'équipement devra être essayé de préférence avec un moteur de puissance similaire. Si en usine le moteur adéquat ne peut être trouvé (voir 7.1.5) on peut effectuer l'essai avec un moteur de puissance inférieure, à condition de mettre à niveau les signaux de retour.

Pour vérifier le fonctionnement du contrôle à différentes vitesses stabilisées, minimales et maximales, l'essai individuel peut être effectué, si le constructeur le spécifie, avec un moteur à vide. Les performances dynamiques doivent être contrôlées durant les transitoires de vitesse. Il peut être utile d'ajouter des charges inertielles au moteur, pour que le CDM/BDM fournisse le courant de limitation (s'il existe) durant l'accélération. La vérification du ralentissement doit être compatible avec le dimensionnement de l'équipement.

Le fonctionnement satisfaisant de l'équipement doit être également vérifié dans toute la gamme de tension d'alimentation pour lequel il a été conçu, si toutefois cela n'a pas déjà été effectué dans un autre essai (vérification des dispositifs de protection par exemple). Lors des essais individuels de série, le CDM/BDM est alimenté sous la tension assignée, ou les tensions assignées s'il y en a plusieurs. Lors des essais de type, on teste également la fonction de l'équipement aux valeurs maximale et minimale de chaque plage de tension d'entrée.

7.4 Essais d'un entraînement

Les éléments pour les essais d'un entraînement à vitesse variable sont indiqués dans le tableau 9. Il s'agit d'essais spéciaux, (voir 7.1.4).

Tableau 9 – Classification des essais spéciaux d'un entraînement

Essais de dimensionnement	Paragraphe
Essai à faible charge	7.4.2.1
Essai en charge	7.4.2.2
Essai de cycle de charge	7.4.2.3
Fonctionnement à pleine charge (FLC) en fonction de la vitesse	7.4.2.4
Essai d'échauffements	7.4.2.5
Rendement	7.4.2.6
Résidu harmonique de courant côté réseau	7.4.2.7
Facteur de puissance	7.4.2.8
Répartition de courant	7.4.2.9
Répartition de tension	7.4.2.10
Vérification des auxiliaires	7.4.2.11
Vérification de la coordination de protections	7.4.2.12
Contrôle des caractéristiques liées aux conditions de service inhabituelles	7.4.2.13
Courant de palier – Isolation des paliers	7.4.2.14
Bruit audible	7.4.2.15
Essais de vibration du moteur	7.4.2.16
Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)	7.4.2.17
Résidu harmonique du courant de sortie du CDM	7.4.2.18
Essais dynamiques	
Boucle de courant et limitation de courant	7.4.3.1
Asservissement de vitesse (boucle de vitesse)	7.4.3.2
Pulsations de couple	7.4.3.3
Redémarrage automatique	7.4.3.4
Asservissement de flux (boucle d'excitation)	7.4.3.5

7.3.3 Checking the properties of the control equipment of CDM/BDM

It is not possible to verify the properties of the control equipment under all load conditions which may prevail in the user application. However, the equipment shall be checked with a motor preferably of similar rated power. If this cannot be done as a workshop test (see 7.1.5), it may be performed using a lower power motor with appropriate scaling of feedback quantities.

If specified by the manufacturer, routine test for the checking of the control equipment may be accomplished with an unloaded motor check using multiple steady-state speed conditions, i.e. at minimum and maximum speed. The dynamic performances shall be checked during the transition from one speed to another. It may be useful to add inertial loads to the motor so that the CDM/BDM operates in current limit (if supplied) during the acceleration. The checking of the deceleration shall be compatible with the design of the equipment.

The satisfactory operation of the equipment shall also be verified for the whole range of supply voltage for which it is designed, if this has not yet been done in another test (e.g. checking the protective devices). For the routine test, the CDM/BDM is connected to rated input voltage, or voltages if multi-rated. For the type test, the function of the equipment is also tested at maximum and minimum values of each input voltage range.

7.4 Items of power drive system tests

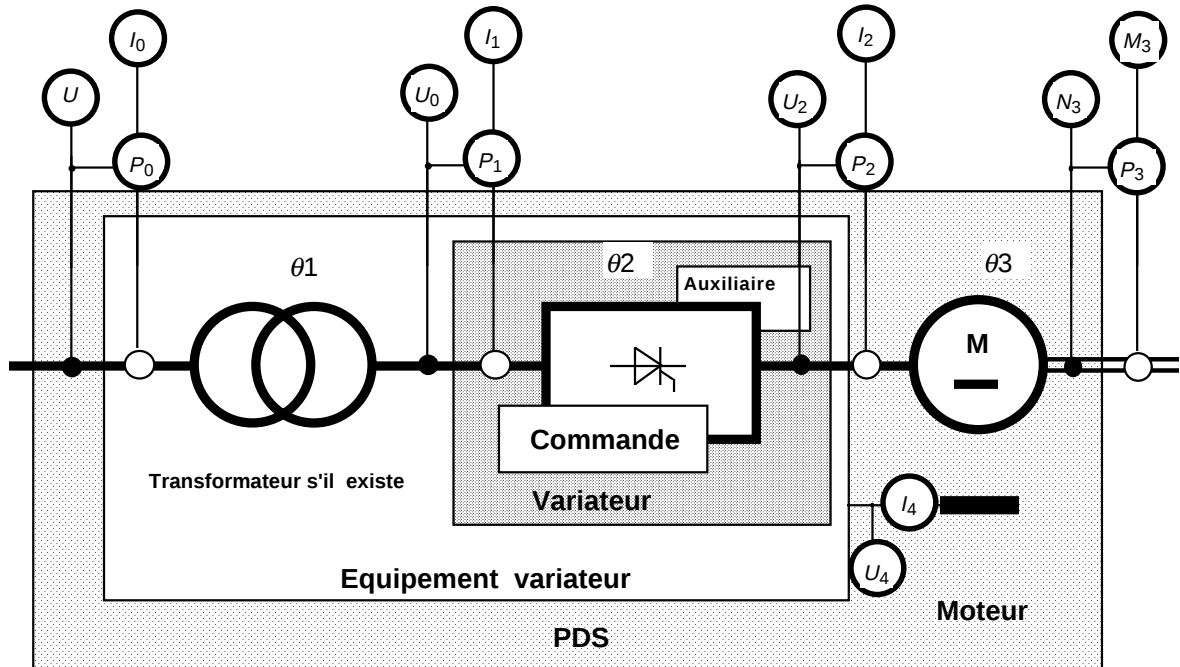
Items for PDS tests are shown in table 9. These are special tests (see 7.1.4).

Table 9 – Classification of special PDS tests

Rating tests	Subclause
Light load	7.4.2.1
Load	7.4.2.2
Load duty	7.4.2.3
Allowable FLC (full load current) versus speed	7.4.2.4
Temperature rise	7.4.2.5
Efficiency	7.4.2.6
Line-side current harmonic content	7.4.2.7
Power factor	7.4.2.8
Current sharing	7.4.2.9
Voltage division	7.4.2.10
Checking of auxiliary devices	7.4.2.11
Checking co-ordination of protective devices	7.4.2.12
Checking properties under unusual service conditions	7.4.2.13
Shaft current / bearing insulation	7.4.2.14
Audible noise	7.4.2.15
Motor vibration	7.4.2.16
EMC tests	7.4.2.17
Harmonic content of the CDM output current	7.4.2.18
Dynamic tests	
Current limit and current loop	7.4.3.1
Speed loop	7.4.3.2
Torque pulsation	7.4.3.3
Automatic restart	7.4.3.4
Flux loop	7.4.3.5

7.4.1 Matériel d'essais

Voir les circuits de mesures en figure 7. Dans cette figure les variables physiques sont mesurées directement ou calculées à partir de mesures indirectes.



IEC 1 625/97

U tension	M couple
I courant	θ température
N vitesse	P puissance active

Figure 7 – Circuits de mesure sur un PDS

7.4.2 Définitions des essais de dimensionnement

7.4.2.1 Essai à faible charge

L'arbre du moteur est accouplé à une charge (voir note) qui est capable de présenter à l'entraînement essayé des conditions telles que le fonctionnement correct de celui-ci puisse être démontré. Par accord entre le constructeur et l'utilisateur, il est possible d'effectuer un essai à vide. Il convient de choisir le moteur pour qu'il absorbe un courant suffisant pour vérifier correctement les fonctions du CDM/BDM.

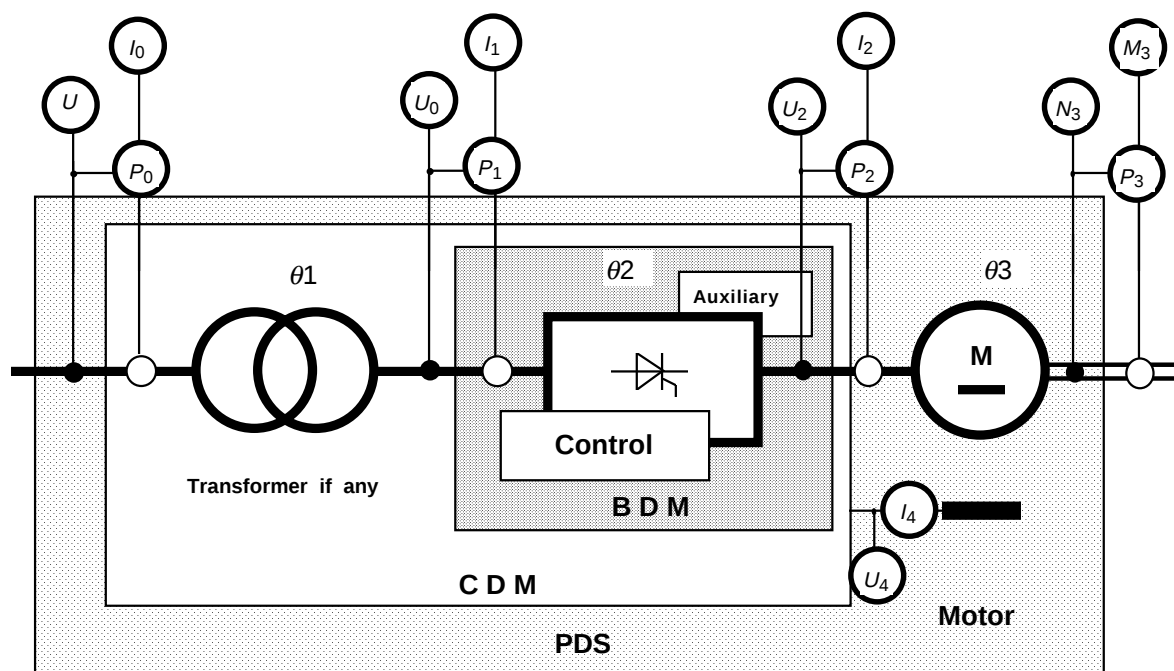
NOTE – La charge est constituée par le matériel entraîné ou, pour les besoins des essais, par une charge simulant celui-ci.

7.4.2.2 Essai en charge

L'arbre du moteur est accouplé à une charge (voir note 1), définie pour pouvoir obtenir les valeurs efficaces de tension, de courant etc., afin que l'entraînement atteigne les conditions de régime établi spécifiées.

7.4.1 Test set-up

Regarding measuring circuit, see figure 7. In this figure physical variables are directly measured or calculated from indirect measurements.



IEC 1 625/97

U voltage
 I current
 N speed

M torque
 θ temperature
 P active power

Figure 7 – Measuring circuit of PDS

7.4.2 Definitions of rating tests

7.4.2.1 Light load

The shaft of the motor is coupled to a load (see note), which is able to provide conditions to the tested drive so that the correct function of the control system can be proven. If agreed between the manufacturer and the user, a no load test can be used. The motor should be selected to require adequate current to prove correct CDM/BDM functions.

NOTE – The load is the driven equipment or, for test purposes, a simulation of the driven equipment.

7.4.2.2 Load

The shaft of the motor is coupled to a load (see note), which is suitably designed to provide the needed r.m.s. values of voltage, current, etc. and to run the drive system under specified steady-state conditions.

Le constructeur et l'utilisateur doivent définir ensemble s'il s'agit d'un essai usine ou d'un essai de mise en service.

NOTE – La charge est constituée par le matériel entraîné, ou pour les besoins des essais par une charge simulant celui-ci.

7.4.2.3 Essai de cycle de charge

L'arbre du moteur est accouplé à une charge (voir note), qui est capable de produire le cycle de charge contractuel dans un essai de longue durée, de façon à vérifier que les échauffements de l'équipement se stabilisent sans dépasser les valeurs de dimensionnement.

Le constructeur et l'utilisateur doivent définir ensemble s'il s'agit d'un essai usine ou d'un essai de mise en service.

NOTE – La charge est constituée par le matériel entraîné, ou pour les besoins des essais par une charge simulant celui-ci.

7.4.2.4 Fonctionnement en pleine charge (FLC) en fonction de la vitesse

La gamme de vitesses à l'intérieur de laquelle le système d'entraînement peut fonctionner de façon permanente avec le convertisseur débitant le courant assigné à pleine charge, sans dépasser la température assignée d'aucun matériel, est déterminée à l'aide de mesures des températures appropriées, relevées lorsque l'échauffement est stabilisé à la vitesse considérée.

Le moteur est accouplé à une charge. Celle-ci doit pouvoir fournir les conditions de pleine charge et de surcharge.

NOTE – Cet essai est typiquement un essai en usine, mais dans certains cas il peut être effectué en tant qu'essai de mise en service par accord entre constructeur et client. Dans un essai en usine, la charge accouplée est définie pour permettre d'atteindre soit la pleine charge, soit des valeurs de surcharge spécifiées pour certaines valeurs de la gamme de vitesse. Dans un essai sur site, la charge est constituée par le processus entraîné et les conditions d'essai doivent être définies.

7.4.2.4.1 Commutation du moteur en fonction de la vitesse

L'essai de commutation du moteur en fonction de la vitesse consiste à coter cette commutation à l'aide des indications ci-dessous. Il s'agit d'un essai en usine ou d'un essai de mise en service, à la vitesse de base et dans les conditions de surcharge définies par les caractéristiques de l'entraînement dans le sens de rotation direct et inverse (si nécessaire), à la vitesse maximale et dans les conditions de surcharge définies par les caractéristiques de l'entraînement dans le sens de rotation direct et inverse (si nécessaire).

Sous réserve d'accord, cette méthode peut être remplacée par la cotation de la commutation en fonctionnement dynamique, permettant ainsi un essai à vide (l'arbre du moteur est libre). Les conditions dynamiques sont alors définies par une accélération dans chaque sens de rotation sous le courant de limitation maximal (ce qui correspond à une surcharge par rapport à la pleine charge (FLC):

- d'abord de zéro à la vitesse de base;
- ensuite de la vitesse de base à la vitesse maximale;
- et finalement de la vitesse maximale à zéro.

La classification de la commutation doit avoir lieu à la fin de l'accélération.

La classification de la commutation est réalisée par une observation visuelle se référant à la classification du tableau 10 ci-dessous.

The manufacturer and the user have to agree if this test is done in a workshop test or in a commissioning test.

NOTE – The load is the driven equipment or, for test purposes, a simulation of the driven equipment.

7.4.2.3 Load duty

The shaft of the motor is coupled to a load (see note), which is capable of providing the agreed upon load duty profile over a long-term run, to verify that the temperature rise in the equipment reaches stable conditions within ratings.

Manufacturer and user have to agree if this test is done in a workshop test or in a commissioning test.

NOTE – The load is the driven equipment or, for test purposes, a simulation of the driven equipment.

7.4.2.4 Allowable FLC (full load current) versus speed

The range of speed over which the drive system can operate continuously with the converter delivering rated full load current, without exceeding the thermal rating of any equipment, will be determined by appropriate temperature measurements conducted at stabilized temperatures for each speed examined.

The shaft of the motor is coupled to a load. The load is to provide full load or appropriate overload.

NOTE – This test is typically a workshop test but may in certain cases be accomplished during a commissioning test by agreement between manufacturer and customer. If a workshop test, the shaft of the motor is coupled to a load. The load is adjusted to provide FLC or specified overload at appropriate points within the speed range. If a commissioning test, the load is provided by the process and conditions shall be specified.

7.4.2.4.1 Motor commutation versus speed

The test of motor commutation versus speed consists of the quotation of the commutation of the motor under the following conditions. This is a workshop or a commissioning test, at base speed, under overload conditions defined by the ratings of the drive, with both forward and reverse running (if needed), at maximum speed, under overload conditions defined by the ratings of the drive, with both forward and reverse running (if needed).

Under agreement, this method can be replaced by a quotation of commutation on dynamic conditions allowing a test without load (the shaft of the motor is free). Dynamic conditions are defined by acceleration (for both rotations, forward and reverse if needed) under maximum (limitation) current (corresponding to overload of FLC):

- firstly from zero to base speed;
- secondly from base speed to maximum speed;
- and thirdly from maximum speed to zero.

Classification of the commutation shall take place at the end of the acceleration.

Classification of commutation is made by visual observation according to table 10 below.

Tableau 10 – Cotation de commutation réalisée par une observation visuelle

Code des étincelles		Taille des étincelles			Nature des étincelles						Résultat
					Point incandescent			Fusantes			
Code	Longueur %	Petite	Moyenne	Grande	Petite	Moyenne	Grande	Petite	Moyenne	Grande	
1											Excellent
1-1/4	< 20 %										Bon
	20 à < 50 %										
	50 à 100 %										
1-1/2	< 20 %										Assez bon
	20 à < 50 %										
	50 à 100 %										
1-3/4	< 20 %										Médiocre
	20 à < 50 %										
	50 à 100 %										
2	< 20 %										Assez mauvais
	20 à < 50 %										
	50 à 100 %										
2-1/2	< 20 %										Mauvais
	20 à < 50 %										
	50 à 100 %										

7.4.2.4.2 Echauffement du moteur en fonction de la vitesse

L'essai d'échauffement du moteur n'est pas nécessaire si celui-ci est muni d'un dispositif de refroidissement séparé.

Dans le cas d'un moteur autoventilé utilisé en permanence à basse vitesse et fort couple, le constructeur du moteur doit fournir un diagramme de la pleine charge (FLC) permanente admissible en fonction de la vitesse.

NOTE – L'échauffement du circuit d'excitation d'un moteur autoventilé utilisé en permanence à basse vitesse peut être excessif même si le moteur est à vide.

Par accord entre l'utilisateur et le constructeur de l'entraînement, un essai d'échauffement peut être exécuté avec référence aux mesures standard de température (voir articles 15 et 16 de la CEI 60034-1). Dans ce cas, la vitesse doit être choisie à 3 %, 10 % ou 30 % de la vitesse de base en fonction de la nature du matériel entraîné. L'essai est alors accompli avec une charge qui correspond à la courbe de pleine charge autorisée (courbe FLC).

7.4.2.5 Essais d'échauffement

Les essais d'échauffement sont effectués à la vitesse minimale, à la vitesse de base et à la vitesse maximale avec la charge maximale prescrite. Ces essais d'échauffement sont poursuivis jusqu'à ce que toutes les températures soient stabilisées.

7.4.2.6 Rendement

La puissance mécanique (P_3) est mesurée par un essai sur frein, sur dynamomètre ou en montage «dos à dos» conformément à 9.2 de la CEI 60034-2, ou au moyen d'essais calorimétriques. Le rendement total du système est alors égal à $(P_3/P_0) \times 100$ (%). Si la mesure précise en sortie du PDS n'est pas possible, le rendement peut être approché par une association entre calculs et mesures.

Table 10 – Classification of commutation made by visual observation

Sparks code		Sparks size			Nature of sparks						Result
					Incandescent point			Fusing			
Code	% of length	Small	Medium	Large	Small	Medium	Large	Small	Medium	Large	
1											Excellent
1-1/4	< 20 %										Good
	20 to < 50 %										
	50 to 100 %										
1-1/2	< 20 %										Fair
	20 to < 50 %										
	50 to 100 %										
1-3/4	< 20 %										Poor
	20 to < 50 %										
	50 to 100 %										
2	< 20 %										Rather bad
	20 to < 50 %										
	50 to 100 %										
2-1/2	< 20 %										Bad
	20 to < 50 %										
	50 to 100 %										

7.4.2.4.2 Motor temperature rise versus speed

The test of temperature rise of the motor is not needed if the motor has a separated cooling supply.

In case of permanent use of a motor with shaft mounted fan at low speed and high torque, the manufacturer of the motor shall provide a diagram of permanent allowable FLC versus speed.

NOTE – The field circuit of a shaft mounted fan motor at low speed may be overheated even in no load conditions.

By agreement between the user and the manufacturer of the drive a temperature rise test can be made using standard measurements of temperature (see clauses 15 and 16 of IEC 60034-1). In this case speed has to be chosen at 3 %, 10 % or 30 % of base speed according to the nature of driven equipment. The test is then carried out with a load corresponding to the allowable FLC curve.

7.4.2.5 Temperature rise

The temperature rise tests are carried out at minimum speed, base speed and maximum speed with the maximum required load. The temperature rise tests are continued until all temperatures are stabilized.

7.4.2.6 Efficiency

Mechanical power (P_3) is measured by the brake tests, dynamometer tests or back to back test according to 9.2 of IEC 60034-2, or calorimetric test. Then, overall system efficiency = $(P_3 / P_0) \times 100$ (%). If the accurate measurement of the PDS output is not possible, the efficiency can be approximated by calculations in conjunction with system tests.

7.4.2.7 Résidu harmonique de courant côté réseau

Cette mesure est réalisée avec un appareillage et des techniques conformes à la CEI 61000-4-7, et dans les conditions de fonctionnement assignées.

7.4.2.8 Facteur de puissance

Le facteur de puissance doit être mesuré dans les conditions assignées de fonctionnement (voir 2.4.10 et 2.4.11). Cette mesure peut être exécutée en même temps que l'essai en charge (voir 7.4.2.2).

7.4.2.9 Répartition de courant

Si dans la constitution de l'entraînement, des dispositifs de puissance sont mis en parallèle, la répartition de leur courant doit être contrôlée. Le contrôle doit être exécuté pour la valeur assignée du courant de sortie.

Des exemples de configuration parallèles sont donnés ci-dessous:

- une section convertisseur de plus d'un pont convertisseur;
- une section convertisseur utilisant plus d'une valve à semiconducteur par bras;
- un moteur avec enroulements en parallèle.

On doit vérifier que la répartition de courant est telle qu'aucun composant ne subit, dans les conditions de fonctionnement les plus sévères, des contraintes dépassant les limites tolérées.

7.4.2.10 Répartition de tension

Si plusieurs BDM et/ou moteurs sont reliés en série, la répartition de tension doit être telle qu'aucune surtension n'apparaisse sur un BDM et/ou sur l'un des moteurs. On doit vérifier que la répartition en tension est telle qu'aucun composant ne subit, dans les conditions de fonctionnement les plus sévères, des contraintes dépassant les limites tolérées.

7.4.2.11 Contrôle des auxiliaires

La fonction de chaque dispositif auxiliaire qui n'est pas entièrement essayée avec le CDM/BDM ou avec le moteur doit être vérifiée. Exemples de tels dispositifs: ventilateurs du moteur, pompes de graissage alimentées par le CDM, coupe-circuits externes et disjoncteurs à courant continu.

Si besoin est, ce contrôle peut être réalisé en même temps que l'essai à faible charge (voir 7.4.2.1).

7.4.2.12 Contrôle de la coordination des dispositifs de protections

Ce contrôle doit être fait autant que possible sans appliquer aux composants des contraintes supérieures aux valeurs assignées.

Le fonctionnement de l'arrêt d'urgence, s'il est fourni, doit être vérifié. Les fonctions de chaque dispositif de protection qui n'ont pas été entièrement essayées avec le CDM/BDM ou avec le moteur doivent être vérifiées.

En raison de la grande diversité de ces dispositifs et de leurs multiples combinaisons, il n'est pas possible d'établir de règle générale pour ce contrôle.

Exemples de dispositifs de protection devant être contrôlés au cours des essais de l'entraînement: survitesse, surtension et surcharge du moteur, perte du retour tachymétrique, tension d'alimentation trop faible, défaut de terre, etc.

7.4.2.7 Line-side current harmonic content

This measurement is performed using instrumentation and techniques in accordance with IEC 61000-4-7, under rated operating conditions.

7.4.2.8 Power factor

Power factor measurements shall be made under rated operating conditions, (see 2.4.10 and 2.4.11). This measurement can be made while performing load test, see 7.4.2.2.

7.4.2.9 Current sharing

If parallel connected power devices are used in the power drive system, the current sharing shall be checked. This test shall be performed at rated output current.

Examples of parallel configurations are:

- a converter section made up by more than one converter bridge;
- a converter section made up by more than one semiconductor valve per arm;
- a motor section with motor windings in parallel.

The balance shall be adequate to insure that no device is stressed beyond design values under worst case conditions.

7.4.2.10 Voltage division

If two or more BDM and/or motors are connected in series, voltage division shall be checked so that no overvoltage occurs to BDM and /or motors. The voltage division shall be adequate to insure that no device is stressed beyond design values under worst case conditions.

7.4.2.11 Checking of auxiliary devices

The function of all auxiliary devices, that are not completely tested in the CDM/BDM or motor tests, shall be checked. Examples of such devices are: motor fans, lubricating oil pumps fed from the CDM, external circuit breakers and d.c. breakers.

If convenient, this can be done while performing light load test, see 7.4.2.1.

7.4.2.12 Checking co-ordination of protective devices

Checking of the protective devices shall be done, as far as possible, without stressing the components of the equipment above their rated values.

The emergency stop function, if supplied, shall be verified. The proper operation of all protective devices, that are not completely tested in the CDM/BDM or motor tests, shall be verified.

Due to the wide variety of protective devices and their combinations, it is not possible to state any general rules for the checking of these devices.

Examples of protective devices to be checked during the power drive system test are: motor overspeed, motor overvoltage, motor overload, loss of speed feedback, mains undervoltage, earth fault, etc.

Il est recommandé d'opérer ces vérifications dans des conditions d'essais qui ne soumettent pas les composants du système à des contraintes excessives.

Si le convertisseur est protégé contre les défauts de terre, l'essai de cette protection est effectué aux bornes du moteur afin de vérifier que la protection contre les défauts de terre fonctionne selon les prescriptions.

7.4.2.13 Contrôle des caractéristiques liées aux conditions de service inhabituelles

Des conditions de service climatiques inhabituelles peuvent exiger un revêtement spécial sur les sous-ensembles électroniques et/ou les armoires. Aux températures extrêmes, un climatiseur ou un réchauffeur peut être prévu. Les conditions inhabituelles doivent être spécifiées par l'acheteur. La mesure corrective et l'essai associé doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

7.4.2.14 Courant de palier – Isolation des paliers

Des courants de paliers, résultant des ondulations de tension et de courant qui se superposent aux grandeurs continues fournies par le convertisseur, peuvent apparaître entre l'arbre et la carcasse du moteur. Bien que ces courants soient de faible amplitude, ils peuvent détériorer les paliers antifriction ou les roulements. Les méthodes d'essais pour leur évaluation doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur de l'équipement.

7.4.2.15 Bruit acoustique

La mesure du niveau sonore émis par un entraînement peut être requise. Il convient que l'essai soit effectué dans les plages de vitesse et de charge opérationnelles (voir note). Les niveaux acceptables de bruit acoustique doivent être décidés d'un commun accord entre l'utilisateur et le constructeur. Voir aussi la CEI 60034-9.

NOTE – La charge est constituée par le matériel entraîné ou, pour les besoins des essais, par une charge simulant celui-ci.

7.4.2.16 Essai de vibration du moteur

Cet essai est effectué à différentes vitesses et charges afin d'identifier toute incidence du variateur sur la vibration du moteur.

7.4.2.17 Essais de compatibilité électromagnétique (CEM)

Les essais de CEM sont définis dans la CEI 61800-3.

7.4.2.18 Résidu harmonique de la sortie de CDM

Le résidu harmonique concerne le courant. L'ondulation doit être mesurée en valeur crête-à-crête, en ampères.

Les conditions de mesure doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur:

- tensions du moteur, correspondant aux vitesses choisies;
- charge significative (entre 50 % et 100 % de la FLC).

7.4.3 Définitions des essais dynamiques

7.4.3.1 Essai de la boucle de courant et du courant de limitation

Ces essais caractérisent la performance dynamique du CDM ou de l'équipement variateur indépendamment du matériel entraîné.

Reduced settings are recommended to verify the protection functions without stressing the components of the system.

When the converter has earth fault protection, this earth fault test is carried out at the motor terminals in order to verify that the earth fault protection operates as specified.

7.4.2.13 Checking properties under unusual service conditions

Unusual climatic conditions may require special coating on electronic assemblies and/or cabinets. In extreme temperature conditions, an air conditioner or heater may be provided. The unusual condition shall be specified by the purchaser and the corrective measure and test shall be agreed upon by the equipment manufacturer and the purchaser.

7.4.2.14 Shaft current-bearing insulation

Shaft currents may result due to voltage and current ripple which are superimposed on the d.c. quantities during converter operation. While these currents are small in magnitude, they may cause damage to either anti-friction or sleeve bearings. Testing methods for their presence are to be agreed upon by the manufacturer and the purchaser of the equipment.

7.4.2.15 Audible noise

Power drive systems may be required to be tested for audible noise. The test should be done over the operating speed range and load range (see note). Acceptable audible noise levels shall be agreed upon between manufacturer and user. See also IEC 60034-9.

NOTE – The load is the driven equipment, or for test purposes, a simulation of the driven equipment.

7.4.2.16 Motor vibration

This test is carried out at various speeds and loads to identify any converter effects on motor vibration.

7.4.2.17 EMC test

EMC tests are defined in IEC 61800-3.

7.4.2.18 Harmonic content of CDM output

Harmonic content is in terms of current. Ripple shall be measured as peak-to-peak value in amperes.

Conditions of measurement shall be agreed upon between the user and the manufacturer:

- voltage of the motor, corresponding to the speeds chosen;
- significant load (between 50 % FLC and 100 % FLC).

7.4.3 Definitions of dynamic tests

7.4.3.1 Current limit and current loop

These tests characterize the dynamic performance of the CDM or of the PDS independently from the driven equipment.

Trois points peuvent être examinés.

a) Limitation de courant

On applique un impact de charge permettant d'atteindre le courant de limitation. (En variante, une échelon de vitesse appliqué à une inertie appropriée peut fournir un transitoire de charge plaçant le CDM en limitation de courant). Le temps de montée du courant, l'amplitude du dépassement et sa durée, ainsi que les caractéristiques d'amortissement peuvent alors être analysés.

b) Bande passante de la boucle de courant

La largeur de la bande passante de la boucle de courant peut être mesurée par l'analyse harmonique de la réponse entre la référence du courant et la mesure du courant (retour). L'amplitude et le déphasage doivent être examinés. Cet essai, lorsqu'il est pratiqué, doit être effectué dans les limites d'une zone linéaire ou quasi linéaire.

c) Réponse à un échelon de la référence courant

Cet essai peut être exécuté dans une zone non linéaire.

Ces essais doivent être effectués à différentes vitesses choisies au voisinage de 0, de 50 % de la vitesse de base, de 100 % de la vitesse de base, et de la vitesse maximale en régime défluxé (N_M).

NOTE – Il est généralement nécessaire de régler la vitesse en utilisant une machine couplée à l'arbre de l'entraînement en essai (celui-ci réglant lui-même le couple au moyen du courant asservi à sa référence).

7.4.3.2 Essai de la boucle de vitesse

Un échelon de référence vitesse correctement choisi permet d'effectuer les types d'essais suivants. Cet essai peut être pratiqué à vide ou sous faible charge.

- Atteindre la limitation de courant et la vérifier.
- Mesurer le temps de réponse de la vitesse en sortie d'entraînement sans atteindre aucune butée (la vérification est normalement effectuée autour de 50 % de la vitesse de base et de 100 % de la vitesse de base, et à la vitesse maximale en régime défluxé (N_M)). Une illustration du temps de réponse consécutif à un échelon de référence vitesse est donné dans l'annexe D.

Un échelon de charge peut être pratiqué afin de mesurer la réponse en vitesse correspondante. Ces essais peuvent être effectués lors de la réalisation de l'essai de dimensionnement 7.4.2.2 (essai en charge). L'échelon de charge doit être tel qu'aucune limitation ne soit atteinte.

Les mesures doivent être pratiquées conformément aux descriptions de l'annexe D.

7.4.3.3 Couple pulsatoire – Pulsations de couple

Les niveaux relatifs de variation du couple au niveau de l'entrefer peuvent être mesurés à vide grâce aux variations de vitesse en utilisant sur l'arbre, un capteur de vitesse, de sensibilité appropriée. Dans un cas idéal, la mesure des pulsations de couple d'entrefer apparaissant sur un PDS devrait être pratiquée avec une charge d'inertie connue, un accouplement mécanique de celle-ci au PDS adéquat et un capteur de couple monté sur l'arbre.

NOTE – Pour les systèmes à flux constant, les pulsations de couple peuvent être estimées à partir de la forme d'onde du courant d'induit.

7.4.3.4 Redémarrage automatique

Le fonctionnement d'un redémarrage automatique, s'il est fourni, doit être vérifié pour la durée de coupure de réseau spécifiée. Cette fonction doit être coordonnée avec l'arrêt d'urgence, et doit être inhibée si nécessaire.

Three items can be tested.

a) Current limit

An incremental load change is provided to require the CDM to reach its preset current limit point. (As an alternative, an incremental step speed change into adequate rotational inertia can provide a transient load causing the CDM to reach the current limit set point.) The rise time of current, overshoot magnitude and duration and damping characteristics may then be analyzed.

b) Current loop bandwidth

Current loop bandwidth can be established by using harmonic analysis of the response between current reference and current measurement (feedback). Amplitude and phase shift have to be checked. This test, when performed, shall be carried out within a linear or quasi-linear area.

c) Step response to current reference

This test can include non linear area.

These tests shall be carried out at different speeds to be chosen near 0, 50 % base speed, 100 % base speed, and maximum field weakened speed (N_M).

NOTE – It is usually necessary to adjust the speed by using a machine coupled to the shaft of the drive system under test (which is itself adjusting the torque by means of current following the reference).

7.4.3.2 Speed loop

A step in speed reference is provided and correctly selected to accommodate the following tests. This test can be carried out under no load or light load conditions.

- The current limitation value is reached and checked.
- The drive output speed response is measured without reaching any limits (normally done within 50 % base speed, at 100 % base speed, and at maximum field weakening speed (N_M)). Time response following a step in speed reference is illustrated in annex D.

A step in load may be provided to allow measurement of the consequent speed response. This may be carried out while performing rating test 7.4.2.2 (load test). The load step shall be chosen so that no limitations are reached.

Measurement shall be performed in accordance with the description given in annex D.

7.4.3.3 Torque pulsation

Relative levels of air-gap torque pulsation may be measured under no load conditions using speed changes, provided that adequately sensitive speed measurement devices are coupled to the shaft. Ideally, air-gap torque pulsation arising within a specific PDS should be measured with a known load inertia, proper load/PDS mechanical coupling and shaft mounted torque sensing equipment.

NOTE – Torque pulsation may be estimated from the armature current waveform for constant field systems.

7.4.3.4 Automatic restart

If automatic restart is provided, it shall be verified for the specified power outage duration. This function shall be co-ordinated with emergency stop and inhibited if required.

7.4.3.5 Boucle de flux

Contrôle de la tension continue: cet essai ne s'applique qu'aux entraînements à excitation contrôlée, et il est très important pour les entraînements dont la plage de vitesse est étendue par la désexcitation.

La tension aux bornes du moteur ou FEM doit être enregistrée par un appareil approprié sur toute la plage de vitesse, au cours d'une accélération lente de la vitesse minimale à la vitesse maximale. Il faut aussi effectuer un essai dynamique qui consiste à appliquer la rampe de vitesse la plus rapide tant en accélération qu'en décélération. On vérifiera que les valeurs enregistrées restent dans la plage spécifiée.

8 Documentation du produit

8.1 Marquage

Les renseignements qui suivent doivent être fournis sur la plaque signalétique de l'équipement variateur (CDM) ou du variateur (BDM).

a) Le nom du constructeur.

b) L'identification de l'équipement (numéro de type, numéro de série et année de fabrication).

c) Caractéristiques assignées en entrée:

- tension;
- courant assigné côté réseau I_{LN} ou courant assigné en entrée du convertisseur I_{VN} et courant assigné des auxiliaires I_{XN} selon la constitution du CDM ou du BDM. Ces valeurs doivent être utilisées dans la définition de l'alimentation en entrée;
- fréquence;
- nombre de phases;
- impédance de source minimale, ou courant de court-circuit présumé maximal, et impédance de source maximale.

d) Caractéristiques assignées en sortie – Circuit d'induit:

- tension assignée maximale en sortie;
- courant assigné permanent;
- capacité de surcharge (voir 5.2.2);
- puissance assignée (facultative).

e) Caractéristiques assignées en sortie – Circuit d'excitation:

- tension assignée en sortie;
- courant assigné permanent.

NOTE – Certains éléments peuvent être portés sur le manuel d'utilisation, compte tenu de l'espace restreint disponible.

8.2 Documentation à fournir avec l'entraînement ou le CDM/BDM

8.2.1 Les informations suivantes doivent être données avec l'équipement livré:

- toutes les informations nécessaires pour le dimensionnement des composants, dispositifs et sous-ensembles réglables par l'utilisateur;
- toutes les informations permettant de définir les protections d'entrée et de sortie ainsi que les dispositions de mise à la terre;
- les consignes d'utilisation comprenant toute la documentation nécessaire pour mettre en oeuvre l'équipement fourni;

7.4.3.5 Flux loop

DC voltage control: this test is only applicable for drives with controlled excitation, and is particularly important for drives with extended speed range by field weakening.

The motor terminal voltage or EMF shall be checked by a suitable recording instrument over the complete speed range, at a low speed increase from minimum to maximum operating speed. A dynamic test shall also be performed when the motor speed is increased and decreased following the fastest allowed speed ramp. It shall be verified that the recorded values are within the specified range.

8 Product information

8.1 Marking

The following information shall be supplied on the rating plate of the CDM or BDM.

a) The manufacturer's name.

b) Equipment identification (model number, serial number, and year of manufacture).

c) Input ratings:

- voltage;
- rated current on the line-side I_{LN} or rated input current of the converter I_{VN} and auxiliaries input current I_{XN} according to the constitution of the CDM or BDM, these values are to be used in the definition of the incoming supply;
- frequency;
- number of phases;
- minimum source impedance or maximum prospective short-circuit current and maximum source impedance.

d) Output ratings:

- maximum rated output voltage;
- rated continuous current;
- overload capability (see 5.2.2);
- rated power (optional).

e) Output rating-field:

- rated output voltage;
- rated continuous current.

NOTE – Size limitation may require that some elements be provided in instruction manuals.

8.2 Information to be supplied with the PDS or CDM/BDM

8.2.1 The following information shall be supplied with the furnished equipment:

- information necessary for calibrating components, devices, and subassemblies which are intended to be adjusted by the user;
- information to allow for the proper selection of the input and output protection and earthing;
- operating instructions, including all information necessary to operate the furnished equipment;

- informations relatives à la CEM conformément à la CEI 61800-3;
- avertissements relatifs à la sécurité;
- ordre des phases à l'entrée et polarité des sorties.

8.2.2 Les informations suivantes doivent être soit fournies, soit disponibles:

- les instructions d'utilisation et de maintenance comprenant les indications pour localiser et remplacer les composants ou sous-ensembles en défaut; la langue utilisée sera celle du pays d'origine de l'équipement ou celle définie contractuellement entre client et fournisseur/constructeur;
- la capacité d'absorption d'énergie des circuits de ralentissement ou d'arrêt par freinage rhéostatique.

8.2.3 Les informations sur la vitesse doivent être données avec l'entraînement:

- la vitesse de base;
- la vitesse maximale;
- la vitesse maximale de sécurité;
- le courant d'excitation à la vitesse de base et à la vitesse maximale.

9 Sécurité et plaques indicatrices d'avertissement

9.1 Plaques indicatrices

Des étiquettes de sécurité et d'avertissement doivent être prévues par le constructeur et placées aux endroits exigés par les règles et normes en vigueur sur le lieu d'installation du matériel (si celui-ci est connu) et conformément à la CEI 60204-1. Elles seront rédigées dans le ou les langages appropriés du lieu d'installation.

Si le lieu d'installation n'est pas connu, les étiquettes d'avertissement doivent être fournies et placées selon les règles et normes en vigueur dans le pays d'origine du produit et conformément à la CEI 60204-1. Elles doivent être rédigées dans le ou les langues du pays d'origine de l'équipement.

Toutes les indications d'avertissement ou de sécurité doivent être reportées dans le manuel d'utilisation.

NOTE – Principaux points à considérer:

- Il convient de prévoir une plaque indicatrice d'avertissement à côté de la poignée de manoeuvre du sectionneur principal si celui-ci ne coupe pas l'alimentation de toutes les parties sous tension quand il est dans la position «ARRÊT».
- Dans tous les cas où il y a un risque de confusion entre un sectionneur de circuits de commande et un sectionneur de puissance, en raison de sa localisation ou de sa taille, il convient de prévoir une plaque indicatrice à côté de la poignée de manoeuvre du sectionneur de commande, précisant qu'il ne coupe pas toute l'alimentation du matériel.
- Une indication d'alerte doit être prévue lorsqu'il faut plus de 1 min pour ramener à 50 V toutes les tensions résultant de charges emmagasinées.
- Si une partie de l'équipement comporte un ou des circuits de tension supérieure à 50 V et peut être déplacée hors de l'enveloppe fermée ou dans une travée extérieure, l'ensemble déplaçable doit être muni des protections propres aux circuits de tension supérieure à 50 V, sauf si le courant de court-circuit correspondant est limité à une valeur inférieure à 5 mA.
- Une plaque indicatrice d'avertissement doit être fournie dans tous les cas où l'utilisateur a la possibilité de câbler à l'intérieur de l'enveloppe, des circuits qui ne sont pas coupés par le sectionneur fourni par le constructeur.
- Si une partie du circuit est un circuit TBTF (très basse tension fonctionnelle selon la CEI 60364-4-41), cette information doit être portée sur une plaque indicatrice.

- EMC information according to IEC 61800-3;
- warning notices where safety considerations exist;
- input phase sequence and output polarity.

8.2.2 The following information shall be supplied or made available:

- maintenance and service instructions, including information for locating and replacing faulty components or subassemblies; the language shall be appropriate to the country of origin or as agreed upon by the supplier/manufacturer and the customer;
- energy absorption rating of the dynamic braking slowdown and dynamic braking stop circuits.

8.2.3 Speed information shall be supplied with the power drive system, including:

- base speed;
- maximum speed;
- maximum safe speed;
- field current at base and maximum speed.

9 Safety and warning labels

9.1 Warning labels

Safety and warning labels shall be provided by the manufacturer and located as required by the codes and standards in the location of the equipment use (if known) and according to IEC 60204-1. They shall be in the appropriate language(s) for the location of use.

If the user location is not known, the warning labels shall be provided and located in accordance with the prevailing codes and standards of the country of origin and IEC 60204-1. They shall be in the language(s) of the country of origin.

All safety and warning labels shall be duplicated in the instruction manual.

NOTE – Some principal areas for consideration are:

- A warning label should be provided adjacent to the operating handle of the main power disconnect if this disconnect does not de-energize all exposed live parts when it is in the "OFF" position.
- Where a control circuit disconnecting device may be confused with the power circuit disconnecting device, due to size or location, a warning label should be provided adjacent to the operating handle of the control circuit disconnecting device stating that it does not disconnect all power from the equipment.
- When the time required for draining stored charges to 50 V is more than 1 min, a warning shall be provided.
- If a portion of the equipment carries more than 50 V and can be moved into a position outside the volume occupied by the closed enclosure or into an aisle, the assembly shall include guarding for circuits above 50 V, except where the short-circuit current for these voltages is limited to less than 5 mA.
- In those cases where it is possible for the user to wire circuits into the enclosure that are not disconnected by the disconnecting device supplied by the manufacturer, a warning label shall be supplied;
- If a part of the equipment is a FELV circuit (extra-low voltage for functional reasons only according to IEC 60364-4-41), this information shall be given on a warning label.

9.2 Sécurité et nature d'un entraînement (PDS)

Le PDS est par nature accouplé à un matériel entraîné, qui doit satisfaire aux exigences des normes et règles de sécurité. L'intégralité du système de protection du matériel entraîné, y compris l'arbre du moteur, est défini par l'utilisateur. L'utilisateur doit fournir au constructeur du PDS toutes les spécifications nécessaires qui ont une influence sur la sécurité de la machine entraînée et qui doivent être incluses dans les séquences pilotées par le système de contrôle du PDS (voir annexe E).

Le PDS est principalement un équipement électrique et les risques encourus du point de vue de la sécurité sont essentiellement de nature électrique. Le risque électrique est prédominant pour les CDM et le BDM.

Pour ces raisons, le PDS doit être conforme à la CEI 60204-1.

Mais le respect de ces exigences ne suffit pas, en soi, à assurer la conformité à toutes les exigences de sécurité. Les exigences de sécurité sont détaillées dans d'autres normes (voir annexe E).

9.2 Safety and nature of a PDS

The PDS is coupled to a driven equipment which has to comply with safety standards and rules. All protection systems of the driven equipment, including the shaft of the motor, are defined by the user. The user shall provide to the manufacturer of the PDS all the necessary specifications which are consequences of machinery safety and have to be included in the control of the PDS (see annex E).

The PDS is mainly an electrical equipment and the safety risk is mainly electrical. The safety risk is predominantly electrical for the CDM/BDM.

For these reasons PDS shall comply with IEC 60204-1.

Compliance with this standard does not, in itself, ensure compliance with all safety requirements. Detailed requirements are defined in other standards (see annex E).

Annexe A (informative)

Compléments côté moteur

A.1 Généralités

Les équipements variateurs ou variateurs (CDM/BDM) concernés par la présente partie de la CEI 61800 sont destinés à être utilisés avec un ou plusieurs moteurs à courant continu.

La présente annexe vise à aider l'utilisateur dans le choix d'un moteur adapté à son application, et à l'informer des incidences possibles, sur les performances du moteur, de son utilisation avec un convertisseur. Cette annexe a un rôle de conseil et de guide.

Les enveloppes du moteur comprennent tous les types connus (ouvert protégé, totalement fermé, antidéflagrant, etc.).

Les dispositions normalisées des moteurs à courant continu sont définies dans la CEI 60034.

A.2 Refroidissement

En règle générale, il existe trois modes usuels de refroidissement du moteur. Ils sont répertoriés dans la CEI 60034-6 sous l'appellation de code IC. Ce code est composé de cinq caractères, les deux premiers étant l'indice IC et les autres se composant comme suit:

- Disposition du circuit de refroidissement (de 0 à 9):

Circulation libre	0
Utilisation de canalisation	1, 2, 3
Utilisation d'échangeurs thermiques (incluant la carcasse du moteur)	4, 5, 6, 7, 8, 9
- Fluide de refroidissement primaire à air (A), à eau (W), qui sont les plus fréquents
- Mode de circulation du fluide primaire:

Convection libre	0
Autocirculation	1
Dispositifs indépendants montés sur le moteur	6
- Fluide de refroidissement secondaire avec la même codification que le fluide de refroidissement primaire.
- Mode de circulation du fluide secondaire avec la même codification que le mode de circulation du fluide de refroidissement primaire.

Les trois modes typiques de refroidissement du moteur sont décrits et codés comme suit:

a) Ventilateur monté sur l'arbre

Le refroidissement est dans ce cas une fonction de la vitesse du moteur qui est aussi nommé «moteur autoventilé»; son code est alors IC0A1

b) Ventilation forcée (souvent fournie avec des filtres):

- Ventilateur monté directement sur le moteur IC0A6
- Gaine de ventilation séparée IC1A7

Annex A (informative)

Motor considerations

A.1 General

The CDM/BDMs covered by this part of IEC 61800 are all intended to be used with d.c. motors (one or more).

The purpose of this annex is to help the user select the proper motor for the application, and to be aware of the possible effects on motor performance which arise from its use with a converter. The intent of this annex is advisory or tutorial in nature.

The motor enclosures include all recognized types (open drip proof, totally enclosed, explosion proof, etc.).

Standards for d.c. motors are defined in IEC 60034.

A.2 Cooling considerations

Generally, there are three typical methods of motor cooling. They are coded in IEC 60034-6 and are identified as an IC code. The code consists of five characters, the first two being IC and the balance according to the following:

- Circuit arrangement (0 to 9):

Free circulation	0
Use of pipes	1, 2, 3
Use of heat exchange (including the motor frame)	4, 5, 6, 7, 8, 9
- Primary coolant, the most frequently used being air (A) and water (W)
- Method of movement of primary coolant

Free convection	0
Self circulation	1
Motor mounted independent component	6
- Secondary coolant with same codification as for primary coolant.
- Method of movement of secondary coolant with same codification as for method of movement of primary coolant.

The three typical ways of motor cooling are described and coded as follows:

a) Shaft-mounted fans

Cooling is in this case a function of motor speed and is also called "self-ventilation with internal fan"; this method would be coded IC0A1

b) Separate cooling supply (often supplied with filters)

- Air supply from a blower directly mounted to the motor IC0A6
- Air supply from a separate duct IC1A7

Il est possible qu'à des régimes de vitesse réduite, un moteur autoventilé ne soit pas suffisamment refroidi pour maintenir un échauffement normal, ce qui est dû à la diminution de l'efficacité du ventilateur interne.

Ce point est particulièrement important pour les charges qui demandent un couple voisin du couple nominal aux vitesses inférieures à la moitié de la vitesse de base. Les charges qui nécessitent des couples réduits aux vitesses inférieures ne posent, en général, pas de problème (par exemple: ventilateurs centrifuges et pompes).

La température maximale admissible des isolants et de la carcasse du moteur (antidéflagrant) limite habituellement la gamme de vitesses des entraînements à vitesse variable.

L'échauffement dépend:

- de la gamme de vitesse souhaitée;
- de la forme du couple en fonction de la vitesse;
- du type de charge du moteur (statique/dynamique);
- du type d'enveloppe du moteur;
- de la taille de carcasse choisie;
- du système de refroidissement.

L'ensemble des paramètres évoqués ci-dessus permet de déterminer si la ventilation du moteur est correcte.

A.3 Harmoniques

Le contenu harmonique des formes d'ondes de tension/courant appliqué au(x) moteur(s) produit des pertes supplémentaires et des couples pulsatoires ainsi que des forces axiales ou des bruits acoustiques supplémentaires.

Ces effets sont complexes et dépendent:

- de la vitesse minimale de travail;
- de l'ampleur et des rangs des harmoniques produits;
- du matériel entraîné;
- des paramètres du moteur.

En règle générale, il s'agit de phénomènes à haute fréquence, dont l'importance est minime dans les moteurs à courant continu.

A.3.1 Configuration du convertisseur

Tous les convertisseurs pour lesquels la présente norme est applicable (voir annexe F) contiennent des harmoniques dans leur courant et tension de sortie. Le spectre harmonique dépend du type de convertisseur et des paramètres du moteur. La plaque signalétique du moteur doit indiquer le type de convertisseur autorisé pour celui-ci.

Le convertisseur doit être approprié au moteur utilisé afin d'éviter toute détérioration de ce dernier (voir figure F.1).

It is possible that at reduced speeds, the shaft-mounted fan of the motor may not be sufficient to maintain a normal temperature rise, due to the diminishing effectiveness of internal air circulation.

This is of primary concern for loads which require close to 1 p.u. torque at speeds below approximately 0,5 p.u. Loads which require reduced torques below this speed rarely constitute a problem (e.g. centrifugal type fans and pumps).

The maximum allowable temperature of the winding insulation and motor frame (explosion proof) usually limits the speed range of variable speed drives.

The temperature rise depends on:

- the speed range desired;
- the load torque versus speed profile;
- the type of motor load (static/dynamic);
- the type of motor enclosure;
- the motor frame size selected;
- the motor cooling system.

All of the above will determine whether the motor fan cooling is adequate.

A.3 Waveform harmonic considerations

The harmonic content of the voltage/current waveform applied to the motor(s) produces deleterious heating and motor torques (braking, plugging and oscillatory), axial forces and additional acoustical noise.

These effects are complex and depend on:

- minimum operating speed;
- the magnitude and number of the harmonics produced;
- the connected driven equipment;
- the motor parameters.

Generally these are relatively high-frequency phenomena, which are of little importance in d.c. motors.

A.3.1 Converter topologies

All the converters to which this standard is applicable (see annex F) contain harmonics in the output current and voltage. The harmonic distribution and magnitude depend upon the type of converter and the motor parameters. The motor nameplate requires the inclusion of allowable type of converter.

The motor is to be used with the proper converter type to avoid motor failure problems, (see figure F.1).

A.3.2 Tension par rapport à la terre

Les tensions de sortie harmoniques et les décalages de tension de sortie par rapport à la terre ont aussi un effet sur l'isolation du moteur dans les cas suivants:

- valeur de crête des tensions entre les bornes;
- raideur des fronts de tension (dv/dt);
- tensions entre bornes et carcasse/terre.

A.4 Aspects mécaniques – Torsion

Des moteurs conçus pour être utilisés à vitesse constante peuvent être le siège de résonances mécaniques susceptibles d'être excitées à des vitesses autres que celle définie.

Il convient que les vibrations du moteur soient examinées sur toute la plage vitesse pour s'assurer du bon fonctionnement (voir D.5.3.1, D.5.3.2 et figures D.9 et D.10).

A.4.1 Analyse de torsion

L'existence des conditions définies ci-dessus peut être précisée, si nécessaire, au moyen d'une analyse approfondie.

A.4.2 Remèdes aux problèmes de torsion (rares avec des variateurs à courant continu)

L'étude de torsion vise à déterminer le niveau de contrainte dans les composants mécaniques, et à vérifier que les limites d'endurance ne sont dépassées ni par les contraintes oscillatoires ni par la valeur moyenne.

Si l'analyse indique que les contraintes mécaniques sont excessives, plusieurs dispositions peuvent être prises dans la conception du système.

Ces dispositions comprennent:

- la modification des dimensions et du matériau de l'arbre afin de déplacer les fréquences propres au-delà de la plage de vitesse de travail;
- l'utilisation d'accouplements amortisseurs;
- la multiplication du nombre de phases du convertisseur afin de réduire les pulsations de couple;
- l'amortissement sélectif par la commande électronique.

A.4.3 Couple pulsatoire

La connaissance du contenu harmonique de la tension et/ou du courant du moteur est également importante pour déterminer les couples pulsatoires répétitifs occasionnés par les harmoniques de l'alimentation du moteur.

On note que ces pulsations de couple se produisent à des fréquences relativement élevées (harmoniques de la fréquence d'alimentation). Elles sont bien filtrées par le mécanisme lui-même. Les effets peuvent surtout apparaître avec des convertisseurs monophasés.

A.3.2 Potentials to earth

The output voltage harmonics and voltage offset to earth also have an effect on motor insulation systems in the following areas:

- peak voltage between terminals;
- rate of change of voltage (dv/dt);
- voltage from terminals to frame/earth.

A.4 Torsional considerations

Motors designed to be used at constant speed may have mechanical resonances which will be excited at speeds other than design speed.

The motor vibration should be checked over the operating speed range to assure trouble free operation in the adjustable speed range (see D.5.3.1, D.5.3.2 and figures D.9 and D.10).

A.4.1 Torsional analysis

The existence of the above conditions can be determined by a comprehensive torsional analysis, if necessary.

A.4.2 Remedies to torsional problems (rare with d.c. drives)

The object of the torsional analysis is to determine the stress levels in the mechanical parts and ensure endurance limits are not exceeded by the oscillating stress and that the yield limit is not exceeded by the average stress.

If the analysis indicates that the mechanical system is overstressed, there are several remedies that can be employed in the system design.

These remedies include:

- change of shaft material or dimension to move resonant frequencies beyond the operating range;
- use of energy absorbing couplings;
- use of phase multiplication converters to reduce the torque pulsations;
- selective electronic damping.

A.4.3 Torque pulsation

The knowledge of the relative harmonic content of motor voltages and/or currents is also important in determining the repetitive pulsating torques excited by harmonics.

It is noticeable that these torque pulsations occur at relatively high frequencies (harmonics of supply frequency). They are well filtered by the mechanism itself. Effects may occur mainly with single-phase converters.

A.5 Modes de fonctionnement

Le variateur peut être conçu pour fonctionner selon un ou plusieurs des modes de fonctionnement décrits ci-dessous:

- a) couple variable en fonction de la vitesse, par exemple quadratique (usuel pour les pompes, ventilateurs et compresseurs);
- b) couple constant dans une plage de vitesses donnée;
- c) puissance constante dans une plage de vitesses où le couple diminue alors que la vitesse augmente;
- d) récupération d'énergie quand l'entraînement transforme une puissance mécanique fournie à l'arbre moteur en puissance électrique renvoyée au réseau par le convertisseur; le fonctionnement en récupération peut avoir lieu dans l'un des trois modes définis précédemment – couple variable, couple constant ou puissance constante;
- e) freinage dynamique avec conversion du couple à l'arbre du moteur en puissance électrique dans une résistance ou dans des dispositifs similaires, pour dissiper la puissance électrique en chaleur.

Le ou les modes de fonctionnement spécifiés pour le variateur doivent être compatibles avec les capacités du moteur en ce qui concerne le couple et la plage de variation de vitesse (voir figure A.1).

A.5.1 Caractéristiques couple/vitesse

Les caractéristiques couple/vitesse peuvent être définies pour le variateur, par exemple comme le montre la figure A.1.

Dans le cas d'un moteur autoventilé alimenté par un équipement variateur ou un variateur, le couple autorisé est limité par la réduction de l'efficacité de la ventilation avec la réduction de vitesse.

Figure A.1

A.5 Operational modes

The drive system may be designed to operate in one or more of the operating modes given below:

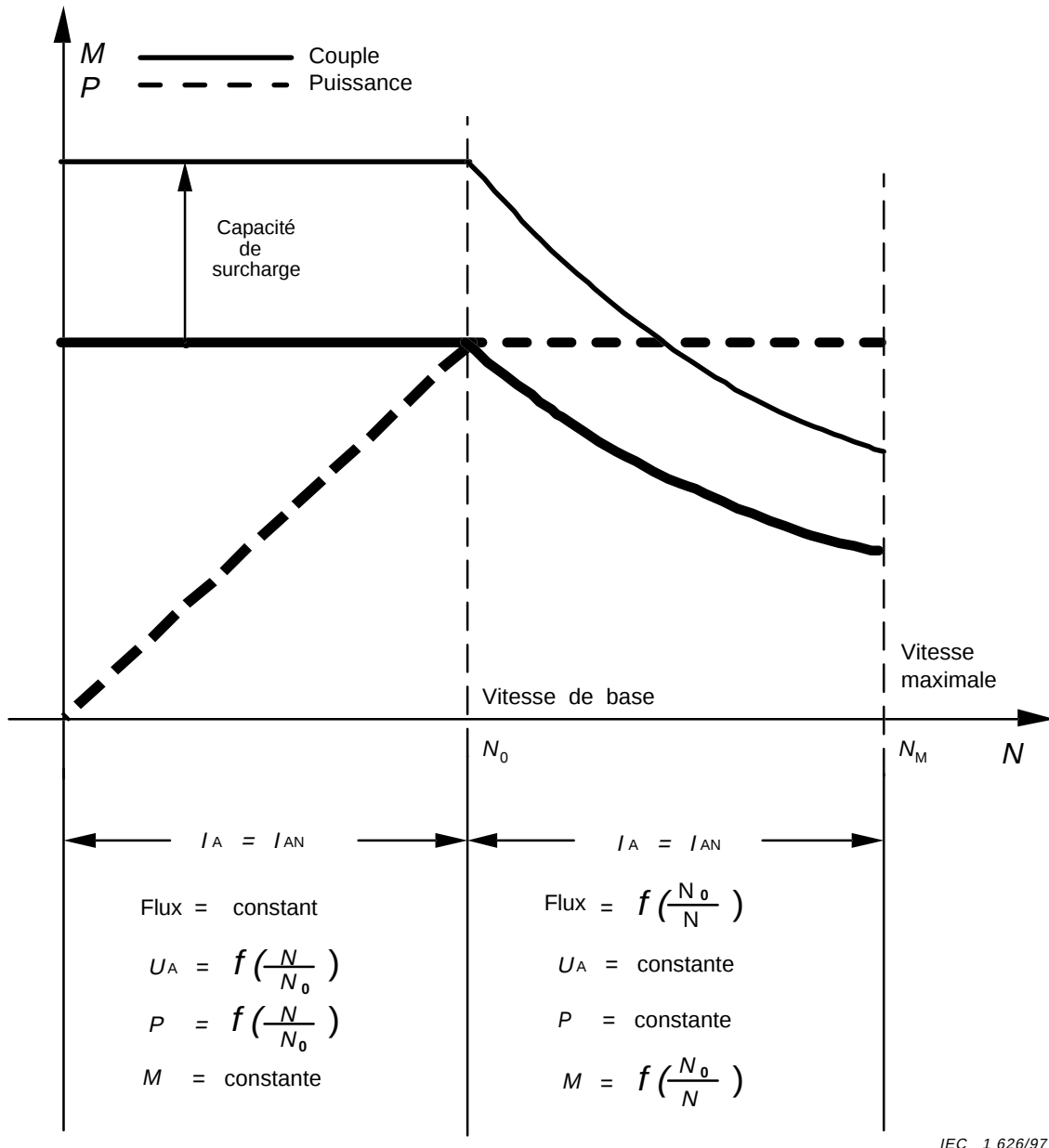
- a) variable torque changing as a function of speed, for example speed squared (as may be found in pump, fan and compressor applications);
- b) constant torque over a specific speed range;
- c) constant power over a specific speed range where the torque decreases when speed increases;
- d) regenerative operation where the drive systems convert mechanical torque from the motor shaft to electrical power back into the plant power system; regenerative operation may be in any of the three modes defined above – variable torque, constant torque or constant power;
- e) dynamic braking where the drive system functions to convert torque from the motor shaft to electrical power fed to a resistor, or a similar element to be dissipated as heat.

The operational mode(s) specified for the drive system should be compatible with the motor capabilities for the torque and speed range of operation (see figure A.1).

A.5.1 Torque/speed characteristics

The torque/speed characteristics can be defined for the drive system, for example as shown in figure A.1.

For a self-ventilated motor powered by a CDM/BDM, the torque which can be transmitted is reduced by the reduction of ventilation with reduction in speed.



NOTE 1 – Il peut être nécessaire de réduire la capacité de surcharge pour les vitesses supérieures à la vitesse de base.

NOTE 2 – Le fonctionnement en-dessous de la vitesse de base peut nécessiter l'utilisation d'une ventilation forcée pour assurer un refroidissement correct du moteur.

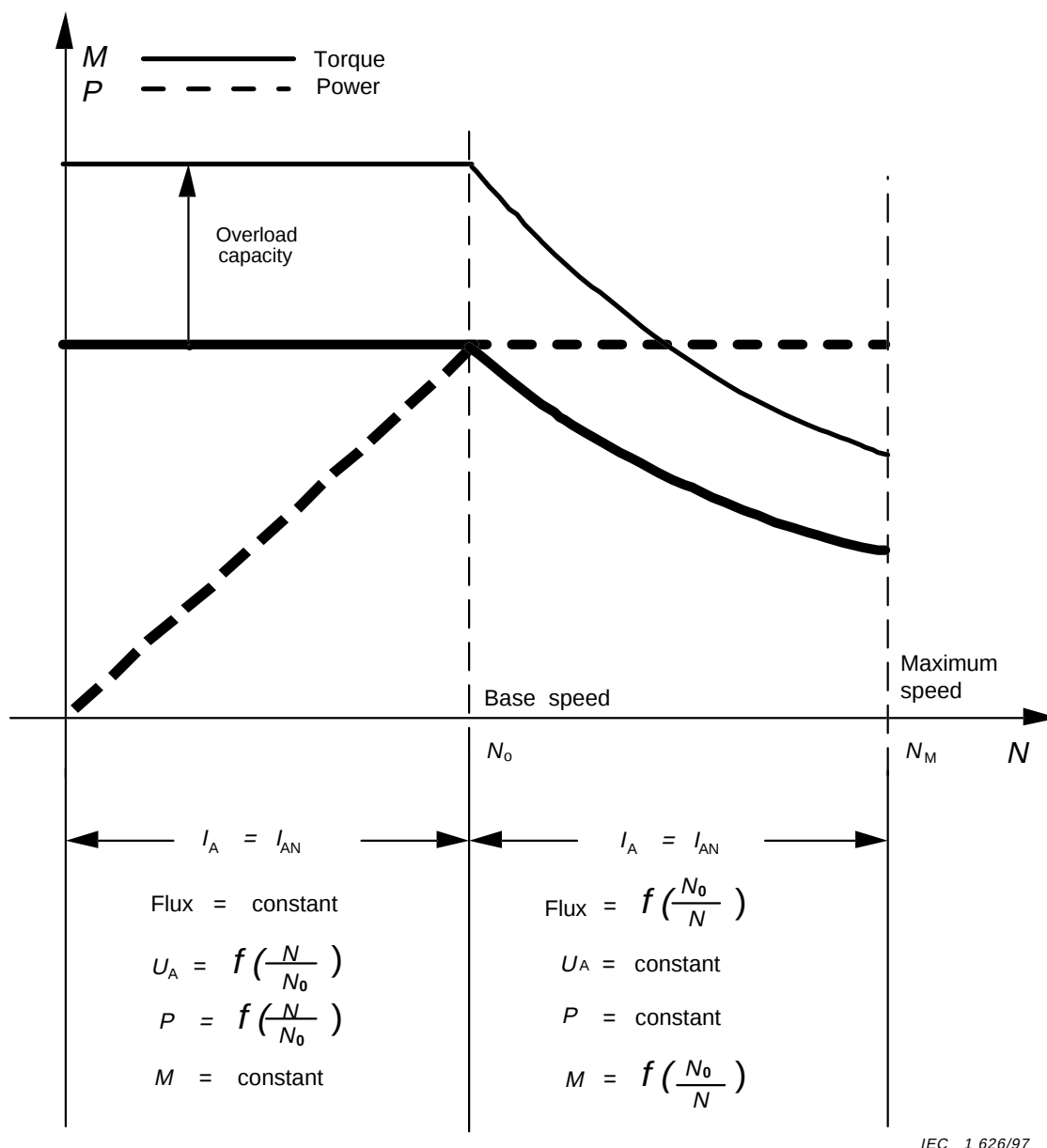
NOTE 3 – Cette figure peut être étendue au fonctionnement sur quatre quadrants.

NOTE 4 – Il peut être nécessaire de réduire la charge maximale dans le fonctionnement au-delà de la vitesse de base.

Figure A.1 – Couple et puissance de sortie d'un moteur à courant continu

A.5.2 Récupération d'énergie

Certains variateurs de vitesse, concernés par la présente partie de la CEI 61800, peuvent fonctionner de façon continue en récupération; le moteur convertit alors l'énergie mécanique en énergie électrique, et l'équipement variateur ou le variateur restitue cette énergie au réseau d'alimentation à courant alternatif.



NOTE 1 – Reducing overload capacity may be necessary for speed range over the base speed.

NOTE 2 – Operation below the base speed may necessitate the use of a blower for correct cooling of the motor.

NOTE 3 – This figure may be extended to four quadrant operation.

NOTE 4 – Reducing load capacity may be necessary for operation above base speed.

Figure A.1 – Torque and power output of a d.c. motor

A.5.2 Considerations of drive regeneration

Some adjustable speed drives, covered by this part of IEC 61800, can be operated continuously in the regenerative mode, the mode in which the motor converts mechanical energy from the driven equipment into electrical energy, which the CDM/BDM then returns to the a.c. input supply.

La puissance mécanique de sortie du moteur peut être décrite par le couple et la vitesse angulaire. Ces variables peuvent, en général, avoir deux sens. Par conséquent, on compte quatre modes possibles de fonctionnement (voir 2.3). La puissance est le produit du couple et de la vitesse angulaire.

Lorsque l'énergie va du variateur vers le moteur, on dit que le fonctionnement est moteur, tandis que lorsque l'énergie va du moteur vers le variateur et le réseau, on dit que le fonctionnement est en récupération.

La plaque signalétique du moteur indique généralement la tension assignée en fonctionnement moteur. Il peut s'avérer nécessaire de réduire cette valeur pendant la récupération afin d'éviter le défaut nommé «décrochage onduleur».

A.6 Bruit

Les moteurs à courant continu qui fonctionnent avec du courant redressé produisent un bruit caractéristique dont l'origine est l'ondulation de tension de cette source d'énergie.

Ces ondulations de tension produisent des ondulations de courant dans l'induit du moteur, qui réagissent avec les champs magnétiques pour produire des forces périodiques qui peuvent exciter des vibrations dans certaines parties des structures mécaniques.

Ces ondulations de courant sont plus précisément des courants harmoniques; leur amplitude et leur rang dépendent de différents facteurs, dont le type d'alimentation en énergie, l'inductance du circuit d'induit et l'angle d'allumage des thyristors.

Le bruit qui résulte des forces d'excitation dues aux courants harmoniques ne peut dépasser les limites spécifiques ou légales. Cependant, il peut demeurer gênant en raison du contenu à haute fréquence, en particulier dans le cas d'utilisation d'inductances sur le circuit continu de sortie d'un hacheur.

A.7 Durée de vie de l'isolement

Les isolants du moteur sont soumis à des contraintes électriques plus importantes lorsque le moteur est alimenté par un convertisseur que lorsqu'il est alimenté par une source continue pure.

En cas d'utilisation d'un hacheur, des variations de tension importantes se produisent au moment des commutations, ce qui expose les isolants à des contraintes importantes.

Les gradients de tension dv/dt appliqués à l'isolement entre spires, en particulier celles de l'induit, sont une contrainte importante dans le cas de l'alimentation par un convertisseur commandé en modulation de largeur d'impulsion.

La connaissance expérimentale et pratique de l'influence quantitative des facteurs mentionnés ci-dessus sur la durée de vie des isolants n'a pas encore donné de résultat évident. Cependant, on admet qu'il n'y a pas de réduction majeure de la durée de vie si les valeurs limites suivantes sont respectées:

$$\text{tension crête} \leq 2 \times \text{la tension assignée};$$

$$dv/dt \leq 500 \text{ V}/\mu\text{s}$$

A.8 Tensions sur l'arbre

Des tensions sur l'arbre peuvent exister lorsque l'alimentation se fait au moyen d'un convertisseur.

The mechanical output of the motor can be described in terms of torque and angular velocity (speed). These variables can, in general, have two polarities. Therefore there are four possible modes of operation (see 2.3). Power is the product of torque and angular velocity.

Power flow from converter to motor is termed motoring whereas power flow from the motor into the converter is termed regeneration.

Generally, the motor nameplate indicates rated voltage during motoring operation. It might be necessary to reduce this value during regeneration in order to avoid inverting failures.

A.6 Acoustic noise

DC motors operated on rectified power produce a characteristic noise, best described as a "hum", which has its origin in the a.c. ripple voltage inherent in this power source.

These a.c. ripple voltages produce corresponding a.c. ripple currents in the motor armature circuit, and these periodic currents interact with motor field fluxes to produce periodic forces which can excite vibration of various parts of the motor structure.

These ripple currents are more properly termed harmonic currents and their magnitude and number is dependent upon several factors including power supply type, armature circuit inductance and thyristors conduction angle.

The noise which results from these current harmonic excitation forces may not exceed legal or specific limits. It can be annoying, however, because of its high pure tone content, especially in case of using d.c. chokes with choppers.

A.7 Service life of the motor insulation system

The insulation system of the motor is subjected to higher dielectric stresses when converter fed than in the case of supply with pure d.c. voltages and currents.

If a current source chopper is used, a high rate of voltage change in the motor occurs during the commutating period, which subjects the main insulation to stresses.

The voltage gradients, dv/dt , which stress the interturn insulation, particularly that of the armature are of importance in the case of supply from pulse width modulated choppers.

Knowledge substantiated by practical experience on the quantitative influence of the two above-mentioned factors on the service life of the insulation system is not in evidence. It is however widely accepted that no considerable reduction of the service life arises from chopper operation if the following limit values are observed:

$$V_{\text{peak}} \leq 2 \times \text{rated voltage};$$

$$dv/dt \leq 500 \text{ V}/\mu\text{s}$$

A.8 Shaft voltages

Shaft voltages may result from operation on a converter.

L'expérience montre que les tensions supérieures à environ 500 mV (crête) sont préjudiciables aux paliers antifrictions.

Il est conseillé de procéder à la mesure de la tension d'arbre pendant le fonctionnement du convertisseur, dans la mesure où les moteurs ne sont pratiquement jamais fournis avec paliers isolés. Des méthodes correctives peuvent inclure la dérivation du courant hors des paliers en plaçant sur l'arbre un balai frotteur relié à la terre, ou l'usage de paliers isolés.

A.9 Entraînements nouveaux

Une étude préalable d'entraînement peut être demandée au constructeur du variateur.

L'utilisateur doit alors fournir les données suivantes:

- les caractéristiques mécaniques (couple en fonction de la vitesse, inertie, élasticité, jeux) sur l'arbre moteur;
- la gamme de vitesses requises;
- la tension d'alimentation et les tolérances (tension/fréquence) associées;
- la puissance disponible et les caractéristiques de court-circuit;
- les conditions de fonctionnement (continu, transitoire, cyclique);
- les spécifications particulières au site d'installation;
- les caractéristiques harmoniques du réseau, encoches de commutation et dépassements transitoires de tension.

NOTE – Voir D.3 pour plus d'information.

A.10 Documents de référence

CEI 60034, *Machines électriques tournantes*

CEI 60034-5: 1991, *Machines électriques tournantes – Partie 5: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines électriques tournantes (code IP)*

CEI 60034-6: 1991, *Machines électriques tournantes – Partie 6: Modes de refroidissement (code IC)*

CEI 60034-7: 1992, *Machines électriques tournantes – Partie 7: Classification des formes de construction et des dispositions de montage (code IM)*

CEI 60079, *Matériel électrique pour atmosphères explosives gazeuses*

Experience shows that shaft voltages higher than approximately 500 mV (peak) may necessitate insulation of antifriction bearings.

As motors are practically never fitted with bearing insulation, it is advisable to carry out a measurement of the shaft voltage during converter operation. Methods of correction include bypassing the current from the bearings by use of an earthed brush on the shaft or the use of insulated bearings.

A.9 New drive systems

A feasibility study of a new drive system performance may be required from the manufacturer.

The following data is to be provided by the user:

- mechanical characteristics (torque versus speed, inertia, elasticity, backlash) at the motor shaft;
- required speed range;
- supply voltage with tolerances (voltage/frequency);
- available continuous power and short-circuit capacity;
- operating conditions (continuous, transient, cyclical);
- particular specifications for the installation site;
- a.c. supply harmonics, commutation notches, voltage overshoot.

NOTE – See D.3 for additional information.

A.10 Reference documents

IEC 60034, *Rotating electrical machines*

IEC 60034-5: 1991, *Rotating electrical machines – Part 5: Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines (IP code)*

IEC 60034-6: 1991, *Rotating electrical machines – Part 6: Method of cooling (IC code)*

IEC 60034-7: 1992, *Rotating electrical machines – Part 7: Classification of types of constructions and mounting arrangements (IM code)*

IEC 60079, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres*

Annexe B (informative)

Compléments côté réseau

B.1 Introduction

Le raccordement d'un variateur ou d'un équipement variateur au réseau de distribution d'énergie a des conséquences au point de connexion qui se répercutent en amont sur le réseau. Les autres charges produisent, bien sûr, des effets similaires au point de couplage commun (PCC). De plus, le convertisseur est une charge de type non linéaire, c'est-à-dire que les formes d'ondes de courant et de tension côté réseau ne sont pas similaires.

Le raccordement du convertisseur produit donc une distorsion de la tension d'entrée. Il faut noter que cette distorsion s'ajoute aux distorsions qui existent au PCC avant le raccordement du convertisseur, et qui sont dues au réseau de distribution lui-même et aux autres charges connectées à ce réseau.

La non-linéarité du convertisseur signifie que des courants harmoniques circulent en s'ajoutant au courant fondamental utile (sinusoïdal). Les courants harmoniques ne participent pas à la transmission de puissance mais contribuent à la charge du réseau de distribution. Il en résulte qu'il y a intérêt à minimiser l'amplitude de ces courants harmoniques de ligne. L'IEEE 519 traite en détail les effets des harmoniques de courant et fixe des limites acceptables. Il convient que l'utilisateur spécifie le niveau harmonique qu'il requiert.

Les convertisseurs peuvent aussi générer des transitoires de tension sur l'entrée alternative, appelés encoches de commutation. Les encoches de commutation sont décrites dans l'IEEE 597. Les limites acceptables pour les encoches et les méthodes d'atténuation sont données dans l'IEEE 519 et dans la CEI 60146-1-1. L'utilisation de variateurs nécessite de connaître la configuration du convertisseur d'entrée dont dépend le pouvoir perturbateur des encoches de commutation. Le constructeur peut être consulté pour définir le type de convertisseur d'entrée qu'il est préférable d'employer ainsi que les méthodes d'atténuation qu'il recommande.

Enfin, la rapidité des commutations (échelle des temps en microsecondes) des semi-conducteurs du convertisseur côté réseau ajoute des transitoires haute fréquence. Cet aspect est à traiter au titre de la compatibilité électromagnétique (CEM).

L'incidence de l'entraînement sur le réseau de puissance et sur les équipements connectés au PCC fait l'objet des annexes B et C de la CEI 61800-3.

B.2 Mise à la terre de l'alimentation alternative

La mise à la terre du réseau d'alimentation alternative est un point délicat. Dans un système triphasé de puissance, cinq cas sont possibles: réseau isolé, avec neutre à la terre, avec ligne à la terre, à neutre impédant – faible impédance ou forte impédance. Le neutre haute impédance est préférable pour les entraînements à vitesse variable utilisés dans les procédés où la continuité de service est importante. Ainsi, la ligne à la terre ou le neutre artificiel à la terre (d'un transformateur triangle) peuvent entraîner des dysfonctionnements dont la tension de mode commun peut être la cause. Il faut consulter le manuel du constructeur pour choisir parmi les configurations autorisées. La section 12 de l'IEEE 597 contient une présentation plus rigoureuse des méthodes de mise à la terre. Le tableau 6 de la section 12 de l'IEEE 597 résume les caractéristiques de chacun des trois principaux systèmes: à la terre, haute impédance ou isolé.

NOTE – Le régime de mise à la terre du réseau d'alimentation, et le mode de mise à la terre des armoires des équipements est expliqué et codé dans la CEI 60364-3.

Annex B (informative)

Line-side considerations

B.1 Introduction

The connection of a CDM/BDM to the supply (line-side) results in an impact at the point of connection which is also reflected further up the supply network. Other loads, of course, produce similar effects at points of common coupling (PCC). In addition the converter constitutes a non-linear type load, for example the waveforms of the line-side voltage and current are dissimilar.

The connection of the converter then produces distortion of the line-side voltage waveform. This is in addition to any existing distortion of the waveform at PCC prior to the connection of the converter and due to the utility and other connected loads on the network.

The non-linear aspect of the converter means that harmonic currents flow into the converter in addition to the useful fundamental (sinusoidal) current. Since these harmonic currents do not aid in transmission of power and contribute to the loading of the distribution system, minimizing the magnitudes of these harmonic line currents is desirable. IEEE 519 discusses in detail the effects of harmonic currents and establishes acceptable limits as to the effects of harmonic currents. The user should specify the degree of harmonic control required.

The converters are also capable of generating a voltage transient on the a.c. input lines known as a line notch. The line notch transient is described in IEEE 597. Acceptable limits for notch and methods of reducing the notch area are given in IEEE 519 and IEC 60146-1-1. Since the severity of the line notch transients also depends on the configuration of the input power converter, the user should consider this fact in applying converters. The converter manufacturer can be consulted to determine the type of input power converter utilized and to recommend methods to reduce line notching transients.

Finally, the switching of the semi-conductors in the line-side converter takes place at very high speeds (microseconds) and this adds high frequency transients to the line-side which can cause concerns over electromagnetic compatibility (EMC).

The drive effect on the power system and equipment at the PCC is the subject of annexes B and C of IEC 61800-3.

B.2 AC power source earthing

AC power system earthing is a critical consideration. Five earthing situations are possible in a three-phase a.c. power system: isolated, solidly earthed neutral, solidly earthed line, low resistance earthed neutral, and high resistance earthed neutral. The high resistance earthed neutral is the preferred system for drives used in processes where continuous operation is of importance. For example, the solidly earthed line or centre tapped delta earthed line may cause the drive to perform improperly, the reason is mainly the voltage from regulator common to earth. The manufacturer's instruction book is to be consulted for guidance on permissible a.c. power system earth configurations. Section 12 of IEEE 597 contains a more rigorous discussion on earthing methods. Table 6 of section 12 of IEEE 597 referred to above summarizes characteristics of the types of system earthing under three major categories: solid, high resistance, and isolated.

NOTE – The mode of earthing of the power supply network, and the mode of earthing of the housing of the equipments is explained and coded in IEC 60364-3.

B.3 Introduction aux harmoniques et interharmoniques

L'étude théorique des convertisseurs de puissance et leur usage ont conduit à représenter un convertisseur par une source de courants harmoniques.

NOTE 1 – Certains convertisseurs récents peuvent être considérés comme sources de tensions harmoniques. Ils sont donc raccordés au PC à travers une impédance. Celle-ci les transforme en sources de courants harmoniques.

NOTE 2 – PCC: point de couplage commun à un réseau public;
 PCI: point de couplage interne sur un réseau privé;
 PC: point de couplage (l'un ou l'autre des cas ci-dessus).

L'installateur et le distributeur d'énergie peuvent définir l'impédance harmonique du réseau au point de couplage (PC).

Cette valeur peut servir à affiner le modèle harmonique de l'entraînement à vitesse variable (PDS).

La gêne harmonique sur un équipement est ressentie par les effets des tensions harmoniques.

$$U_h = Z_h \times I_h$$

Le problème est alors d'évaluer le risque harmonique (ou interharmonique si le rang h n'est pas un entier).

Il existe deux principaux types de convertisseurs reliés au réseau alternatif:

- type 1: Il s'agit de convertisseurs thyristors à forte inductance dans la charge côté continu, où les courants harmoniques sont principalement déterminés par l'ondulation du courant (voir figure B.4), l'indice de pulsation, l'angle d'allumage et le rapport de court-circuit R_{SC} . Les tensions harmoniques sont dues principalement au rapport de court-circuit R_{SC} et à l'indice de pulsation, comme le montre le tableau B.1;
- type 2: Il s'agit de convertisseurs à diodes à faible inductance (ou sans inductance) et à condensateur côté continu, où les courants harmoniques sont fonction des inductances côté réseau (voir figure B.5).

Un exemple d'évaluation du risque harmonique (tension harmonique) est donné en 3.6.3 de la CEI 60146-1-2.

Cet exemple se limite aux convertisseurs de type 1 connectés à un réseau sans batteries de condensateurs ni longues lignes d'alimentation (câbles). Le tableau B.1 présente, pour une distorsion de tension harmonique donnée, la valeur minimale du rapport R_{SC} pour différents indices de pulsation (il fournit également la surface de l'encoche et l'amplitude du premier rang harmonique).

B.3 Introduction to harmonics and interharmonics

The theoretical study of power converters and their use has modelled a converter as a source of harmonic currents.

NOTE 1 – Some new converters can be considered as source of harmonic voltages. Therefore connection to the PC through an impedance converts them into harmonic current sources.

NOTE 2 – PCC: point of common coupling on a public network;
 IPC: in-plant point of coupling on a private network;
 PC: point of coupling (for either of the cases quoted above).

The installer and utility can define the harmonic impedance of the system at the point of coupling (PC).

This value can be used to refine the harmonic model of the power drive system (PDS).

The harmonic nuisance on an equipment results from harmonic voltage effects.

$$U_h = Z_h \times I_h$$

Then the question is how to estimate the harmonic risk (or interharmonic when order h is not an integer).

There are two basic types of converters connected to the a.c. line:

- type 1: those thyristor converters with large inductance in the d.c. load, where the current harmonics are determined from the current ripple (see figure B.4), converter pulse number and firing angle from the R_{SC} ratio. The voltage harmonics are mainly due to the R_{SC} ratio and converter pulse number, as shown in table B.1;
- type 2: those diode converters with small inductance (or no inductance at all) and large capacitance in the d.c. load, where the current harmonics are a function of inductances on the line-side (see figure B.5).

An example of evaluation of the harmonic risk (harmonic voltage) is given in 3.6.3 of IEC 60146-1-2.

This example is limited to type 1 converters connected to a network without capacitor banks or long supply lines (cables). Table B.1 shows, for a given voltage harmonic distortion, the minimum R_{SC} requirement at different pulse numbers, the notch area, and the amplitude of the first harmonic rank.

Tableau B.1 – Limites minimales du rapport R_{SC} pour les systèmes en basse tension

THD	p = 6			p = 12			p = 18			p = 24		
p.u.	R_{SC}	A_E	U_5 p.u.	R_{SC}	A_E	U_{11} p.u.	R_{SC}	A_E	U_{17} p.u.	R_{SC}	A_E	U_{23} p.u.
0,01	231	0,25	0,0041	150	0,19	0,0043	106	0,18	0,0055	99	0,14	0,0054
0,015	154	0,40	0,0062	100	0,29	0,0065	71	0,27	0,0081	66	0,22	0,0081
0,03	77	0,74	0,0123	50	0,57	0,0130	35	0,55	0,0165	33	0,43	0,0163
0,05	46	1,24	0,0206	30	0,93	0,0217	21	0,91	0,0275	20	0,72	0,0268
0,08	29	1,98	0,0327	19	1,51	0,0342	13	1,47	0,0444	12	1,19	0,0447
0,1	23	2,48	0,0409	15	1,89	0,0428	10	1,84	0,0555	9	1,49	0,0559

THD: Taux de distorsion harmonique total

A_E : surface d'encoche en p.u. × degrés

NOTE 1 – Pour les systèmes à moyenne tension, $R_{scmin} = 3 \times R_{SC}$ en exigence minimale (tolérance de résonance).

NOTE 2 – Pour les systèmes à haute tension, $R_{scmin} = 2 \times R_{SC}$ en exigence minimale (tolérance de résonance).

NOTE 3 – Ne peut être employé pour les systèmes directement connectés aux bancs de condensateurs ou filtres.

NOTE 4 – Interpolation: $THD \times R_{SC} = \text{constante}$ pour une valeur p donnée.

NOTE 5 – La distorsion harmonique totale est présentée comme contribution du convertisseur à la distorsion existante.

NOTE 6 – La surface d'encoche est donnée pour une seule encoche, sans commutations multiples.

NOTE 7 – Utiliser S_{1LN} pour la distorsion correspondant à la puissance apparente nominale.

Il convient aussi de remarquer que:

- sur un groupe de variateurs, les interharmoniques ont peu de chance de se combiner. Il en résulte une prédétermination par sommation arithmétique;
- en revanche, il est usuel d'utiliser une sommation quadratique pour les harmoniques de variateurs non synchronisés, avec convertisseur d'entrée commandé;
- si les entraînements disposent d'un redresseur d'entrée non commandé, les courants harmoniques s'additionnent arithmétiquement.

La relation de phase entre les harmoniques de courant générés par un convertisseur et la source de tension qui l'alimente est déterminée par l'angle d'allumage et le rang de l'harmonique. Les harmoniques de courants générés par des convertisseurs appartenant à différents utilisateurs, raccordés au même jeu de barres d'alimentation, s'additionnent vectoriellement. Le concept de sommation des harmoniques est simple, mais leur sommation rigoureuse est d'une part pratiquement impossible, et d'autre part sans grande signification en raison de la nature statistique de leur génération, ainsi que de la quantité prohibitive de données détaillées qui serait nécessaire pour l'exécuter.

Les convertisseurs à source de tension équipés d'un redresseur d'entrée à diodes permettent une approximation simple et sûre par addition; il suffit pratiquement de résoudre le circuit pour chaque source harmonique prise séparément en vue de déterminer les courants de branches et tensions aux noeuds engendrés par la source harmonique, et ensuite d'effectuer une addition arithmétique. Afin d'affiner cette sommation, on peut utiliser les coefficients de foisonnement des charges des convertisseurs là où ils sont immédiatement connus. L'annexe B.2 de la CEI 61800-3 donne de plus amples informations.

De temps à autre, il convient que l'utilisateur effectue des mesures d'harmoniques en des points sélectionnés où l'on peut s'attendre à trouver de fortes valeurs de distorsion. Il s'agit de déterminer le comportement du système et de confirmer que:

- les condensateurs de réseau, les filtres, les câbles et transformateurs ne subissent pas de contraintes dues à un excès d'harmoniques;

Table B.1 – Minimum R_{SC} requirements for low voltage systems

THD	p = 6			p = 12			p = 18			p = 24		
p.u.	R_{SC}	A_E	U_5 p.u.	R_{SC}	A_E	U_{11} p.u.	R_{SC}	A_E	U_{17} p.u.	R_{SC}	A_E	U_{23} p.u.
0,01	231	0,25	0,0041	150	0,19	0,0043	106	0,18	0,0055	99	0,14	0,0054
0,015	154	0,40	0,0062	100	0,29	0,0065	71	0,27	0,0081	66	0,22	0,0081
0,03	77	0,74	0,0123	50	0,57	0,0130	35	0,55	0,0165	33	0,43	0,0163
0,05	46	1,24	0,0206	30	0,93	0,0217	21	0,91	0,0275	20	0,72	0,0268
0,08	29	1,98	0,0327	19	1,51	0,0342	13	1,47	0,0444	12	1,19	0,0447
0,1	23	2,48	0,0409	15	1,89	0,0428	10	1,84	0,0555	9	1,49	0,0559

THD: Total harmonic distortion A_E : notch area in p.u. × degrees

NOTE 1 – For medium voltage systems use $R_{SCmin} = 3 \times R_{SC}$ as minimum requirement (resonance allowance).

NOTE 2 – For high voltage systems use $R_{SCmin} = 2 \times R_{SC}$ as minimum requirement (resonance allowance).

NOTE 3 – Not be used for systems with directly connected capacitor banks or filters.

NOTE 4 – Interpolation: $THD \times R_{SC} = \text{constant}$ for a given p.

NOTE 5 – The total harmonic distortion is given as the contribution of the converter to the existing distortion.

NOTE 6 – The notch area is given for one single notch, without multiple commutation.

NOTE 7 – Use S_{1LN} for distortion corresponding to rated apparent power.

It is also advisable to note that:

- on a group of PDS, the interharmonics have little chance to combine, it results in a calculation by arithmetic summation;
- on the other hand, it is usual to use a quadratic summation for the harmonics of non synchronized PDSs, with controlled input converter;
- if the PDSs have uncontrolled input rectifiers the harmonics add arithmetically.

The phase relationship of the harmonic current generated by a converter to the converter source voltage is determined by the phase angle at which the commutation starts and the harmonic order. The harmonic currents generated by converters belonging to different consumers connected to the same section of the feeder circuit will add up vectorially. Addition of harmonics is conceptually simple, but rigorous addition of harmonics is practically impossible and virtually meaningless because of the statistical nature of the harmonic current generation and the prohibitive amount of the detailed data required.

For voltage source converters with diode input rectifiers, the following simple and conservative method of approximation by addition is recommended; namely, solve the circuit for each harmonic source separately to determine the branch currents and node voltages caused by the harmonic source, and then arithmetically total them. Coincidence factors of the converter loads can be used to refine the addition if such data is readily available. More information is provided in annex B.2 of IEC 61800-3.

The user should periodically perform harmonic measurements, at selected points where a high level of harmonic distortion is suspected, to determine the system behaviour and confirm that:

- utility capacitors, filters, cables and transformers are not being overstressed by excessive harmonics;

- on n'atteint pas un niveau critique de résonance série ou parallèle;
- les niveaux des harmoniques aux points d'interfaces déterminés restent à l'intérieur des limites requises.

Il convient d'effectuer une analyse harmonique à l'aide des coefficients de foisonnement des charges des convertisseurs afin de valider les résultats de ces mesures, et de permettre leur extrapolation à l'installation de nouveaux convertisseurs. Il n'est pas recommandé de faire confiance à la seule analyse et sommation des harmoniques n'est pas recommandé.

B.4 Résultats pour des convertisseurs typiques; contrôle de phase

Le convertisseur de puissance peut être considéré comme un générateur de courants harmoniques injectant ceux-ci dans le réseau de distribution d'énergie de l'usine. Le rang des harmoniques est fonction de l'indice de pulsation, 6 ou 12 dans la majorité des cas. Les rangs harmoniques sont notés ($k p \pm 1$), où k représente un nombre entier et p l'indice de pulsation. Le tableau B.2 illustre le cas idéal d'un convertisseur d'indice de pulsation 6, quand le courant continu est parfaitement filtré c'est à dire sans ondulation.

Tableau B.2 – Harmoniques de courant – Convertisseur d'indice de pulsation 6

Rang harmonique	Harmonique de courant en pourcentage du fondamental (FLA)			
	$X_c = 0 \%$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 10^\circ$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 30^\circ$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 90^\circ$
5 (note 2)	20	18,7	19,6	19,8
7 (note 2)	14,3	12,4	13,7	14,1
11	9,1	6,4	8,2	8,7
13	7,7	4,6	6,6	7,3
17 (note 2)	5,9	2,3	4,5	5,3
19 (note 2)	5,3	1,5	3,8	4,6
23	4,3	0,6	2,7	3,6
25	4,0	0,5	2,2	3,2
29 (note 2)	3,4	0,6	1,5	2,5
31 (note 2)	3,2	0,7	1,2	2,3
35	2,9	0,6	0,7	2,3
37	2,7	0,5	0,5	1,6
41 (note 2)	2,4	0,4	0,2	1,3
43 (note 2)	2,3	0,3	0,1	1,1
47	2,1	0,1	0,1	0,9
49	2,0	0,1	0,2	0,7
NOTE 1 – X_c est la réactance de commutation (de ligne) en valeur relative; α est l'angle de retard d'allumage du convertisseur. NOTE 2 – L'amplitude de ces harmoniques de courant dans un convertisseur d'indice de pulsation 12 est usuellement pris à 10 % des valeurs correspondant à celles d'un convertisseur d'indice de pulsation 6.				

L'amplitude des courants harmoniques est fonction de l'amplitude du courant fondamental, de la réactance de commutation X_c et de l'angle de retard d'allumage du convertisseur.

On peut calculer de manière rigoureuse l'amplitude du courant harmonique pour n'importe laquelle des conditions de fonctionnement en fonction du courant fondamental, de l'angle de retard d'allumage du convertisseur et de la réactance de commutation. En règle générale, l'amplitude harmonique augmente quand le rapport de la tension redressée à la tension alternative diminue (retard voisin de 90°), et quand la réactance de commutation diminue.

- a harmful degree of series or parallel resonance is not occurring;
- the level of harmonics at selected points of interface are within the limits.

The harmonic analysis, based on the coincidence factors of converter loads, should be made to validate response measurement results, and to allow extrapolation of those (response) results for the assessment of the impact of proposed or planned new converter installations. Sole reliance on an extensive analytical addition of harmonics is not recommended.

B.4 Results for typical converters; phase control

The power converter can be considered to be a generator of harmonic currents into the electrical system of the plant. The harmonic order is a function of the converter pulse number, i.e. 6 or 12 for the majority of converters. The harmonic orders are $(kp \pm 1)$ where k is an integer number and p is the converter pulse number. Table B.2 illustrates an ideal case of harmonic orders for 6-pulse converters, when the d.c. current is perfectly filtered (without ripple).

Table B.2 – Harmonic current – 6-pulse conversion

Harmonic order	Harmonic current in percent of fundamental (FLA)			
	$X_c = 0 \%$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 10^\circ$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 30^\circ$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 90^\circ$
5 (note 2)	20	18,7	19,6	19,8
7 (note 2)	14,3	12,4	13,7	14,1
11	9,1	6,4	8,2	8,7
13	7,7	4,6	6,6	7,3
17 (note 2)	5,9	2,3	4,5	5,3
19 (note 2)	5,3	1,5	3,8	4,6
23	4,3	0,6	2,7	3,6
25	4,0	0,5	2,2	3,2
29 (note 2)	3,4	0,6	1,5	2,5
31 (note 2)	3,2	0,7	1,2	2,3
35	2,9	0,6	0,7	2,3
37	2,7	0,5	0,5	1,6
41 (note 2)	2,4	0,4	0,2	1,3
43 (note 2)	2,3	0,3	0,1	1,1
47	2,1	0,1	0,1	0,9
49	2,0	0,1	0,2	0,7
NOTE 1 – X_c is the commutating (line) reactance in percent; α is the delay angle of converter. NOTE 2 – The magnitude of these harmonic currents in 12-pulse converters is normally taken to be 10 % of the 6-pulse values.				

The magnitude of the harmonic currents is a function of the magnitude of the fundamental current, the commutating reactance X_c and the delay angle of the converter.

The exact harmonic current magnitude can be calculated at any given operating condition as defined by the magnitude of the fundamental current, the delay angle of the converter and the commutating reactance. In general, the harmonic magnitude will increase with decreasing d.c./a.c. ratio (angle approaching 90°), and decreasing commutating reactance.

Différentes approximations de calcul des courants harmoniques ont été données pour le montage de base triphasé en pont de Graëtz (voir figure B.1).

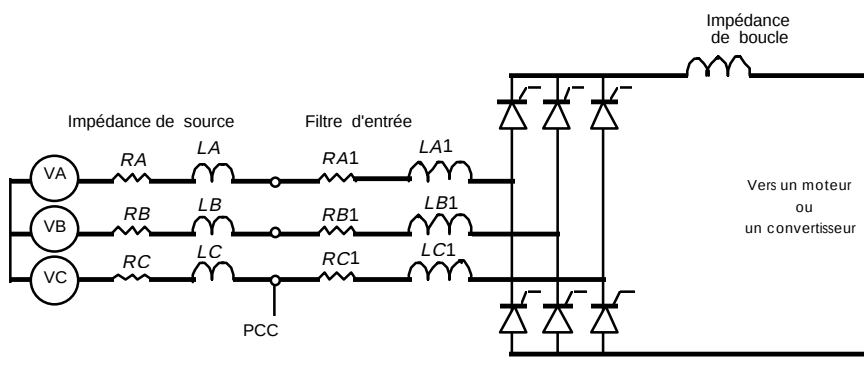


Figure B.1 – Convertisseur à thyristors avec forte inductance dans la boucle de courant continu

B.4.1 Courant de ligne en créneaux rectangulaires

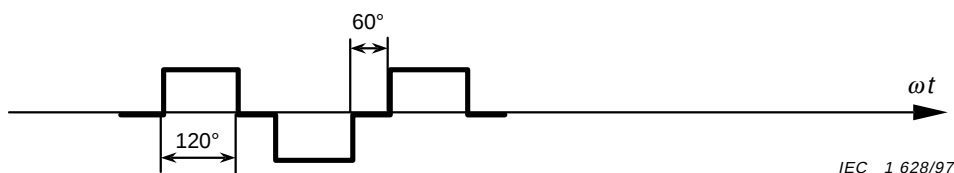


Figure B.2 – Courant de ligne en créneaux rectangulaires

B.4.2 Courant de ligne en créneaux trapézoïdaux

Références: CEI 60146-1-2, CEI 61000-2-1.

a) Première approximation (voir 3.6.2.1 de la CEI 60146-1-2)

Avec une impédance typique de réseau de distribution (résultat indépendant de R_{SC})

$$\frac{I_h}{I_1} = \frac{1}{\left(h - \frac{5}{h}\right)^{1,2}}$$

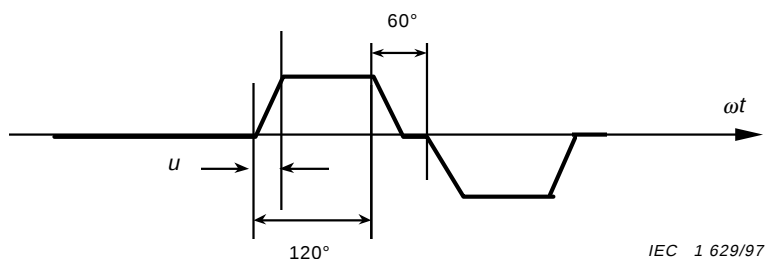


Figure B.3 – Courant de ligne en créneaux trapézoïdaux

Different approximations of harmonic current calculation have been given for this basic three-phase bridge converter, see figure B.1.

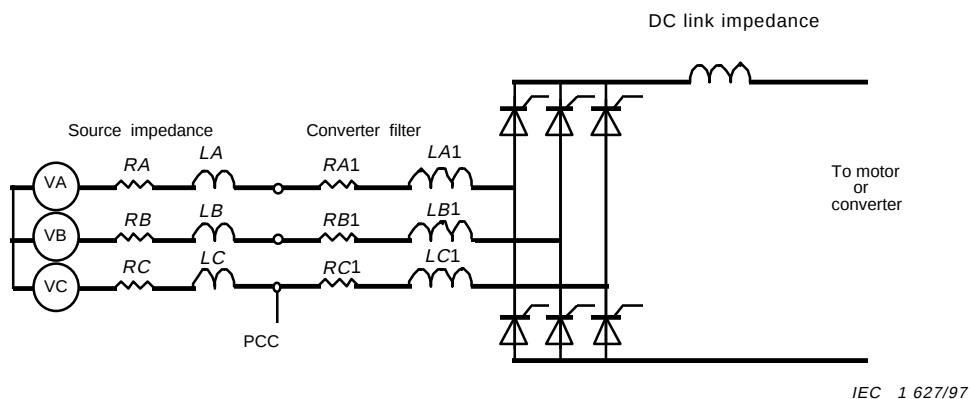


Figure B.1 – Thyristor converter with a large d.c. inductance

B.4.1 Square wave line current

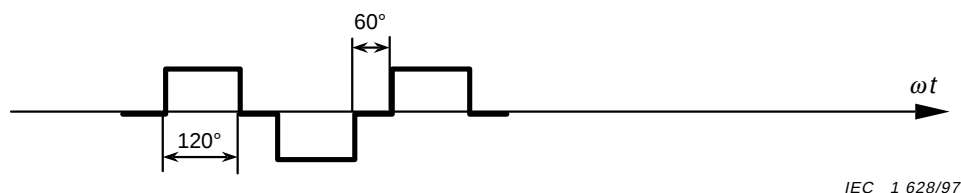


Figure B.2 – Square wave line current

B.4.2 Trapezoidal line current

References: IEC 60146-1-2, IEC 61000-2-1.

a) First approximation (see 3.6.2.1 of IEC 60146-1-2)

For typical impedance of distribution network (result independent of R_{SC})

$$\frac{I_h}{I_1} = \frac{1}{\left(h - \frac{5}{h}\right)^{1,2}}$$

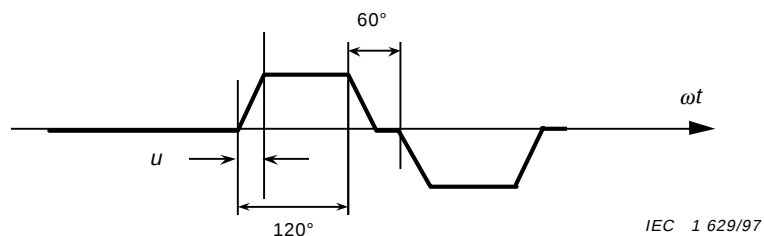


Figure B.3 – Trapezoidal line current

b) Autre approximation (résultat indépendant de l'angle d'allumage mais dépendant de R_{SC})

$$\frac{I_h}{I_1} = \frac{3}{k} \cdot \frac{\left| \sin\left(\frac{hu}{2}\right) \right|}{\left(\frac{hu}{2}\right)} \cdot \frac{1}{h}$$

où l'angle d'empiètement u est donné par

$$\cos \alpha - \cos (\alpha + u) = 2 \, dx = \frac{2 X_c I_d}{\sqrt{2} U_{vo}}$$

On rappelle que $x_c = \frac{X_c}{Z_n}$ et $R_{sc} = \frac{1}{k x_c}$

$$k = \frac{I_{dm}}{I_{dN}}$$

(rapport entre le courant maximal et le courant assigné).

c) L'approximation finale (voir 3.6.4 de la CEI 60146-1-2) donne la formule mathématique et la représentation graphique. Le résultat dépend de l'angle d'allumage α et de l'angle d'empiètement u .

Le tableau B.2 est réalisé à partir de cette approximation.

B.4.3 Harmoniques de courant avec ondulation du courant continu

Les trois approximations précédentes définies ci-dessus supposent que le courant continu est sans ondulation. Ceci peut être faux, particulièrement dans le cas de redresseurs à diodes utilisés sans réactances.

B.4.3.1 Courant de ligne en créneaux rectangulaires avec ondulation du courant continu

En première approximation, le courant continu se compose de morceaux de sinusoïdes superposées à la composante continue.

$$r = \frac{I_{pp}}{I_d}$$

$$I_1 = I_d \left(\frac{3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} + 0,014 r \right)$$

Rangs des harmoniques $h = 6 k \pm 1 = 6k + \varepsilon$

$$\frac{I_h}{I_1} = (-1)^\varepsilon \left(\frac{1}{h} + \frac{6,46 r}{h-1} - \frac{7,13 r}{h} \right)$$

Ce résultat est représenté graphiquement sur la figure B.4, et donne une approximation pratique, applicable en particulier aux entraînements munis d'une inductance importante dans le circuit à courant continu.

NOTE – En cas d'ondulation importante, les harmoniques de courant de rangs 7 et 13 subissent un déphasage, qui est représenté par des valeurs négatives sur la figure B.4.

b) Alternate method of approximation (result independent of firing angle but dependant of R_{SC})

$$\frac{I_h}{I_1} = \frac{3}{k} \cdot \frac{\left| \sin\left(\frac{hu}{2}\right) \right|}{\left(\frac{hu}{2}\right)} \cdot \frac{1}{h}$$

where commutation angle u is given by

$$\cos \alpha - \cos (\alpha + u) = 2 dx = \frac{2 X_c I_d}{\sqrt{2} U_{vo}}$$

and remember that $x_c = \frac{X_c}{Z_n}$ and $R_{sc} = \frac{1}{kx_c}$

$$k = \frac{I_{dm}}{I_{dN}}$$

(the ratio between maximum and rated current).

c) Final approximation (see 3.6.4 of IEC 60146-1-2) gives a mathematical formula with graphic representation. The result depends on firing angle α and commutation angle u .

Table B.2 is based on this approximation.

B.4.3 Current harmonic with d.c. current ripple

These three preceding approximations assume the d.c. current is without ripple. This is not necessarily true, particularly for drives where line-side diode rectifiers are used without a reactor.

B.4.3.1 Square wave line current with ideal d.c. ripple

The idealized d.c. current ripple consists of parts of sine wave.

$$r = \frac{I_{pp}}{I_d}$$

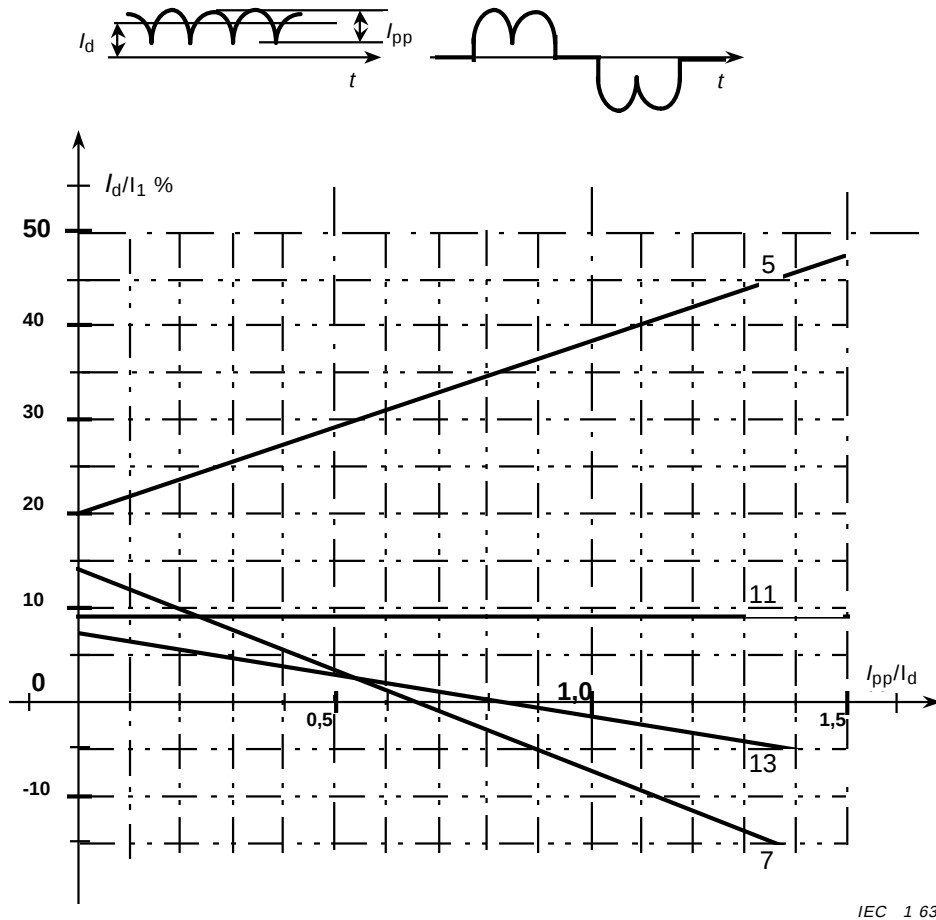
$$I_1 = I_d \left(\frac{3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} + 0,014 r \right)$$

harmonics orders $h = 6k \pm 1 = 6k + \varepsilon$

$$\frac{I_h}{I_1} = (-1)^\varepsilon \left(\frac{1}{h} + \frac{6,46 r}{h-1} - \frac{7,13 r}{h} \right)$$

This result is graphically presented in figure B.4, and generally gives a practical approximation, particularly for drives with large inductance in the d.c. circuit.

NOTE – High ripple, harmonic currents of order 7 and 13 are phase shifted, which are shown as negative values in figure B.4.



IEC 1 630/97

Figure B.4 – Composante harmonique principale du courant d'alimentation avec forme d'onde en créneaux rectangulaires et ondulation idéale

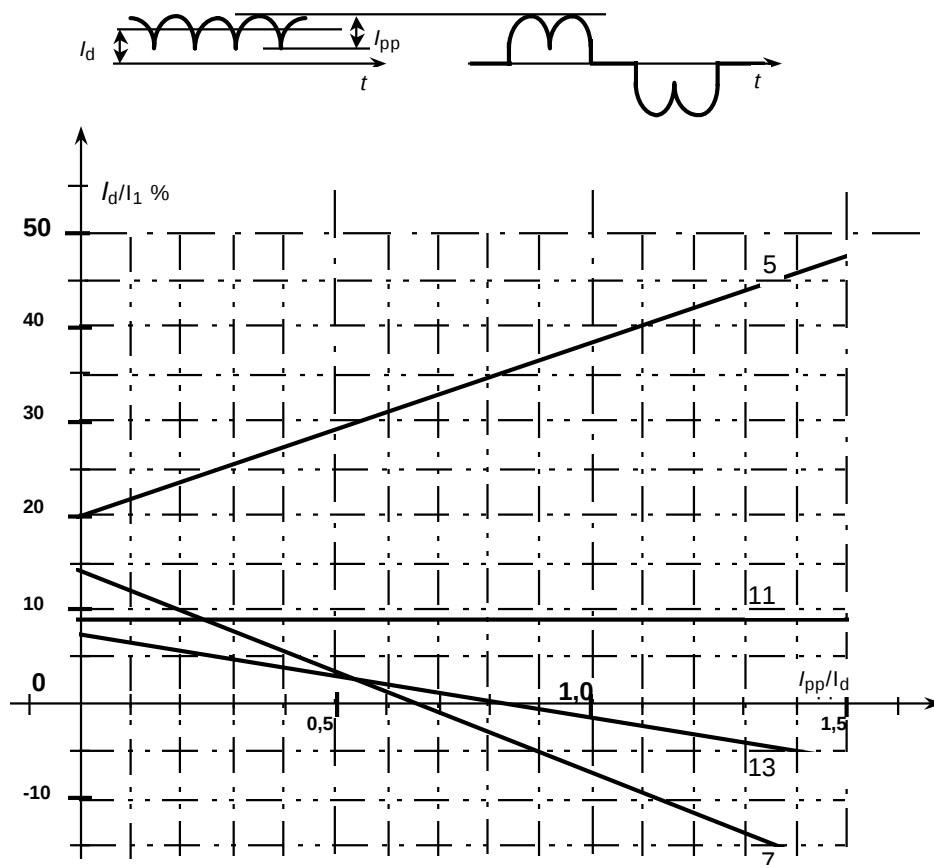
B.4.3.2 Courant de ligne en trapèzes avec ondulation idéale du courant continu

Il s'agit d'une extension du cas défini ci-avant, prenant en compte l'angle d'empiètement et aboutissant à des représentations plus complexes (IEEE Transactions on Industry - Application No. 1 Jan./Feb. 83).

B.4.4 Redresseurs à diodes

Les variateurs avec redresseur d'entrée à diodes constituent un autre cas. Pour la configuration la plus usuelle du pont de Graëtz triphasé, le résultat du résidu harmonique en courant dépend largement du temps de conduction des diodes, en d'autres termes de la réactance équivalente X_L .

La figure B.5 illustre un convertisseur de puissance avec redresseur à diodes côté réseau. Le convertisseur est présenté avec une impédance de ligne triphasée, une inductance de découplage et un filtre dans la boucle intermédiaire à courant continu. L'impédance d'entrée du convertisseur vaut deux fois la réactance de découplage ajoutée à l'impédance de la boucle à courant continu, du fait que les impédances sont en série quel que soit le chemin de conduction. La figure B.6 montre la tension d'entrée ainsi que la forme d'onde du courant consommé dans le cas d'une impédance de découplage de 2 % et d'une impédance de ligne de 6 %.



IEC 1 630/97

Figure B.4 – Major harmonic components of supply current considering square wave line current with idealized d.c. ripple

B.4.3.2 Trapezoidal line current with ideal d.c. ripple

An extension of the above case, taking into account the commutation angle has also been described and leads to more complex representations (IEEE Transactions on Industry Applications No. 1, Jan./Feb. 83).

B.4.4 Diode rectifiers

Another configuration is that of a diode rectifier as the line-side converter of the PDS. In the most common case of the three-phase bridge, the resulting harmonic content of the current is largely dependant on the conduction time of the diodes, i.e. dependant upon the total equivalent reactance X_L .

Figure B.5 shows a power converter with a diode converter on the line-side. The converter is shown with a three-phase line impedance, a converter filter (impedance) and a d.c. link impedance. Converter impedance can be defined as two times the converter filter impedance summed with the d.c. link impedance, since the impedances are in series for any given conduction path. Figure B.6 shows input voltage and current waveforms of the above converter configuration for a 2 % source impedance and 6 % line impedance.

Le facteur de distorsion de tension côté réseau est amélioré si l'impédance d'entrée du convertisseur augmente et dégradé si l'impédance de source augmente. La figure B.7 présente le facteur de distorsion de la tension côté réseau en fonction de l'impédance de source et de l'impédance d'entrée du convertisseur.

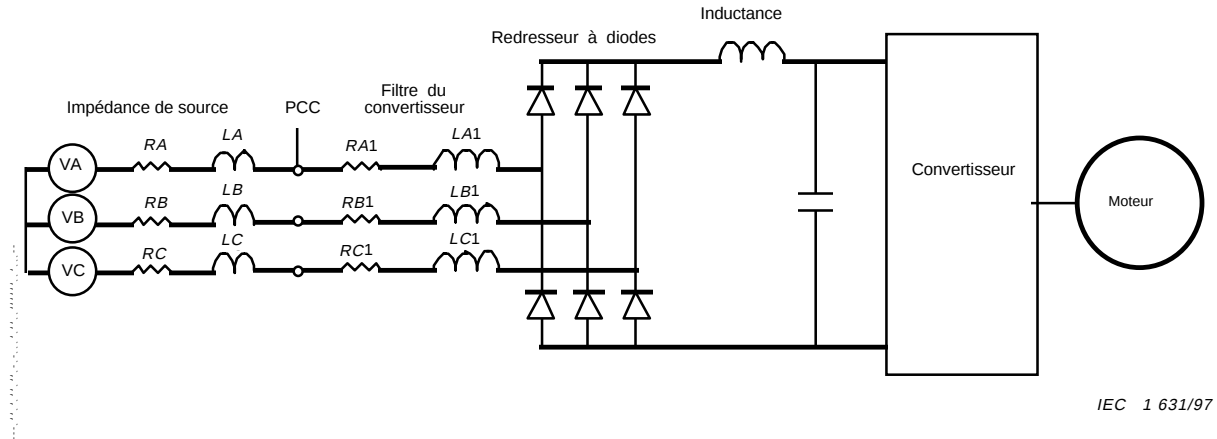
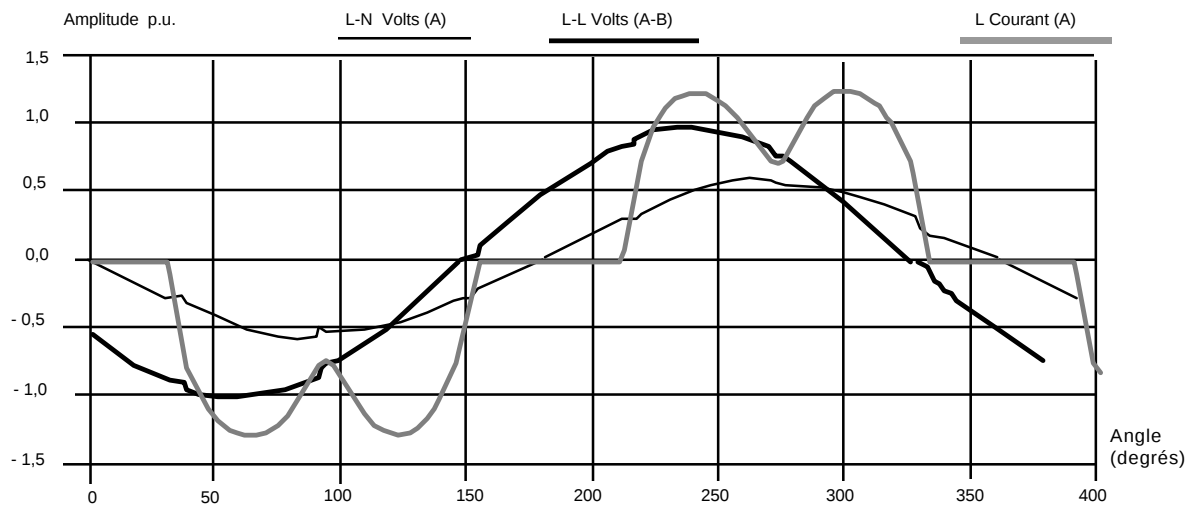


Figure B.5 – Convertisseur de puissance équipé d'un redresseur à diodes côté réseau et d'un onduleur MLI ou d'un hacheur



NOTE – Impédance de source = 2 %; impédance de ligne = 6 %.

Figure B.6 – Convertisseur de puissance équipé d'un redresseur à diodes côté réseau et d'un onduleur M.L.I. ou d'un hacheur

The line-side voltage distortion factor is improved with the increased converter impedance and degraded with increased source impedance. Figure B.7 shows the line-side voltage and current distortion factors as a function of source impedance and total converter impedance respectively.

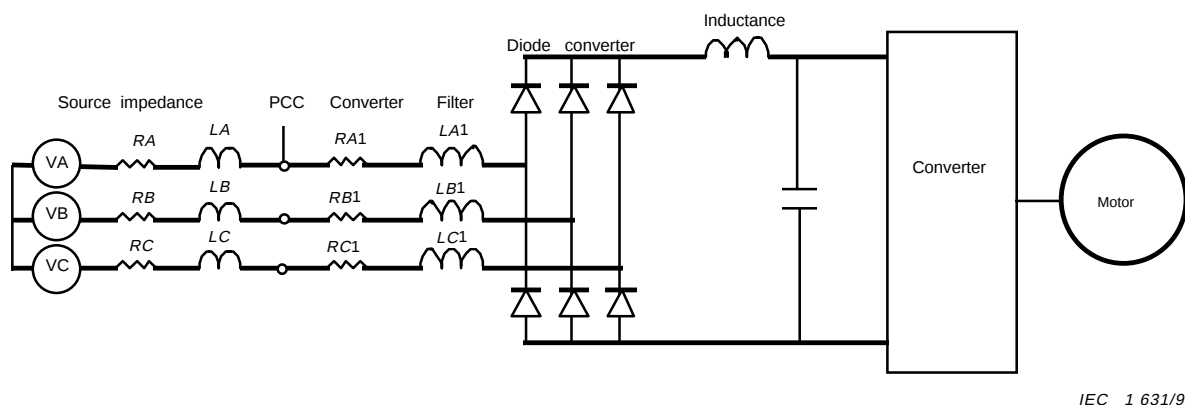
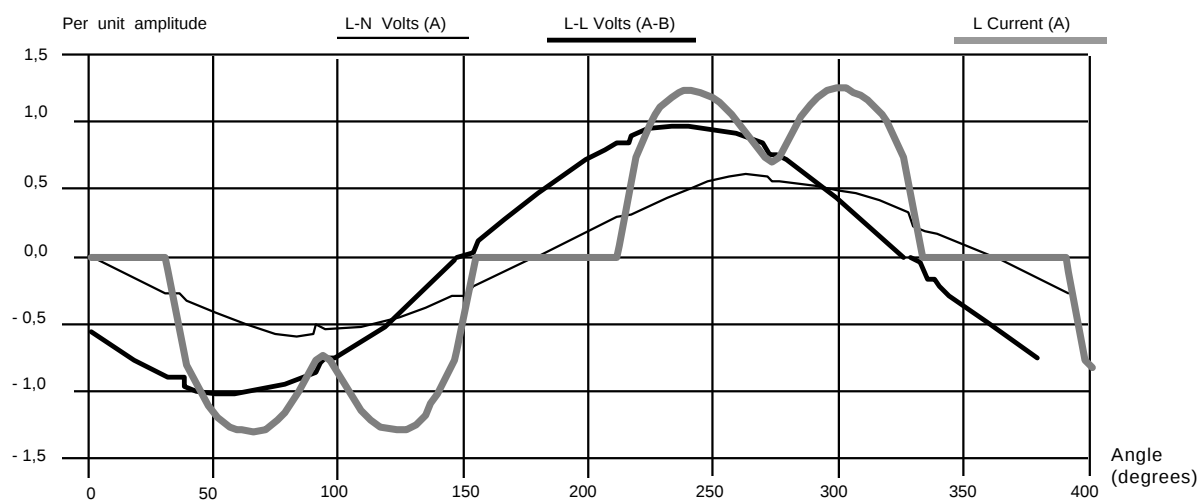


Figure B.5 – Power converter with a diode converter on the line-side and a PWM inverter or a d.c. chopper



NOTE – Source impedance = 2 %, converter impedance = 6 %.)

Figure B.6 – Power converter with a diode converter on the line-side and a PWM inverter or a d.c. chopper

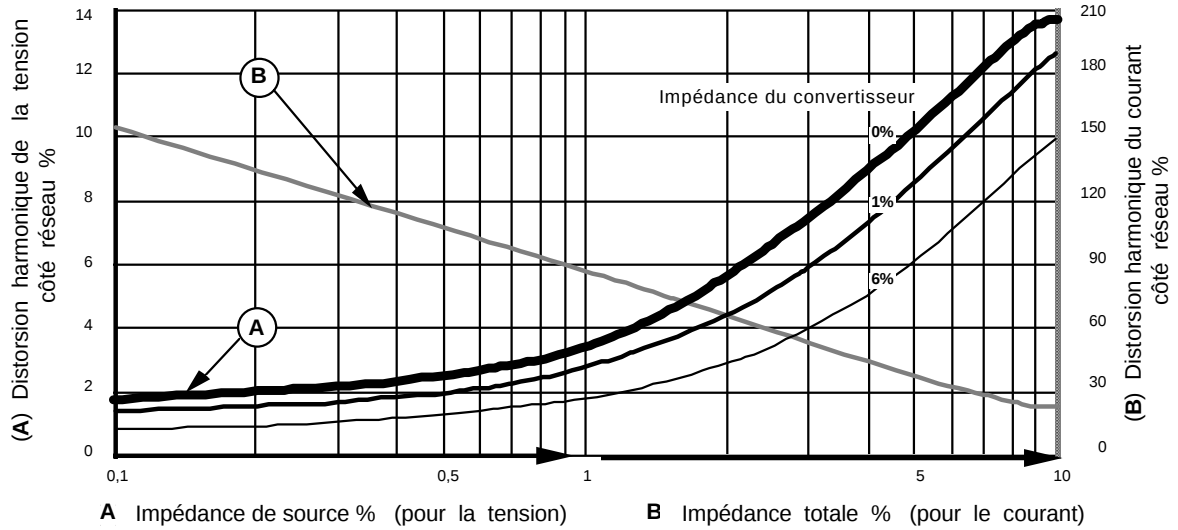


Figure B.7 – Convertisseur de puissance équipé d'un redresseur côté réseau

B.4.5 Redresseurs à diodes sans inductance côté continu

Un cas particulier est celui où le convertisseur ne comporte pas d'inductance dans la boucle intermédiaire à courant continu (variateur de petite puissance).

Le facteur de distorsion du courant de ligne varie en raison inverse de l'impédance totale. L'impédance totale est la somme de l'impédance d'entrée du convertisseur et de l'impédance de source (voir figure B.8).

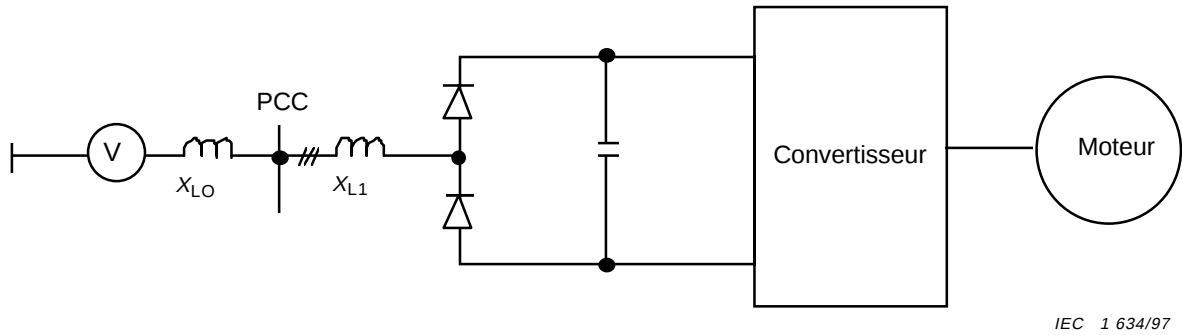


Figure B.8 – Redresseur à diodes sans inductance de lissage

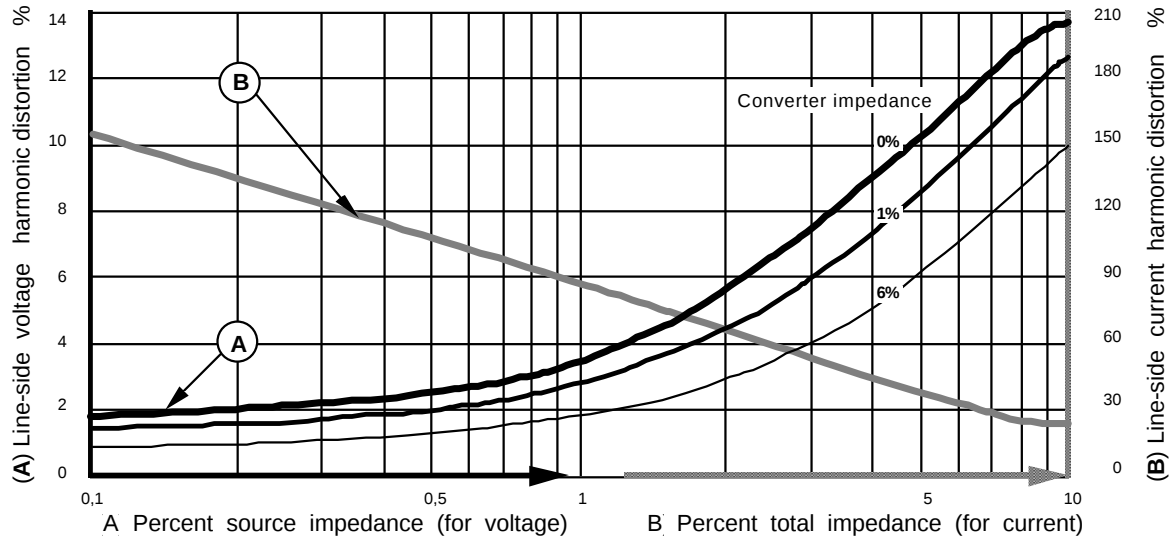
La valeur relative de x_L est:

$$x_L = \frac{X_L I_d}{\frac{U_{vo}}{\sqrt{3}}}$$

où I_d est la valeur courante et non pas la valeur assignée.

$$x_c = \frac{X_L I_{VN}}{\frac{U_{vo}}{\sqrt{3}}} \quad X_L = \frac{X_C \cdot I_d}{I_{VN}}$$

NOTE – Cette définition diffère de x_C en valeur réduite.



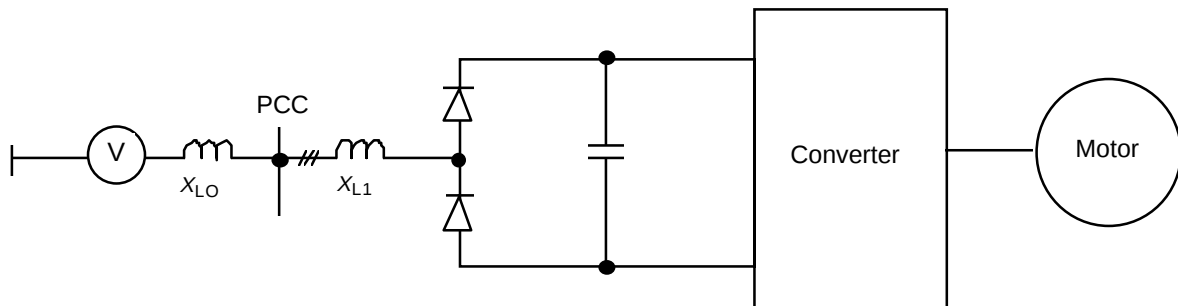
IEC 1 633/97

Figure B.7 – Power converter with line-side rectifier

B.4.5 Diode rectifiers without d.c. link inductance

A particular case arises with converters which have no inductance in the d.c. link (low power BDM).

The line-side current distortion is inversely related to the total (input) impedance which consists of the sum of the converter impedance and the source impedance (see figure B.8).



IEC 1 634/97

Figure B.8 – Diode rectifier without d.c. link inductance

The p.u. value of x_L is:

$$x_L = \frac{X_L I_d}{\frac{U_{vo}}{\sqrt{3}}}$$

where I_d is the actual value and not the rated value.

$$x_c = \frac{X_L I_{VN}}{\frac{U_{vo}}{\sqrt{3}}} \quad X_L = \frac{X_C \cdot I_d}{I_{VN}}$$

NOTE – This is a different definition from x_c in p.u.

Les résultats sont fournis sous forme de distorsion en courant. Voir la figure B.9 pour les courants harmoniques individuels, et la figure B.10 pour le taux de distorsion harmonique total en courant (THD).

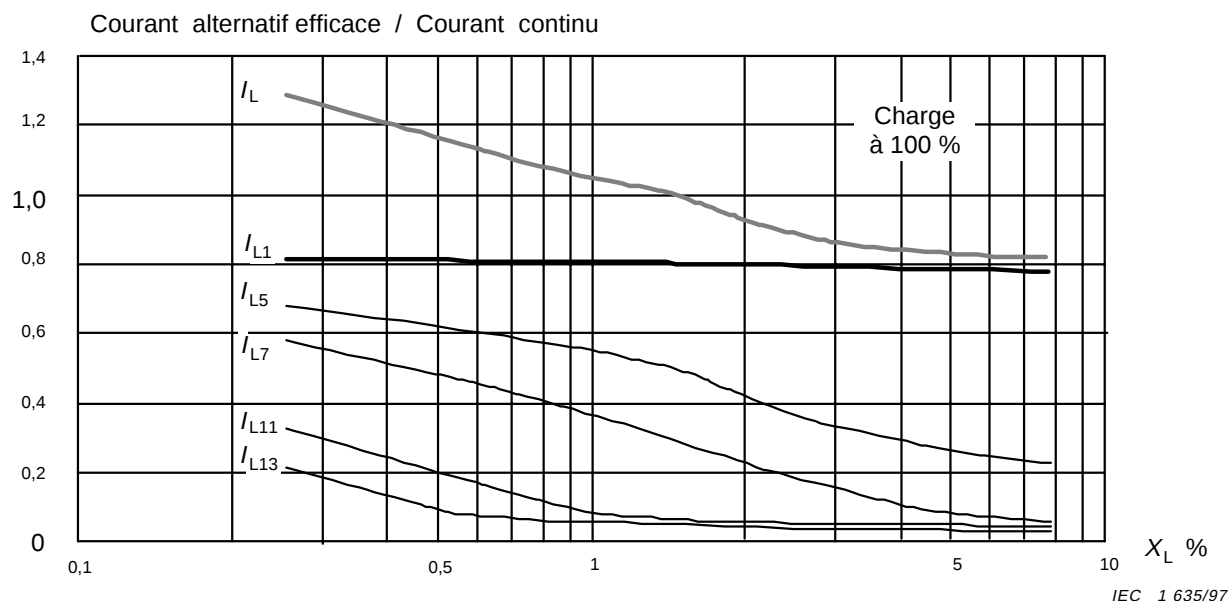


Figure B.9 – Harmonique du courant d'entrée

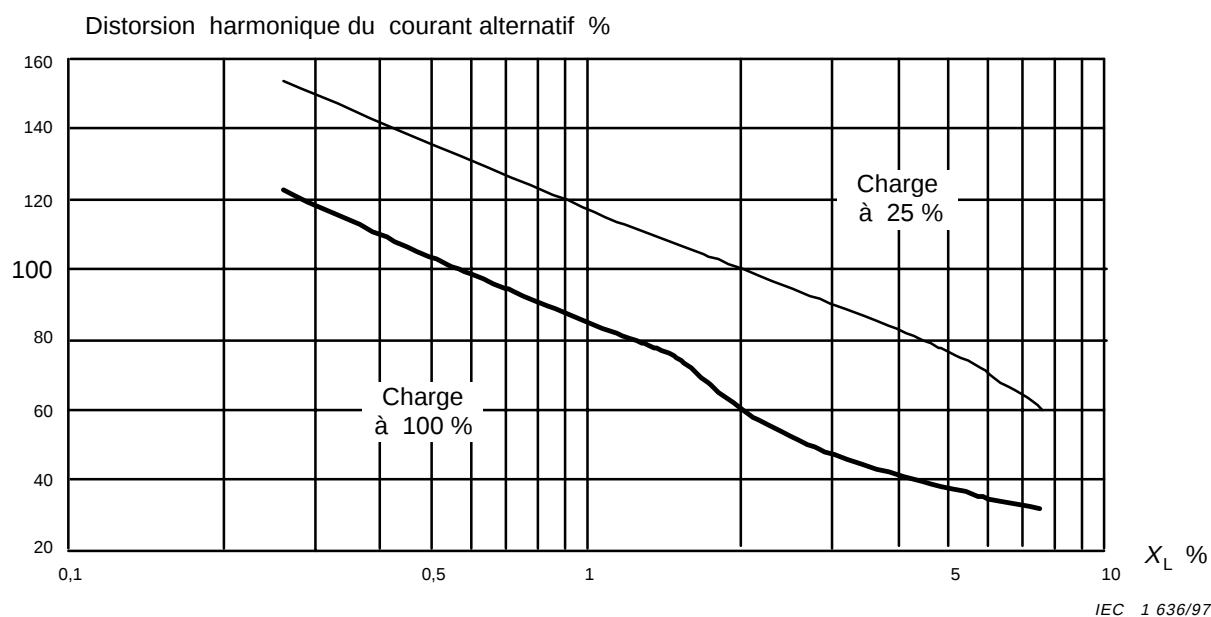


Figure B.10 – Distorsion du courant d'entrée

B.4.6 Cas général

Toutes ces approximations fournissent des informations sur les harmoniques réguliers. Elles sont relatives à un équipement technologiquement idéal. Cependant, aucun équipement n'est idéal. Les imperfections technologiques entraînent des différences, entre valeur idéale et valeur réelle, de l'angle d'allumage ou d'extinction des composants de puissance. Il en résulte une production d'harmoniques dits irréguliers tels que rangs pairs ou multiples de trois.

Results are given on the following figures, in terms of current distortion. For individual harmonic currents see figure B.9; and for current distortion factors, see figure B.10.

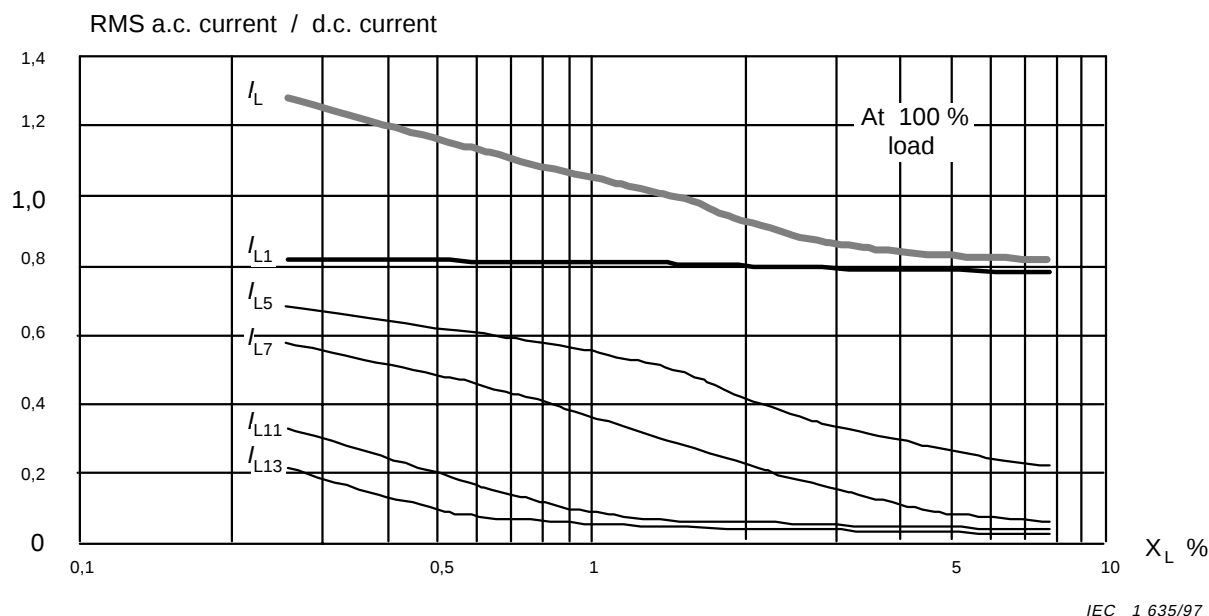


Figure B.9 – Input harmonic current

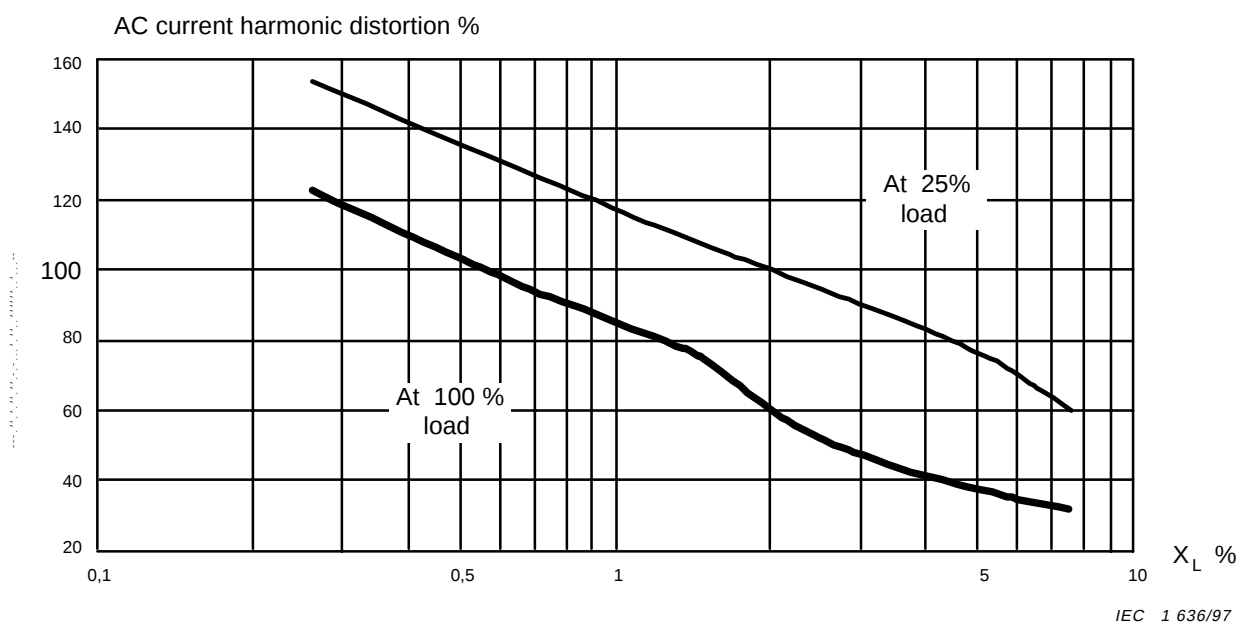


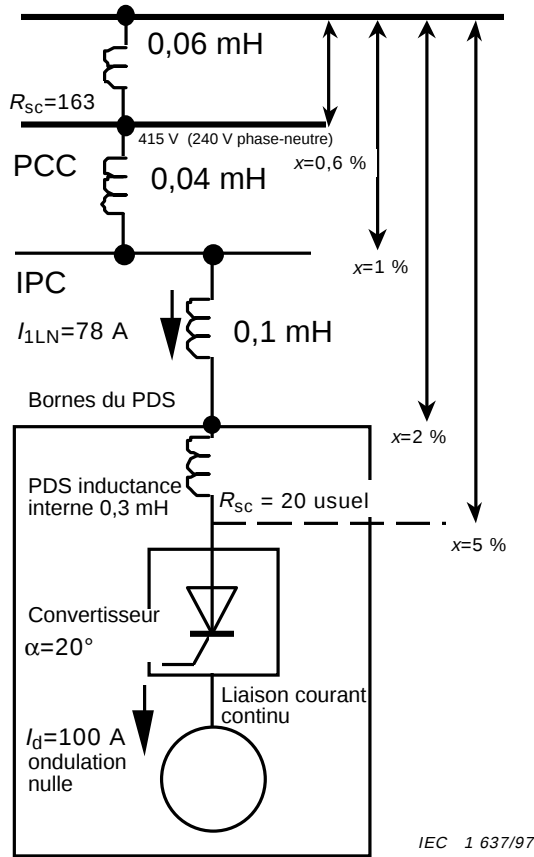
Figure B.10 – Input current distortion

B.4.6 General

All these approximations provide information on the regular order of harmonics. They consider an ideal equipment without technological deviation. Since no equipment can be ideal, this results in differences between ideal value and actual value of firing or extinction angle of power components. As a result, non regular orders (or irregular orders) of harmonics can be produced such as even harmonics or triple harmonics.

B.5 Exemple d'évaluation de l'effet harmonique d'un PDS

Un exemple théorique de distorsion harmonique (limité au rang 25 pour simplifier) illustre une évaluation pratique de la relation entre émission et immunité, en vue de prendre en compte l'effet de l'entraînement lui-même ainsi que proposé en 4.1.



Un convertisseur à thyristors d'indice de pulsation 6, faisant partie d'un PDS, est connecté à un réseau de distribution (PCC) par l'inductance interne du PDS de 0,3 mH, l'inductance de ligne valant 0,1 mH entre le PDS et le PCI, et une inductance de 0,04 mH représentant le réseau interne de l'usine (entre le PCI et le PCC).

L'inductance interne du réseau de distribution, vue du PCC, est de 0,06 mH, et la tension composée (entre phases) est de 415 V à 50 Hz (240 V phase neutre).

Pour simplifier, la charge est supposée sans ondulation de courant, avec $I_d = 100$ A. Il en résulte un courant de ligne $I_{LN1} = 78$ A. Cela correspond à $R_{SC} = 163$ au PCC. On évalue des harmoniques de courant avec la figure 7 de la CEI 60146-1-2, en prenant un angle d'allumage $\alpha = 20^\circ$ ($d_x = 2,55$ %, angle d'empiètement $u = 7,3^\circ$).

Le tableau B.3 donne la contribution en tensions harmoniques entre phase et neutre du convertisseur (les unités sont des volts).

Figure B.11 – Exemple de structure simple

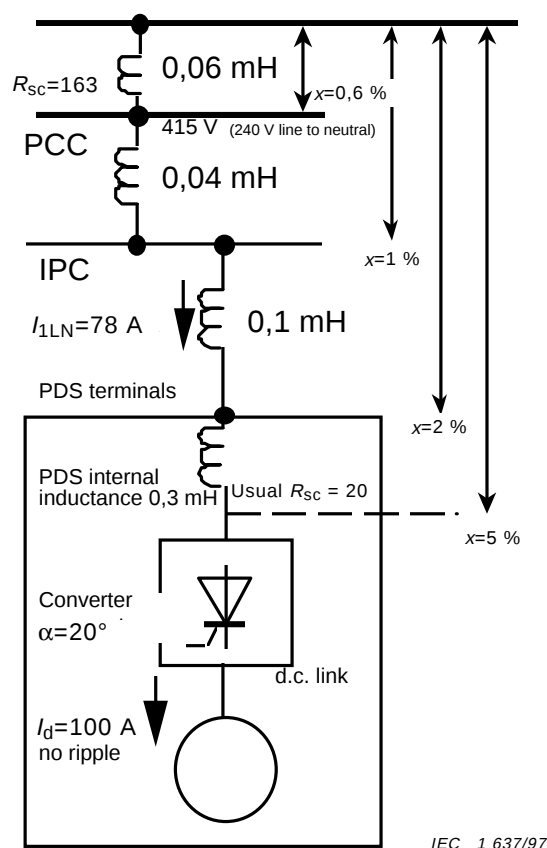
Tableau B.3 – Résultats de la contribution harmonique de l'entraînement

h	5	7	11	13	17	19	23	25	THD %
I_h (A)	15,4	10,8	6,4	5,3	3,7	3,2	2,3	1,9	27 %
U_h (V) phase-neutre au PCC	1,44	1,42	1,33	1,31	1,20	1,13	1,00	0,90	1,5 %
U_h (V) phase-neutre au PCI	2,41	2,37	2,22	2,18	2,00	1,89	1,66	1,50	2,4 %
U_h (V) phase-neutre aux bornes du PDS	4,8	4,8	4,5	4,4	4,0	3,8	3,4	3,0	4,8 %
U_h (V) phase-neutre aux bornes du convertisseur	12,1	11,9	11,1	10,9	10,0	9,5	8,3	7,5	12,1 %

La sommation de cet effet individuel avec la distorsion de tension préexistante au PCI et au PCC est un sujet un peu plus complexe. Cependant, on peut pratiquer l'approche simplifiée proposée en B.2.3.3 de la CEI 61800-3 pour obtenir une approximation de la distorsion résultante.

B.5 Example of assessment of harmonic effect of a PDS

A theoretical example of harmonic distortion (limited for simplicity to order 25) illustrates a practical assessment of the relationship between emission and immunity, to take into account the effect of the drive itself as mentioned in 4.1.



A 6-pulse thyristor converter, included in a power drive system, is connected to a distribution system (PCC) through its internal inductance of 0,3 mH, a line inductance of 0,1 mH from the PDS to the IPC, and an inductance of 0,04 mH representing the in-plant network (from the IPC to the PCC).

The inherent inductance of the distribution network at PCC is 0,06 mH. The rated line-to-line voltage is 415 V at 50 Hz (240 V line-to-neutral).

For simplicity of the example, the d.c. current is without any ripple and $I_d = 100$ A. The resulting $I_{LN1} = 78$ A. This corresponds to $R_{SC} = 163$ at PCC. Harmonic currents are assessed with figure 7 of IEC 60146-1-2, with the assumption of a firing angle $\alpha = 20^\circ$ ($d_x = 2,55\%$, commutation angle $u = 7,3^\circ$).

Table B.3. shows the contribution of the converter in harmonic voltages phase to neutral (unit is volt).

Figure B.11 – Example of simple structure

Table B.3 – Harmonic results for the drive contribution

h	5	7	11	13	17	19	23	25	THD %
I_h (A)	15,4	10,8	6,4	5,3	3,7	3,2	2,3	1,9	27 %
U_h (V) phase to neutral at PCC	1,44	1,42	1,33	1,31	1,20	1,13	1,00	0,90	1,5 %
U_h (V) phase to neutral at IPC	2,41	2,37	2,22	2,18	2,00	1,89	1,66	1,50	2,4 %
U_h (V) phase to neutral at PDS terminals	4,8	4,8	4,5	4,4	4,0	3,8	3,4	3,0	4,8 %
U_h (V) phase to neutral at converter terminals	12,1	11,9	11,1	10,9	10,0	9,5	8,3	7,5	12,1 %

Summation of this individual effect with the pre-existing voltage distortion at IPC or PCC is a rather complex matter. However, the simplified approach given in B.2.3.3 of IEC 61800-3 can be applied to obtain a rough assessment of the resulting distortion.

B.6 Atténuation de l'émission harmonique

La compensation du facteur de puissance et l'atténuation des harmoniques sont deux problèmes intimement liés.

De plus, une compensation locale donc multiple, augmente fortement les risques de résonance sur le réseau. Il est donc préférable d'adopter une stratégie globale de compensation pour l'ensemble d'une installation.

Le plus souvent il s'agit de l'installation de filtres accordés sur les rangs des harmoniques les plus perturbateurs. C'est la manière générale de traiter le problème.

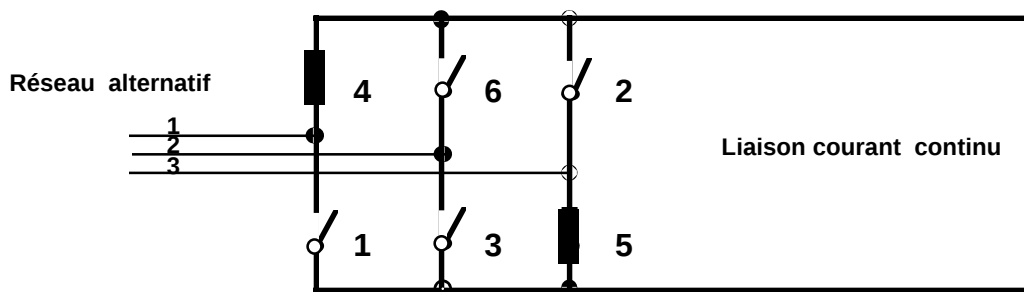
L'atténuation des harmoniques d'un entraînement peut être obtenue par l'adjonction d'un transformateur déphaseur (changement de l'indice de pulsation du convertisseur). L'usage d'un transformateur à secondaires en triangle et en étoile conduit à des harmoniques caractéristiques au primaire de rangs $12k \pm 1$. Les harmoniques de rangs 5 et 7 sont réduits à une valeur typique de l'ordre de 10 % de celle qu'on obtiendrait avec un indice de pulsation 6. Dans le cas des convertisseurs de type 1 ceux-ci doivent être commandés avec des retards à l'allumage égaux. Les figures B.4 et B.6 pour des indices de pulsation 12 doivent être modifiées en conséquence. A la figure B.6, la valeur efficace du courant total doit être recalculée.

L'alimentation d'entraînements multiples, équipés de convertisseurs de type 1 et de type 2, à partir de transformateurs introduisant des déphasages appropriés procure une certaine réduction du courant harmonique total.

B.7 Encoches de commutation

Une analyse temporelle particulière peut être faite pour les encoches de commutation, qui représentent une partie de l'émission harmonique d'un convertisseur (voir 3.5 de la CEI 60146-1-2). Celles-ci résultent de la mise en court-circuit transitoire des conducteurs d'alimentation, à chaque commutation de bras de convertisseur.

Un convertisseur en pont de Graëtz triphasé se compose de six interrupteurs à semi-conducteurs disposés comme le montre la figure B.12. Le transfert de courant d'un interrupteur à l'autre dans la même rangée (entre deux interrupteurs parmi trois de la rangée du haut ou entre deux interrupteurs parmi trois de la rangée du bas) est appelé commutation. Pendant la commutation, deux (ou trois) semi-conducteurs conduisent simultanément dans la même rangée et sont la cause d'un bref court-circuit entre les phases. La tension de ligne aux bornes du pont tombe à zéro, et une encoche de commutation apparaît (figure B.13).



IEC 1 638/97

Figure B.12 – Convertisseur en pont de Graetz triphasé – Indice de pulsation 6

B.6 Attenuation of emission of harmonics

Power factor compensation and harmonic attenuation are two intimately linked problems.

In addition, local and therefore multiple compensation greatly increases the risk of resonance on the system. Consequently, it is preferable to adopt a global compensation strategy for the entire installation.

Most often, it will involve the installation of filters tuned to the most disruptive harmonic orders. This is the general way to solve the problem.

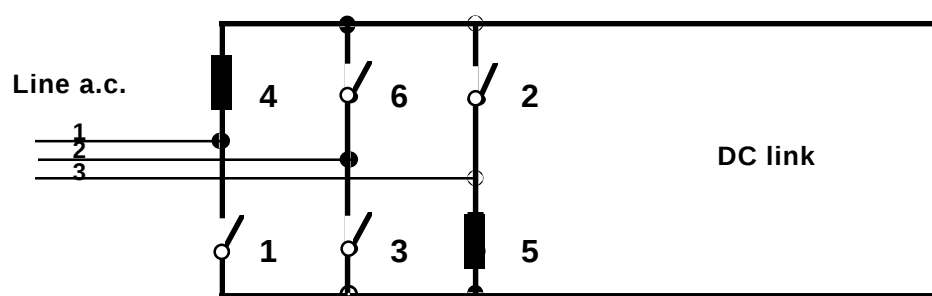
Drive harmonics can be cancelled by the addition of phase shifting transformers (change of converter pulse number). Obtaining power from a transformer with a delta and wye secondaries results in characteristic current harmonics in the transformer primary of $12k \pm 1$. Typically the fifth and seventh current harmonic is reduced to 10 % of the 6-pulse value. For type 1 converters, equal converter delay angles are required. Figures B.4 and B.6 for 12-pulse operation would need to be modified. In figure B.6, the total r.m.s. would need to be recalculated.

For multiple type 1 or type 2 drives fed from phase shifted transformers, some reduction of the total harmonic current content will result.

B.7 Commutation notches

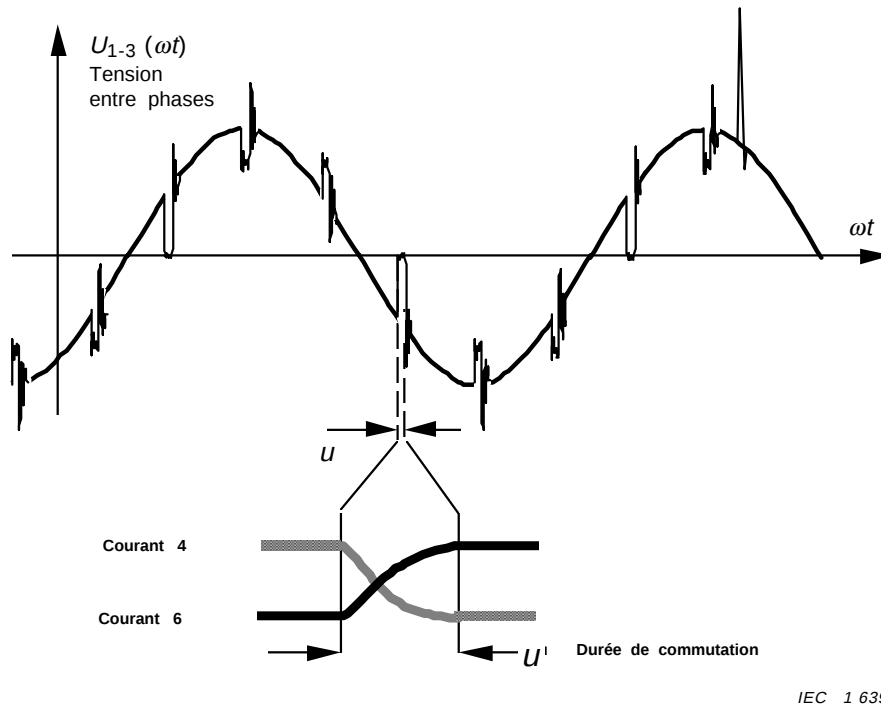
A particular time based analysis can be used for commutation notches, which represent a part of the harmonic emission of a converter (see 3.5 of IEC 60146-1-2). They are the result of transient line-to-line short circuits on feeders at each commutation of a line commutated converter.

A general three-phase bridge converter consists of six semiconductor switches arranged as shown in figure B.12. The transfer of current from one switch to another in the same row (an upper row of three or a lower row of three) is called commutation. During commutation, two (or three) semiconductors conduct simultaneously in the same row and cause a brief short circuit between phases. The line-to-line voltage collapses to zero at the bridge terminals, and notches appear in the line-to-line voltage (figure B.13).



IEC 1 638/97

Figure B.12 – 3-phase, 6-pulse bridge converter



IEC 1 639/97

**Figure B.13 – Encoches de commutation –
Convertisseur en pont de Graetz triphasé d'indice de pulsation 6**

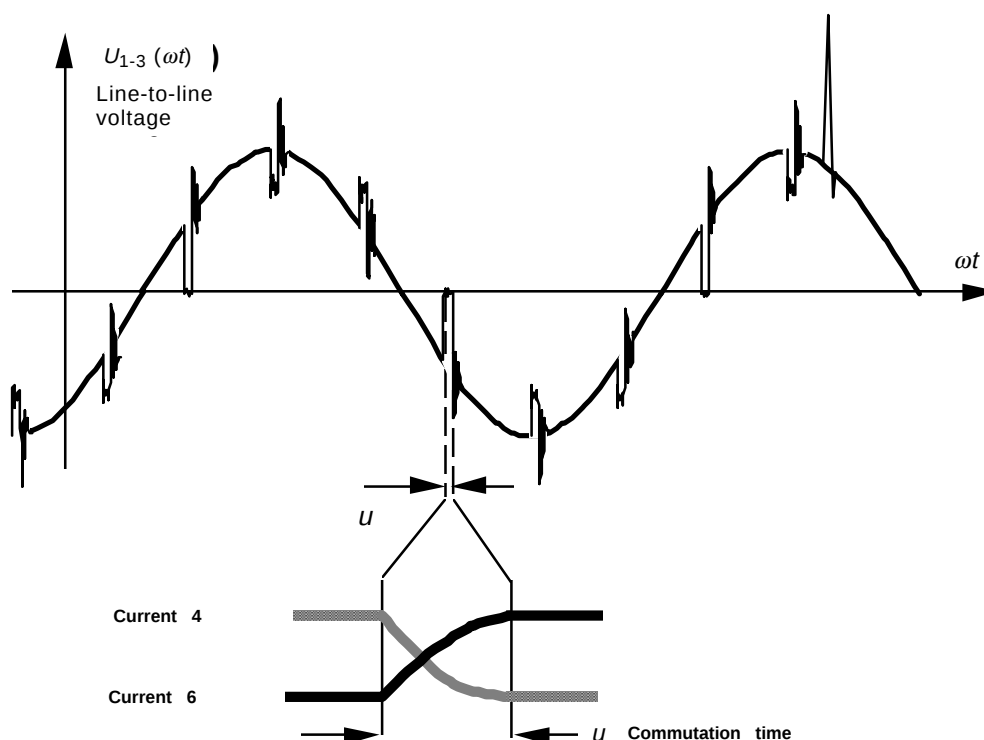
Ces encoches de commutation sur le réseau de puissance vues par un autre convertisseur entraînent des charges et décharges des circuits RC d'aide à la commutation. Ces cycles supplémentaires, ajoutés aux cycles propres (charges-décharges) liés au fonctionnement du convertisseur, peuvent conduire à la surcharge thermique et à la défaillance de ces circuits (condensateur résistance série). Les encoches de commutation peuvent également conduire à des défaillances de l'électronique de commande du convertisseur ou poser des problèmes de stabilité de l'entraînement en raison du couplage capacitif entre puissance et commande via le transformateur d'alimentation de l'électronique.

L'encoche de commutation maximale survient lorsque l'entraînement est en limitation de courant.

Ce court-circuit peut être franc si le convertisseur n'est pas découplé du réseau (par exemple l'encoche peut alors atteindre une profondeur de 100 %). Il peut être limité si le convertisseur est découplé au moyen d'inductances (voir figure B.14). La profondeur d'encoche est une image du découplage. En première approximation:

$$d \leq 100 \times \frac{Z_{cc}}{Z_{cc} + Z_d}$$

où d est la profondeur d'encoche, en pour-cent.



IEC 1 639/97

Figure B.13 – Commutation notches with a 3-phase, 6-pulse bridge converter

Commutation notches on the power line from another converter will discharge thyristor RC snubbers and a.c. line RC circuits. The extra discharge of the snubber capacitor over the self-generated notches may cause the capacitor series resistor to overheat and fail. The commutation notch may also be capacitively coupled to the converter regulator, through the power supply transformer, causing regulator failure or drive stability problems.

The maximum commutation notch occurs during current limit mode of operation.

Notch related short circuit may be total, if the converter is connected to the mains without use of decoupling devices (for example the notch may reach a 100 % depth). The short circuit may also be limited (for example has an impedance) when the converter is connected to the PCC through reactances (see figure B.14) for the equivalent circuit. The notch depth then depends on the impedance decoupling as follows:

$$d \leq 100 \times \frac{Z_{cc}}{Z_{cc} + Z_d}$$

where d is the notch depth, in per cent.

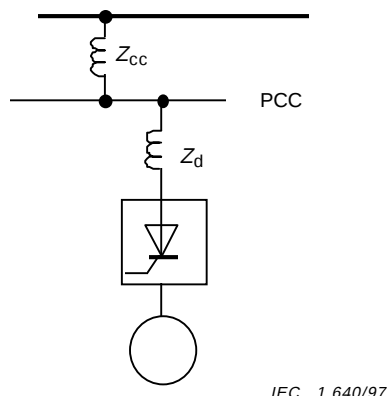


Figure B.14 – Circuit équivalent pour évaluer la réduction des encoches de commutation

Il en résulte que la profondeur d'encoche peut être réduite, en réduisant Z_{cc} et en augmentant Z_d .

On peut augmenter Z_d en installant des transformateurs d'isolement ou des inductances. Dans ce cas, il convient que ces éléments soient placés aussi près que possible du convertisseur afin de limiter les transitoires de commutation vus par les autres circuits, et ainsi limiter les interférences avec les circuits de contrôle et de communication.

La profondeur de l'encoche peut être réduite en réinstallant ou en déplaçant le PC plus près de la source. Ceci réduit effectivement l'impédance commune Z_{cc} tout en conservant ($Z_{cc} + Z_d$) constant (Z_d augmente avec la longueur de câbles alors que Z_{cc} diminue).

Il convient cependant de remarquer que la surface d'encoche vue au PC est indépendante du découplage. (Toutes choses égales par ailleurs, l'augmentation de l'inductance de découplage diminue l'amplitude d'encoche et augmente sa largeur en restant à surface constante.)

B.8 Protection contre les creux de tension et coupures brèves

Les équipements du domaine d'application de la présente partie de la CEI 61800 peuvent être sensibles aux creux de tensions et coupures brèves sur le réseau d'alimentation. Pendant de telles perturbations, le couple moteur décroît de façon significative, et le moteur a tendance à s'arrêter. La machine continue généralement à tourner au retour de l'alimentation du réseau. Alors que le convertisseur et la machine ne sont plus synchronisés, un redémarrage sans précaution peut conduire à des surintensités fortes (avec risque d'endommager l'équipement), conduisant au déclenchement des protections et à l'arrêt provoqué du système. Pour éviter de tels phénomènes, beaucoup d'entraînements sont bloqués quand une perte de l'alimentation du réseau est détectée. Dans le cas d'applications qui exigent la continuité de fonctionnement, l'utilisateur et le fournisseur ou constructeur doivent établir une spécification précise.

Plusieurs solutions sont alors possibles.

Alimentation sans interruption (ASI)

Cette solution peut permettre un fonctionnement continu. La puissance assignée de l'équipement et la durée des perturbations qu'il doit pouvoir supporter déterminent le dimensionnement de l'ASI.

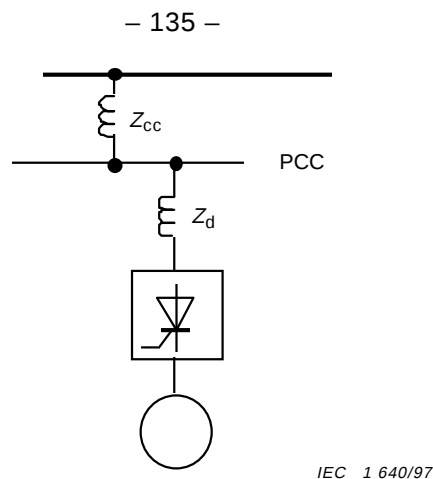


Figure B.14 – Equivalent circuit for assessment of commutation notch mitigation

It implies that the notch depth can be reduced, by reducing Z_{cc} and increasing Z_d .

Z_d can be increased by installing isolation transformers or reactors. When isolation transformers or reactors are installed, they should be placed as close as possible to the converter bridge so that they also prevent the commutation transients from interfering with the communication and control circuits.

The notch depth can be reduced by rewiring and moving the PC closer to the source. It effectively reduces the common impedance Z_{cc} while keeping ($Z_{cc} + Z_d$) the same (Z_d increases due to cable length as Z_{cc} decreases).

However, the notch area seen at the PC is independent of the value of the decoupling reactance. Keeping everything else constant, increasing decoupling reactance makes the notch depth decrease but notch width increase. Their product thus yields a constant area.

B.8 Protection against voltage dips and short interruptions

The equipment which is within the scope of this part of IEC 61800 might be sensitive to voltage dips and short duration power supply interruptions. During such disturbances, the motor torque capability decreases significantly, the motor tends towards standstill. The driven equipment generally continues to run during the period of power supply recovery. As the converter is no longer synchronized with the motor, a random restart can lead to prohibitive overcurrents (with the risk of equipment damage), resulting in protection circuits tripping and system shutdown. To avoid such phenomena, many drives cease operation when supply loss is sensed. For applications requiring a continuous operation, a precise specification is to be established between the user and the supplier/manufacturer.

Several solutions are possible.

Uninterruptable power supply (UPS)

Undisturbed operation can be provided with such a solution. The power rating of the drive system and the maximum duration of the disturbances to be accommodated determine the rating of the UPS.

Séquence de passage de creux de tension

Cette solution permet un fonctionnement continu du matériel entraîné pendant des creux triphasés de durée significative et d'assez grande amplitude, à condition qu'une réduction de vitesse soit acceptable. L'amplitude maximale du creux triphasé, la durée maximale de la perturbation, la décroissance de vitesse autorisée sur le matériel entraîné et les caractéristiques de la charge doivent être nécessairement examinées pour définir correctement la séquence de passage du creux de tension.

Redémarrage au vol après coupure brève

Des creux triphasés non supportables par l'équipement, des coupures brèves sans source de puissance de secours, ne permettent pas d'assurer un fonctionnement continu face aux perturbations les plus longues. La réduction de vitesse dépend du couple de la charge, de l'inertie, des frottements et de la durée de la perturbation. Il est même possible que le moteur s'arrête complètement. Il est toutefois souvent possible de procéder à un redémarrage au vol de l'équipement, lors du retour de la tension réseau, alors que la machine tourne encore. Cette solution nécessite souvent un capteur de vitesse. Les paramètres de définition comprennent la durée maximale de la perturbation supportable, la durée entre retour de l'alimentation du réseau et redémarrage, et le temps de retour à la vitesse initiale. Sans redémarrage au vol, il est usuellement nécessaire de provoquer un arrêt de l'équipement.

B.9 Documents de référence

CEI 60364-3: 1993, *Installations électriques des bâtiments – Partie 3: Détermination des caractéristiques générales*

CEI 61000-2-1: 1990, *Compatibilité électromagnétique – Partie 2: Environnement – Section 1: Description de l'environnement – Environnement électromagnétique pour les perturbations conduites basse fréquence et la transmission de signaux sur les réseaux publics d'alimentation*

IEEE 519:1992, *Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power systems*

IEEE 597:1983, *Practices and requirements for general purpose thyristor d.c. drives*

IEE *Transactions on industry – Applications No. 1 Jan. / Feb. 83*

Voltage dip compensation (ridethrough sequence)

This solution allows continuous operation of the driven equipment during significant three-phase voltage dips of larger amplitudes, if speed decreases are acceptable. The maximum amplitude of the three-phase voltage dip, the maximum duration of the disturbance, the speed decrease permitted in the driven equipment of process and the load characteristic are necessary considerations in the accurate sizing of the voltage dip compensation.

Flying restart after short supply interruption

During three-phase voltage dips and short supply interruptions, not supported by the drive system and without back-up power supply, it is not possible to achieve continuous operation for long duration disturbances. The speed decrease depends on the load torque, the inertia of the driven equipment and the motor, friction loading and the disturbance duration. It is even possible that the motor may stop completely. However, it is frequently possible to perform a flying restart following recovery of the power supply while the driven equipment is still running. This solution may often require a speed sensor. The design parameters include the maximum disturbance duration to be supported, the duration between the power supply recovery and the return of the machine to its initial speed. Without any flying restart, it is usually necessary to stop the driven equipment and/or process.

B.9 Reference documents

IEC 60364-3: 1993, *Electrical installation of buildings – Part 3: Assessment of general characteristics*

IEC 61000-2-1: 1990, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 1: Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems*

IEEE 519: 1992, *Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power systems*

IEEE 597: 1983, *Practices and requirements for general purpose thyristor d.c. drives*

IEE *Transactions on industry – Applications* No. 1 Jan. / Feb. 83

Annexe C (informative)

Equipements auxiliaires

C.1 Généralités

De nombreux équipements électriques, bien identifiés, peuvent être exposés à des conditions d'emploi inhabituelles lorsqu'ils sont utilisés avec des entraînements (PDS). Notamment les transformateurs, les bobines à induction peuvent fonctionner à différents niveaux de courants harmoniques, à des régimes de charge impulsionnels etc. La présente annexe vise à aider à identifier de telles zones pour ce genre d'équipement auxiliaire.

C.2 Transformateurs

On peut utiliser des transformateurs (d'isolement, ou autotransformateurs) en entrée des variateurs.

De tels transformateurs ne sont normalement pas nécessaires au fonctionnement du convertisseur mais ils permettent de satisfaire à l'une ou plusieurs des exigences suivantes:

- adapter les niveaux de tension;
- satisfaire à un règlement local;
- fournir une isolation (galvanique);
- satisfaire aux prescriptions de mise à la terre;
- atténuer les transitoires;
- réduire les courants de court-circuit;
- augmenter l'indice de pulsation;
- réduire le résidu harmonique.

La conception des circuits d'aide à la commutation, dv/dt , di/dt ou circuits inductifs du convertisseur repose sur des hypothèses d'impédance de source. Les transformateurs peuvent être utilisés pour adapter cette impédance.

NOTE – Les transformateurs sont soumis à des formes d'ondes dont le contenu harmonique n'est pas nul.

C.2.1 Tension

Lorsque la tension de ligne est différente de la tension d'entrée assignée du convertisseur, on peut avoir recours à un transformateur élévateur ou abaisseur ou autotransformateur à l'entrée du convertisseur. L'adaptation de tension nécessaire peut s'effectuer au moyen d'un transformateur de section alimentant des charges multiples. Dans le cas de convertisseurs plus puissants, des transformateurs dédiés peuvent être employés pour alimenter un convertisseur unique ou un groupe de convertisseurs.

C.2.2 Règlements

Des règlements particuliers d'usine ou des règlements locaux peuvent imposer une isolation électrique, ce qui implique l'utilisation de transformateurs d'entrées.

Annex C (informative)

Auxiliary equipment

C.1 General

Various electrical equipment, well identified, may be exposed to unusual conditions when used with adjustable speed drive systems (PDSs). For example, transformers and reactors may operate at various harmonic currents and winding impulse loading, etc. This annex is intended to assist in identifying such areas for this type of auxiliary equipment.

C.2 Transformers

Transformers (isolation and autotransformers) can be used on the input of BDMs.

Such transformers are not normally essential for converter operation but are intended to satisfy one or more of the following requirements to:

- establish voltage levels;
- meet codes and regulations;
- provide isolation (galvanic);
- establish earthing requirements;
- provide transient suppression;
- reduce short-circuit levels;
- increase pulse number;
- reduce harmonic content.

The design of snubbers, dv/dt , di/dt , or reactor networks in the converter is based on assumptions of the source impedance. Transformers may be used to adjust the impedance.

NOTE – The transformers are subjected to waveforms with harmonic content.

C.2.1 Voltage

When the line voltage is other than the rated converter input voltage, a step-up or step-down transformer or auto-transformer on the converter input may be used. The required voltage transformation may be accomplished by using feeder transformers supplying mixed loads. In the case of larger converters, separate dedicated transformers may be supplied for single converters or groups of converters.

C.2.2 Codes

Local or plant codes may specify electrical isolation, which could require the use of input transformers.

C.2.3 Fournir un service continu pour les installations sujettes à des défauts d'isolement à la terre

Dans certaines applications, l'ingénierie peut conseiller l'utilisation d'un réseau de distribution isolé ou impédant pour alimenter variateurs et moteurs. On retrouve généralement de telles applications dans les procédés industriels continus comme les papeteries, l'agro-alimentaire, la chimie, les cimenteries, les mines ou la métallurgie.

On trouve souvent dans ces industries des défauts d'isolement des circuits dus à l'humidité ou aux conditions ambiantes; ces défauts affectent aussi bien les systèmes d'isolation des moteurs que les câbles. Pour maintenir un service continu dans un milieu ainsi perturbé, on utilise un transformateur pour isoler galvaniquement l'alimentation du variateur du système général de distribution. De cette manière, un fonctionnement en continu est possible même avec un premier défaut d'isolement. Afin de maintenir cet avantage, il convient que l'utilisateur supprime le défaut dès que possible.

Il ne faut pas confondre l'utilisation d'un transformateur pour fournir un service continu en cas de défaut d'isolement, avec la protection du convertisseur en cas de défaut de terre. Celle-ci protège le convertisseur contre les courants de défaut à la terre selon les spécifications du constructeur, mais ne fournit pas la continuité du service attendue.

C.2.4 Déséquilibre de tension de ligne

Un déséquilibre de la tension d'entrée supérieur à 3 % peut provoquer des courants supérieurs à la valeur assignée. Un transformateur équipé de prises peut être utilisé pour compenser le déséquilibre de tension dans n'importe quelle condition de charge.

C.2.5 Réduction des courants harmoniques d'entrée du convertisseur

Les courants d'entrée d'un équipement variateur ou d'un variateur (CDM/BDM) ne sont généralement pas sinusoïdaux. Ces courants non sinusoïdaux comportent une composante sinusoïdale à la fréquence de l'alimentation (appelée courant fondamental) et d'autres composantes de courant sinusoïdales (appelées courants harmoniques) à des fréquences différentes de la fréquence du réseau.

Dès lors que les courants harmoniques ne participent pas à la transmission d'énergie mais contribuent à la charge du système de distribution, il convient d'en minimiser l'amplitude.

Sur certains modèles de CDM/BDM, on peut modifier le contenu harmonique du courant d'entrée en insérant une impédance entre l'entrée du convertisseur et le système de distribution. Les transformateurs sont pratiques pour modifier les caractéristiques d'impédance de l'alimentation.

Pour de telles considérations, se reporter à l'annexe B qui examine aussi les aspects modification de l'impédance de l'alimentation ou réduction des encoches de commutation.

C.2.6 Limitation du courant de court-circuit présumé à l'entrée du convertisseur

Lorsque le courant de court-circuit présumé au point de couplage (PC) du convertisseur est supérieur à la capacité du convertisseur spécifiée par le constructeur, un transformateur peut être inséré entre le réseau de distribution d'énergie et le convertisseur afin d'en réduire la valeur.

C.2.7 Augmenter l'indice de pulsation p

Dans certains cas, on utilise des transformateurs ou autotransformateurs pour multiplier le nombre de phases et ainsi réduire la tension harmonique résultante.

C.2.3 Provide continuity of service for installations prone to nuisance grounding

For certain applications, engineering practice may dictate the use of ungrounded or impedance grounded branch circuits on CDM/BDM and motors. Such applications are usually found in continuous process industries such as pulp and paper, food processing, chemical, cement mixing, mining, or metals.

Nuisance grounding of branch circuit conductors is common in these industries due to the effects of moisture or environmental conditions on the branch circuit and motor insulation systems. To maintain continuity of service in a nuisance ground environment, an isolation transformer is used to galvanically isolate the CDM/BDM branch circuit from the overall distribution system. In this manner, continued CDM/BDM branch circuit operation is possible with a single nuisance ground. To provide continued protection, the user should clear the nuisance ground at the earliest opportunity.

The use of a transformer to provide continuity of service under nuisance ground conditions should not be confused with the converter ground fault protection. Converter ground fault protection will protect the converter under ground fault conditions specified by the manufacturer but may not provide the continuity of service desired.

C.2.4 Line voltage unbalance

Unbalanced voltage greater than 3 % between phases of the incoming line may cause larger than rated line currents to be drawn from the a.c. line. An isolation transformer equipped with taps may be used to compensate the voltage unbalance at all rated load conditions.

C.2.5 Reduction of converter input harmonic currents

The CDM/BDM input currents are generally non-sinusoidal. These non-sinusoidal currents are composed of a sinusoidal component of current at line frequency (known as the fundamental current) and additional sinusoidal components of current (known as harmonic currents) at frequencies other than the line frequency.

Since the harmonic currents do not aid in the transmission of power and contribute to the volt-ampere loading of the distribution system, minimizing the magnitudes of these harmonic line currents is desirable.

For certain types of CDM/BDM, the harmonic content of the input line current may be varied by inserting impedance between the converter input and the distribution system. Transformers are convenient devices for modifying the feeder impedance characteristics.

See annex B for additional information on feeder impedance modification and minimization of line voltage notching.

C.2.6 Reduction of prospective short-circuit current at converter input

When the prospective short-circuit current at the point of coupling (PC) of the converter is greater than the maximum short-circuit capacity of the converter stated by the manufacturer, input transformers may be inserted between the power distribution system and the converter to reduce the prospective current.

C.2.7 Pulse number p

In some cases, transformers or auto-transformers are used in order to increase the pulse number and hence reduce the voltage harmonic distortion.

C.3 Réactances

Des réactances reliées au réseau peuvent également être utilisées à la place de transformateurs pour compenser un déséquilibre de tension, ou modifier l'impédance d'alimentation, ou minimiser les encoches de commutation et réduire la valeur du courant de court-circuit présumé.

Des réactances (à air ou à noyau de fer) sont employées dans les composants des convertisseurs en tant que filtres, éléments de commutation, éléments de lissage en série, circuits d'équilibrage du courant, etc.

Leur conception est spécifique et dépend de la structure particulière du convertisseur employé.

C.4 Appareillage

L'appareillage (sectionneurs, disjoncteurs, dispositifs de démarrage, contacteurs etc.) peut être employé sur les circuits d'entrée des entraînements à vitesses variables (PDS).

Un tel appareillage n'est pas indispensable au fonctionnement du convertisseur et a pour but de remplir une ou plusieurs des exigences suivantes:

- satisfaire à un règlement local;
- assurer l'isolation (sécurité);
- protection.

C.5 Documents de référence

CEI 60289: 1988, *Bobines d'inductances*

CEI 60364-4-46: 1981, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 46: Sectionnement et commande*

CEI 60364-5-537: 1981, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Chapitre 53: Appareillage – Section 573: Dispositifs de sectionnement et de commande*

UL 508, *Industrial controllers*

UL 508C, *Power conversion equipment*

NEMA ICS 1.1, *Safety guidelines for the application, installation and maintenance for solid state control*

NEMA ICS 1-11A, *Surge testing*

NEMA ICS 7, *Industrial control and systems, adjustable speed drives*

NEMA ICS 7.1, *Safety standards for construction and guide for selection, installation and operation of adjustable-speed drive systems*

prEN 50178, *Équipements électroniques utilisés dans les installations de puissance*

IEEE 519: 1992, *Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power systems*

IEEE 597: 1983, *Practices and requirements for general purpose thyristor d.c. drives*

IEEE P936: 1987, *Guide for self commutated converters*

IEEE P995: 1987, *Recommended practice for efficiency determination of alternating-current adjustable-speed drives*

C.3 Reactors

Line reactors can also be used in place of transformers to accomplish line voltage unbalance compensation, feeder impedance modification, minimization line notching and reducing of prospective short-circuit current.

Reactors (both iron and air cored) are also used in PDS converter topologies as filters, commutating elements, series smoothing, current balancing elements, etc.

Their design is special and relates to the particular converter topology used.

C.4 Switchgear

Switchgear (disconnectors, circuit breakers, combination starters, contactors, etc.) may be used on the input of PDSs.

Such switchgear is not essential for converter operation but is intended to satisfy one or more of the following requirements:

- meet local codes;
- effect isolation (safety);
- protection.

C.5 Reference documents

IEC 60289: 1988, *Reactors*

IEC 60364-4-46: 1981, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 46: Isolation and switching*

IEC 60364-5-537: 1981, *Electrical installations of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 53: Switchgear and controlgear - Section 537: Devices for isolation and switching*

UL 508, *Industrial controllers*

UL 508C, *Power conversion equipment*

NEMA ICS 1.1, *Safety guidelines for the application, installation and maintenance for solid state control*

NEMA ICS 1-11A, *Surge testing*

NEMA ICS 7, *Industrial control and systems, adjustable speed drives*

NEMA ICS 7.1, *Safety standards for construction and guide for selection, installation and operation of adjustable-speed drive systems*

prEN 50178, *Electronic equipment for use in power installations*

IEEE 519: 1992, *Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power systems*

IEEE 597: 1983, *Practices and requirements for general purpose thyristor d.c. drives*

IEEE P936: 1987, *Guide for self commutated converters*

IEEE P995: 1987, *Recommended practice for efficiency determination of alternating-current adjustable-speed drives*

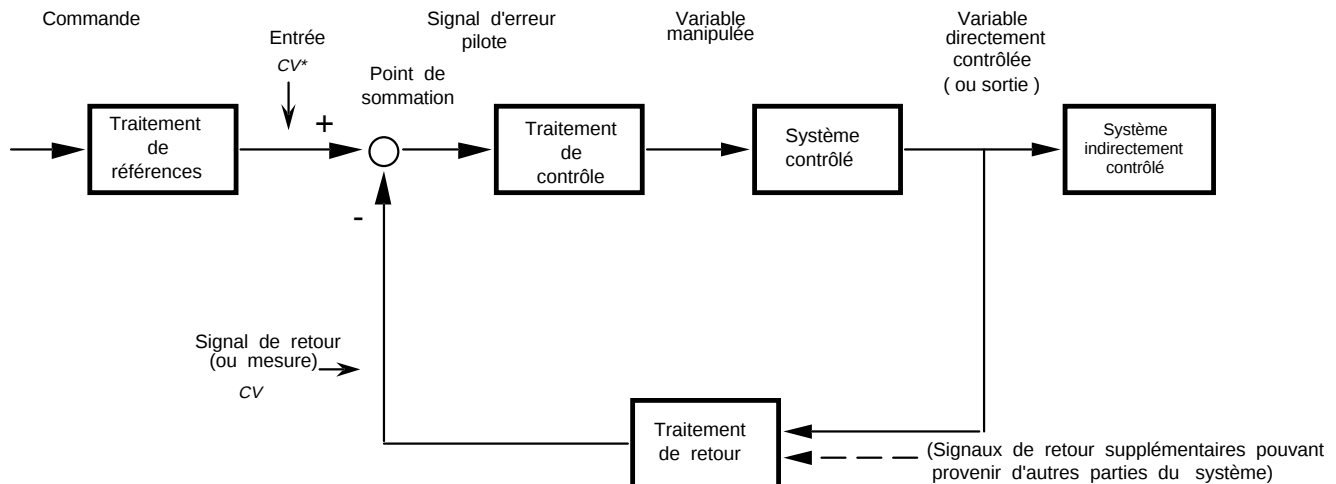
Annexe D (informative)

Stratégies de commande

Il existe différents types de stratégies de commande employés dans le but de parvenir au meilleur compromis possible entre la recherche d'une performance optimale à toutes les vitesses, de réponses en vitesse et en couple, d'un rendement élevé, d'un faible résidu harmonique, d'un facteur de puissance d'entrée élevé, etc.

D.1 Configurations de commande

L'objectif final d'un entraînement à vitesse variable à courant continu est d'asservir une variable interne de processus (voir figure D.1). Cette variable peut être une vitesse linéaire, une position, une tension ou une grandeur physique quelconque.



IEC 1 641/97

NOTE – CV est la variable contrôlée qui apparaît dans le schéma en tant que:

- référence notée CV^* ;
- mesure notée CV.

Figure D.1 – Schéma bloc d'un système bouclé – Eléments de base

A l'intérieur du système bouclé d'asservissement on peut distinguer un régulateur maître et le système de contrôle du moteur à courant continu.

Le régulateur maître compare la mesure de la variable du processus avec la valeur de référence et fournit un résultat qui correspond à la commande du système de contrôle du moteur à courant continu. La fonction du système de contrôle du moteur à courant continu consiste à ajuster la variable spécifiée du moteur à courant continu à la valeur nécessaire demandée par le régulateur maître.

La configuration et les performances du régulateur maître sortent du domaine d'application de la présente partie de la CEI 61800.

La présente annexe traite de la configuration des systèmes de commande des moteurs à courant continu.

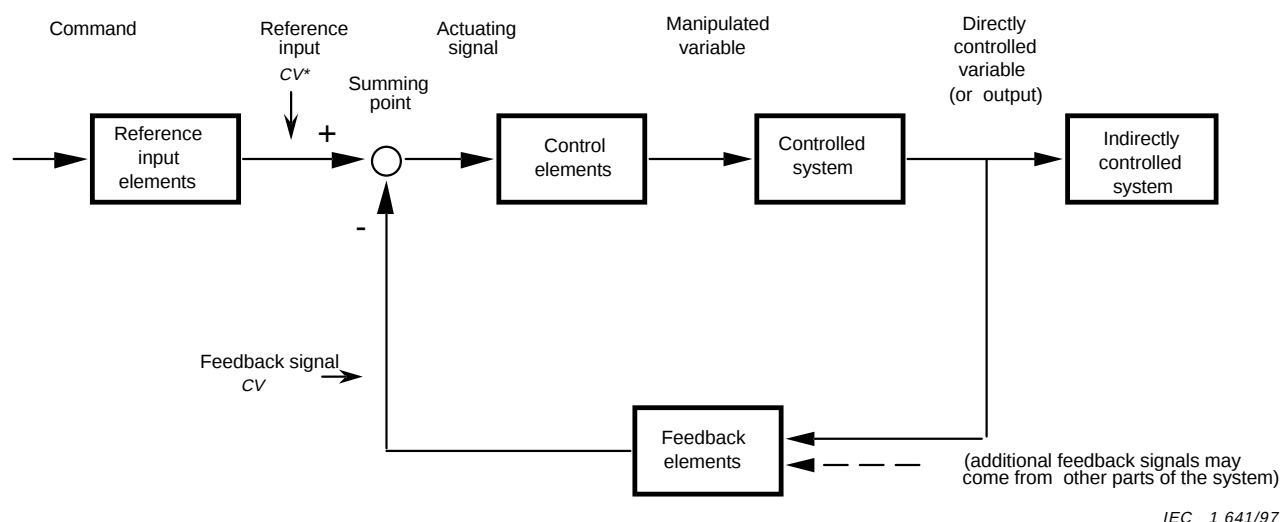
Annex D (informative)

Control strategies

There are many types of control strategies which are used in order to achieve the best compromise between such desirable aspects as good performance at all speeds, speed and torque responses, high efficiency, low harmonic content, high input power factor, and so on.

D.1 Control configurations

The ultimate scope of an adjustable speed d.c. drive system is to control a variable of a process (see figure D.1). The variable may be a linear speed, a position, a tension or some other physical quantity.



NOTE – CV is the controlled variable, it appears in the diagram as:

- reference noted CV*;
- measurement of actual value noted CV.

Figure D.1 – Block diagram of feedback control system containing all basic elements

In the overall feedback control system, a master controller and a d.c. motor control system can, in general, be distinguished.

The master controller compares the actual value of the process variable with the reference value and gives an output that is the command for the d.c. motor control system. The function of the d.c. motor control system is to regulate the value of a specified parameter of the d.c. motor to the value requested by the master controller.

The configuration and performance of the master controller are outside the scope of this part of IEC 61800.

This annex deals with the configuration of d.c. motor control systems.

D.1.1 Structure de base

La structure de base d'un système de commande d'un moteur dépend de l'application.

Les plus importantes sont répertoriées ci-dessous:

- a) la variable du moteur, qui est à l'origine du signal de mesure principal, peut être la vitesse (contrôle de la vitesse avec signal de retour de vitesse), la tension continue (contrôle de la vitesse avec signal de retour de tension) ou le courant produisant le couple (contrôle du courant et contrôle du flux);
- b) fonctionnement avec ou sans désexcitation (défluxage);
- c) fonctionnement avec ou sans inversion du courant d'induit ou du courant d'excitation;
- d) inversion du courant d'induit (si elle existe) avec ou sans courant de circulation.

Le tableau D.1 montre comment, en considérant ces variables et leurs éventuelles combinaisons, on peut aboutir à neuf configurations principales de contrôle d'un moteur à courant continu (notées de A à I).

Le cas de la régulation de courant n'est pas retenu comme variante spécifique du fait que les configurations citées dans le tableau D.1 sont elles-mêmes pourvues d'un régulateur de courant.

Tableau D.1 – Exemples typiques de configurations de commande

Configurations d'asservissement										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
v a r i a n t e s	Organe de mesure	Tachymètre						Transducteur de tension		
	Avec / sans désexcitation	Sans			Avec			Sans*		
	Avec / sans inversion du courant d'induit	Sans	Avec		Sans	Avec		Sans	Avec	
	Inversion du courant d'induit avec / sans courant de circulation		Sans	Avec		Sans	Avec		Sans	Avec
	Avec / sans inversion de courant d'excitation	A1 sans A2 avec			D1 sans D2 avec			G1 sans G2 avec		
* Dans le cas d'un retour par la tension d'induit, il est possible de commander la désexcitation en envoyant la «vitesse» de référence au régulateur de courant d'excitation via un générateur de fonction délivrant une consigne fonction de la vitesse, méthode quelquefois utilisée dans le passé.										

Les configurations A et G sont les plus simples. Elles correspondent au fonctionnement sans désexcitation et sans inversion du courant d'induit, faisant appel respectivement à un tachymètre ou à un transducteur de tension continue en tant que mesure de retour. Toutes les autres configurations peuvent être obtenues à partir de ces deux définitions de base (A et G) en ajoutant un ou plusieurs blocs spécifiques.

La figure D.2 résume la plupart de ces configurations. Le tableau D.2 identifie les constituants de base de chacune.

Dans certains entraînements, on emploie des régulations de vitesse et de courant parallèles en variante de la régulation en cascade classique.

D.1.1 Basic structure

The basic structure of a motor control system depends on the requirements of the application.

The most important of these are listed below:

- a) the parameter of the motor, that is sensed to provide the primary feedback signal, may be the speed of revolution (speed control with speed feedback signal), the d.c. voltage (speed control with d.c. voltage feedback signal) or the torque producing current (armature current and field current control);
- b) operation with or without field weakening;
- c) operation with or without armature current reversal, or field current reversal;
- d) armature current reversal, if any, with or without circulating current.

Table D.1 shows how, considering these variants and their relative possible combinations, nine basic structures (from A to I) of d.c. motor control system configurations may be defined.

Current control is not considered as a specific variant taking into account that quite often the configurations listed in table D.1 are provided with a current controller.

Table D.1 – Typical control configurations

Control configurations										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
V a r i a n t s	Feedback device	Tachometer						DC voltage transducer		
	Without / with field weakening	Without			With			Without*		
	Without / with armature current reversal	With-out	With		With-out	With		With-out	With	
	Armature current reversal without / with circulating current		With-out	With		With-out	With		With-out	With
	Without / with field current reversal	A1 without A2 with			D1 without D2 with			G1 without G2 with		
* When a d.c. voltage transducer is applied for feedback, field weakening operation is possible by sending the "speed" reference to the field current controller via a function generator giving the proper relationship between field current and speed at constant d.c. amature voltage. This is an old method.										

The configurations A and G are the simplest. They correspond to operation without field weakening and armature current reversal, using respectively a tachometer or a d.c. voltage transducer as a feedback device. All other configurations may be obtained by additional specific blocks.

Figure D.2 shows a block diagram containing most of the control configurations. With reference to this figure, in table D.2 each control configuration is split into its constitutive blocks.

In some drive systems a control system is employed which utilizes parallel speed and current control loops as an alternative to the classical series regulator configuration.

D.1.2 Aménagements optionnels

En plus de sa structure de base, un système de contrôle de moteur à courant continu possède des aménagements optionnels. Les plus pertinents sont cités dans le tableau D.2. Ceux-ci sont également représentés dans le schéma simplifié de la figure D.2.

Besides the basic structure, a d.c. motor control system has some optional facilities. The most relevant are listed in table D.2. They are also shown in the block diagram (figure D.2).

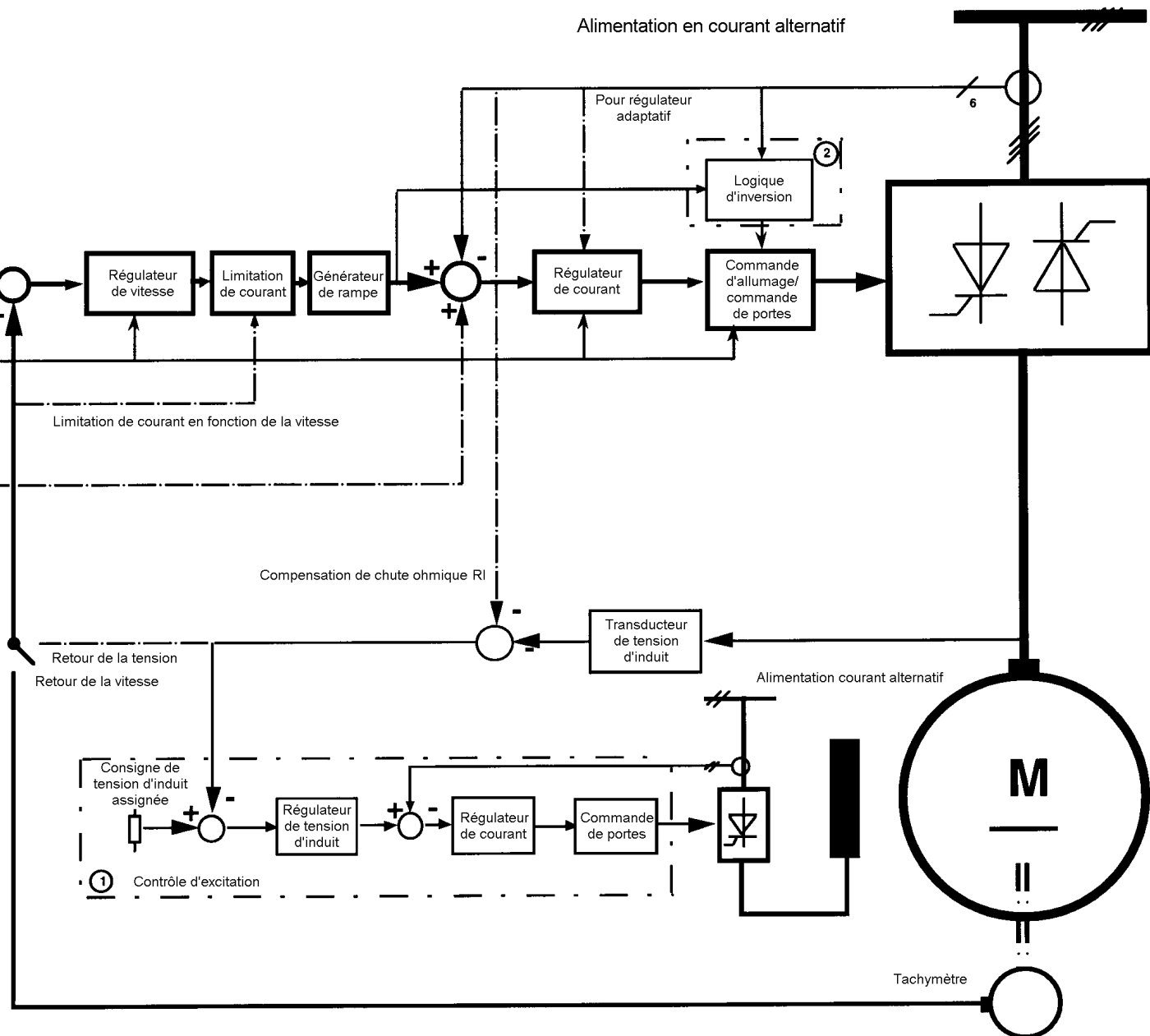
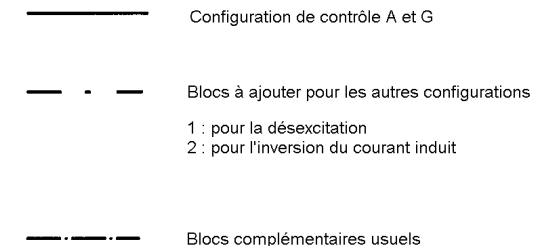


Figure D.2 - Schéma fonctionnel simplifié

- Control configurations A and G
- Blocks to add to obtain the other configurations
- 1 : for field weakening
- 2 : for armature current reversal
- Most relevant optional blocks or facilities

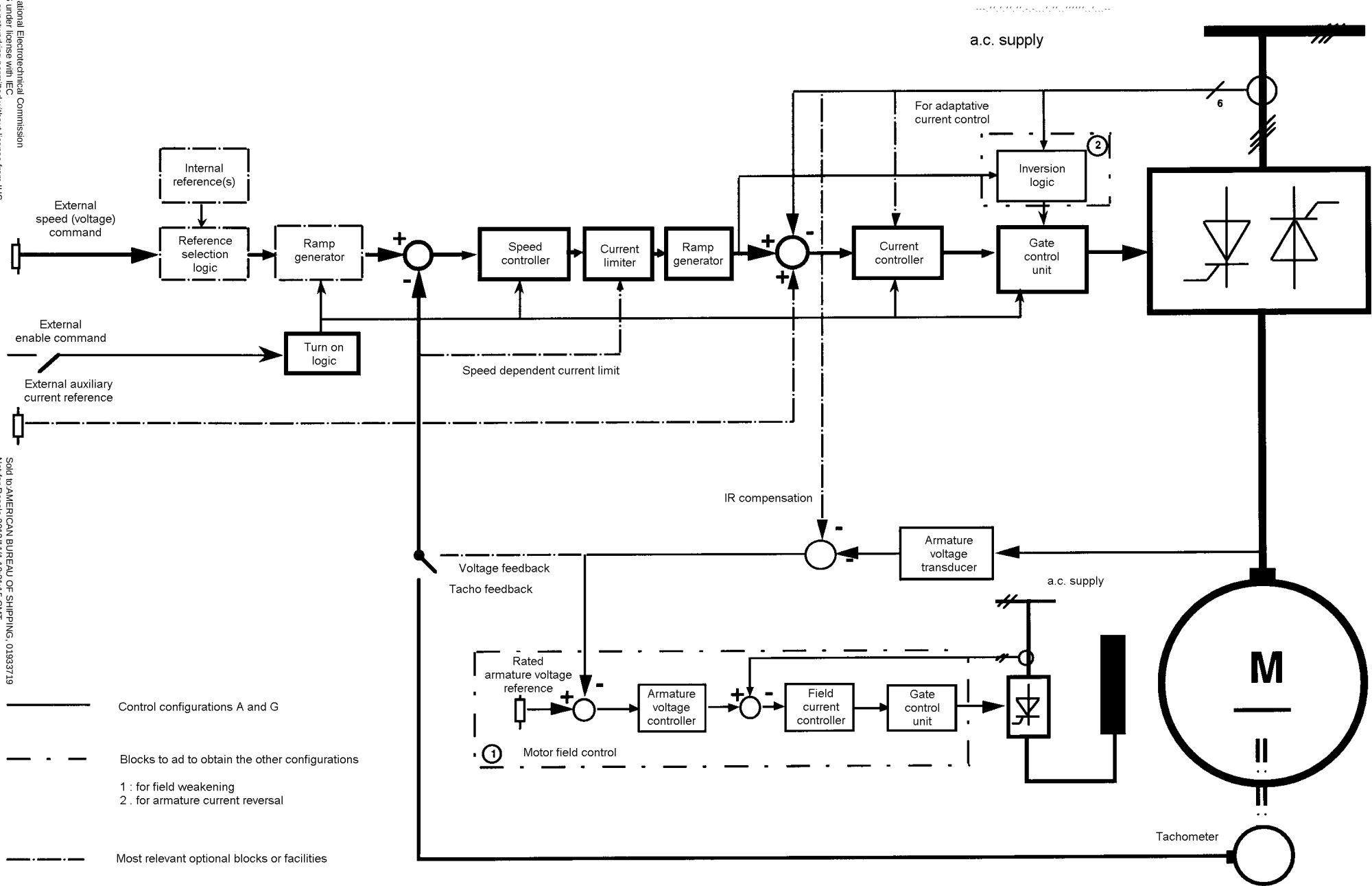


Figure D.2 – Block diagram

Tableau D.2 – Composition des configurations typiques de commande

Configurations de commande		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Blocs principaux	Tachymètre	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	≠	≠	≠
	Transducteur de tension continue	≠	≠	≠	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Régulateur de vitesse	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Limiteur de courant	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Régulateur de courant	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Déclencheur (commande de portes)	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Séquences logiques	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Commande d'excitation	≠	≠	≠	⊗	⊗	⊗	≠	≠	≠
	Logique d'inversion (bande morte)	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠
Options	Référence(s) interne(s)	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Commutateur de références	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Générateur de rampe	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Limite de courant en fonction de la vitesse	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Compensation RI	≠	≠	≠	O	O	O	O	O	O
	Référence de courant externe	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Régulateur de courant (auto-adaptatif)	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Régulateur de courant de circulation	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗
	Régulateur de vitesse Correction du gain en cas de désexcitation	≠	≠	≠	O	O	O	≠	≠	≠
	Limite minimale et maximale du flux	≠	≠	≠	O	O	O	≠	≠	≠
⊗ Le bloc est omniprésent dans la configuration ≠ Le bloc n'est jamais présent dans la configuration o Le bloc est présent dans la configuration (facultatif)										

D.1.3 Contrôle analogique et contrôle numérique

Le contrôle de l'entraînement peut être effectué au moyen de techniques numériques ou analogiques.

L'usage de techniques numériques conduit à un échantillonnage des variables, au moyen d'une ou de plusieurs périodes, cadencé par une horloge.

La période d'échantillonnage est un intervalle de temps pendant lequel les mesures sont constantes, les calculs sont effectués, et les résultats qui en résultent sont constants.

La période d'échantillonnage doit être choisie en fonction des constantes de temps du processus étudié et du temps de réponse requis par le processus.

Ces remarques sont valables également pour la durée des transferts nécessaires à la transmission des informations entre différents systèmes numériques.

Table D.2 – Composition of the typical control configurations

		Control configurations								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Basic blocks	Tachometer	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	≠	≠	≠
	DC armature voltage	≠	≠	≠	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Speed controller	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Current limiter	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Current controller	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Gate control unit	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Turn on logic	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Motor field control	≠	≠	≠	⊗	⊗	⊗	≠	≠	≠
	Inversion logic	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠
Optional	Internal references	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Reference selection logic	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Ramp generator	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Speed dependant current limit	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	IR compensation	≠	≠	≠	o	o	o	o	o	o
	External auxiliary current reference	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Adaptive current controller	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Circulating circuit regulator	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗
	Speed controller gain correction during field weakening	≠	≠	≠	o	o	o	≠	≠	≠
	Minimum and full field limit	≠	≠	≠	o	o	o	≠	≠	≠
		⊗ The block is always present in the configuration ≠ The block is never present in the configuration o The block is optionally present in the configuration								

D.1.3 Digital and analog control

The drive control can be made by analog or digital techniques.

When digital techniques are used, the system has one or several sampling times provided by the clock.

Sampling time is a period in which measures for calculation are constant, calculations are performed, and resulting controller outputs are constant.

The sampling time is chosen in relation to the time constants of the controlled process and with the response time required by the process.

The same consideration is made for transport time, required for the transmission of information between different digital systems.

D.2 Modes d'asservissement

D.2.1 Modes de fonctionnement

Deux modes de fonctionnement sont donnés à titre d'exemple afin d'établir la relation entre les besoins de l'utilisateur et les performances du variateur. Il s'agit:

- a) du mode asservissement du couple;
- b) du mode asservissement de la vitesse.

Il est important de faire la distinction entre les différents niveaux de couples:

- le couple électromagnétique produit par la machine électrique;
- le couple mécanique sur l'arbre.

Cette dernière variable oblige à considérer le système mécanique dans son ensemble à cause des réactions de la charge. Sauf mention contraire explicite, on admet généralement que le couple est un couple électromagnétique sans prendre en compte les réactions de la charge et les pertes.

D.2.2 Système bouclé

Pour permettre des comparaisons significatives, on définit trois types d'asservissement:

- a) asservissement en boucle ouverte, sans contre-réaction d'asservissement;
- b) asservissement en boucle fermée, contre-réaction indirecte (calculée). Ce calcul est effectué à partir des variables électriques telles que la tension, le flux, le courant, les impulsions d'amorçage du convertisseur, etc. Il convient que le constructeur précise comment la grandeur de retour est calculée, par exemple l'utilisation de telle ou telle variable, courant continu, courant alternatif, etc.;
- c) asservissement en boucle fermée, avec mesure directe (capteur) de la grandeur de retour. Le constructeur doit également préciser les exigences de performances du capteur: précision, bande passante, etc.

D.2.3 Précision et performances

Le tableau D.3 montre une trame établie dans le but d'aider l'utilisateur à analyser la stratégie d'asservissement du variateur, et par conséquent à en évaluer les performances attendues.

Par ce tableau le constructeur identifie les performances d'asservissement aussi bien en régime permanent qu'en réponse dynamique. Ce dernier doit préciser la valeur typique de précision garantie en régime permanent, pour chaque mode de fonctionnement à:

- vitesse faible;
- vitesse moyenne (50 % de la vitesse de base);
- vitesse de base;
- vitesse maximale.

D.2 Control modes

D.2.1 Operating modes

Two operating modes are exemplified which relate the user's need to the performance of the equipment. These are:

- a) torque control mode;
- b) speed control mode.

When referring to torque, it is important to distinguish between:

- electromagnetic torque produced by the electrical machine;
- mechanical torque on the shaft.

This last variable involves the complete mechanical system because of load reaction. Unless otherwise specified, it is conventionally assumed that "torque" is the electromagnetic torque without considering load reaction and loss.

D.2.2 Loop control

As no comparison is meaningful without first defining the loop control, three types of feedback loops are considered.

- a) open loop control, without feedback;
- b) closed loop control, with indirect (calculated) feedback. This calculation is made from electrical variables such as voltage, flux, current, firing pulses of the converter, etc. The manufacturer should indicate how this feedback was calculated; i.e. using stated variables, d.c., a.c. and so on;
- c) closed loop control, with direct (sensor) feedback. The manufacturer has also to specify the performance requirements for the sensor: accuracy, bandwidth and so on.

D.2.3 Accuracy and performance

Table D.3 below shows one suggested generalized format intended to help the user analyze the way a drive is controlled and hence evaluate its expected performance.

This table requires the manufacturer to identify the control performances both for steady-state conditions and in terms of dynamic response. The manufacturer is to indicate the typical guaranteed accuracy with steady state conditions, for each operating mode at:

- low speed;
- medium speed (50 % of base speed);
- base speed;
- maximum speed.

Tableau D.3 – Stratégies d'asservissement de l'entraînement

Mode de fonctionnement	Type de contre-réaction	Résultat statique (précision)				Résultat dynamique (Temps d'établissement sur échelon de référence)
		Vitesse faible	Vitesse moyenne	Vitesse de base	Vitesse maximum	
Asservissement du couple	Sans contre-réaction					
	Avec contre-réaction indirecte (calculé)					
	Avec contre-réaction directe (capteurs)					
Asservissement de la vitesse	Sans contre-réaction					
	Avec contre-réaction indirecte(calculé)					
	Avec contre-réaction directe (capteurs)					
NOTE 1 – La précision de service et la précision opérationnelle sont relatives aux valeurs à pleine échelle (voir 6.1). NOTE 2 – Entre vitesse de base et vitesse maximale, l'équipement variateur alimente le moteur en régime défluxé. L'entraînement peut alors fournir une puissance électrique constante.						

D.3 Performances en régime permanent et transitoire

D.3.1 Réponse temporelle

La réponse temporelle représente la sortie en fonction du temps résultant de l'application d'une entrée donnée dans des conditions de fonctionnement données.

Les éléments d'entrée de traitement de référence ont pour but de transformer la consigne en un signal adapté au procédé et de le transmettre au comparateur d'entrée (voir figure D.1). En faisant référence à la figure D.1, la valeur idéale est atteinte quand le signal de retour est égal à l'entrée de référence.

D.3.1.1 Temps de réponse

Le temps de réponse est le temps nécessaire, après le début de l'excitation du système, pour que la sortie atteigne une valeur définie proche de la valeur idéale (voir les figures D.3, D.4, D.5).

NOTE – La valeur définie est souvent prise égale à l'erreur, en pourcentage, par rapport à la valeur idéale.

Table D.3 – Drive system control strategies

Operating mode	Feedback type	Static behaviour (accuracy / deviation band)				Dynamic behaviour (setting time to a reference step)
		Low speed	Medium speed	Base speed	Maximum speed	
Torque control mode	Without feedback					
	With indirect feedback (calculated)					
	With direct feedback (sensor)					
Speed control mode	Without feedback					
	With indirect feedback (calculated)					
	With direct feedback (sensor)					
NOTE 1 – The service deviation band and the operating deviation band are related to the maximum rated values (see 6.1). NOTE 2 – Between base speed and maximum speed, the CDM provides excitation to the motor which results in less than rated flux. In this condition, the motor works in an underexcited mode and the drive provides constant electrical power.						

D.3 Steady state and transient performance

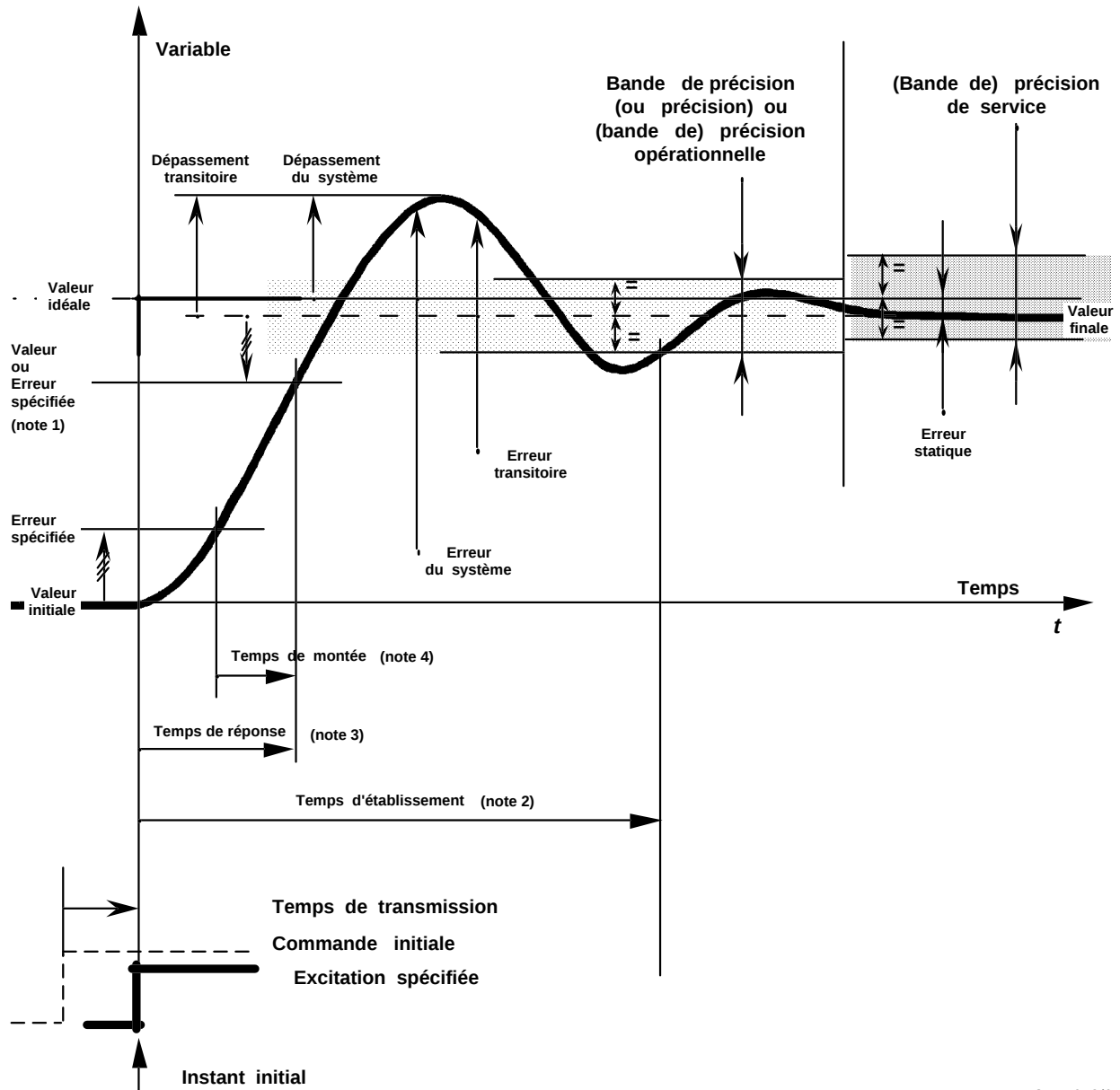
D.3.1 Time response

Time response represents the output versus time curve resulting from the application of a specified input under specified operating conditions. Reference input elements are those elements which operate in response to the command to produce a suitable reference-input signal and transmit it to the summing point (see figure D.1). Referring to figure D.1, the ideal value is reached when the feedback signal equals the reference input.

D.3.1.1 Response time

Response time is the time required, following the initiation of a specified stimulus to a system, for an output going in the direction of the necessary corrective action to first reach a specified value (see figures D.3, D.4, D.5).

NOTE – Specified value is often taken as an error value referred to an ideal value in per cent.



IEC 1 643/97

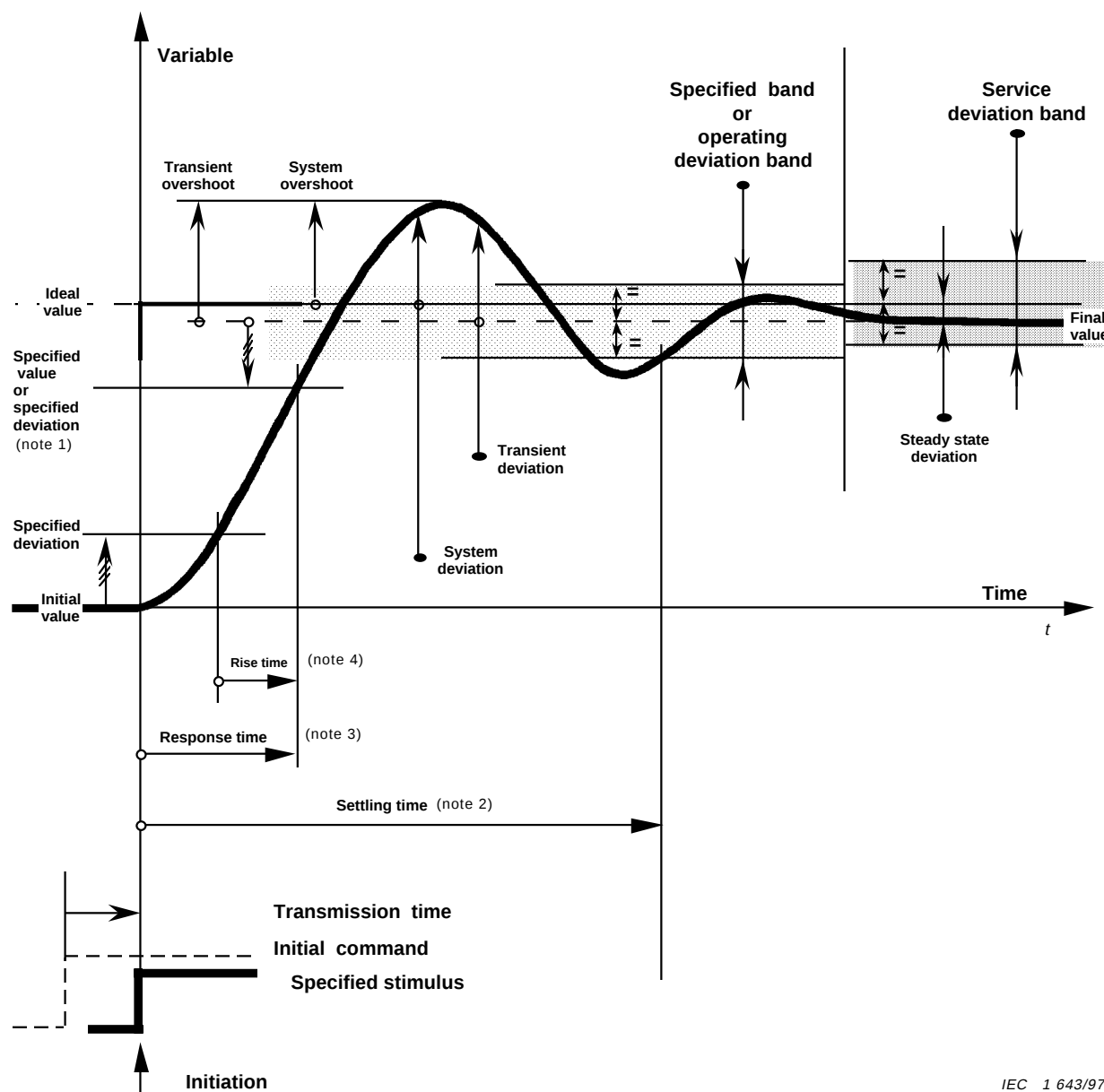
NOTE 1 – La valeur spécifiée est souvent donnée en termes d'erreur relative à la valeur finale.

NOTE 2 – Temps d'établissement: Si la précision n'est pas spécifiée, on doit supposer qu'il s'agit de la précision opérationnelle, mais centrée sur la valeur finale.

NOTE 3 – Temps de réponse: Si l'erreur n'est pas spécifiée, on suppose qu'il s'agit de la valeur positive ou de la valeur négative de la précision opérationnelle.

NOTE 4 – Temps de montée: Si les erreurs ne sont pas spécifiées, on suppose qu'il s'agit des valeurs positives et négatives de la précision opérationnelle. (On définit habituellement le temps de montée entre 10 % et 90 % de la valeur finale.)

Figure D.3 – Réponse temporelle suivant un échelon sur la référence – Charge constante



IEC 1 643/97

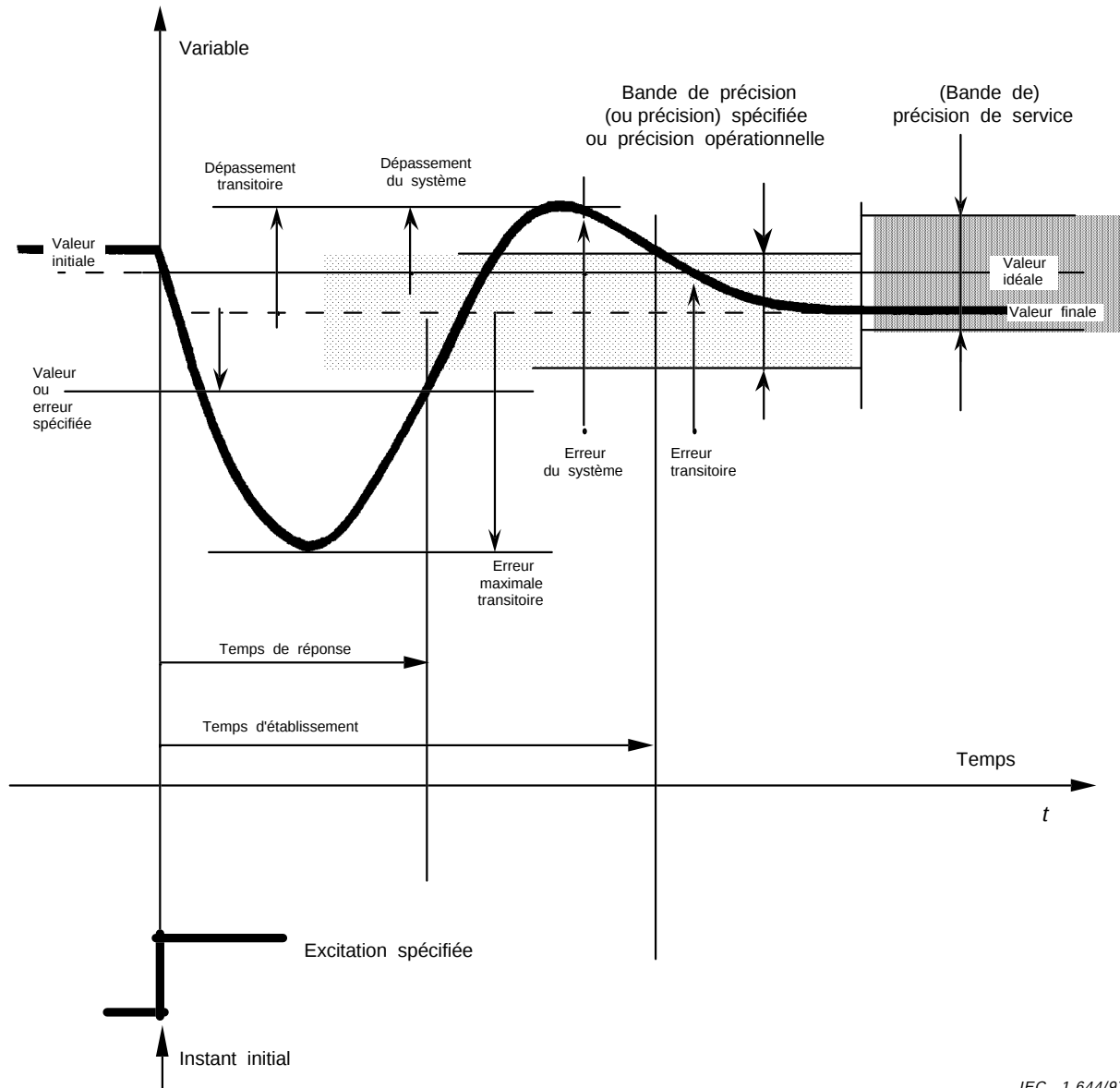
NOTE 1 – The specified value is often as an error value referred to the final value.

NOTE 2 – Settling time: if the band is not specified, it should be assumed to be the operating deviation band but centered on the final value.

NOTE 3 – Response time: if the deviation is not specified, it may be assumed to be the minus or plus value of the operating deviation band.

NOTE 4 – Rise time: if the deviations are not specified, they may be assumed to be the plus or minus values of the operating deviation band. (Typically, rise time is defined as the time between 10 % and 90 % of steady-state value.)

Figure D.3 – Time response following a step change of reference input – No load change



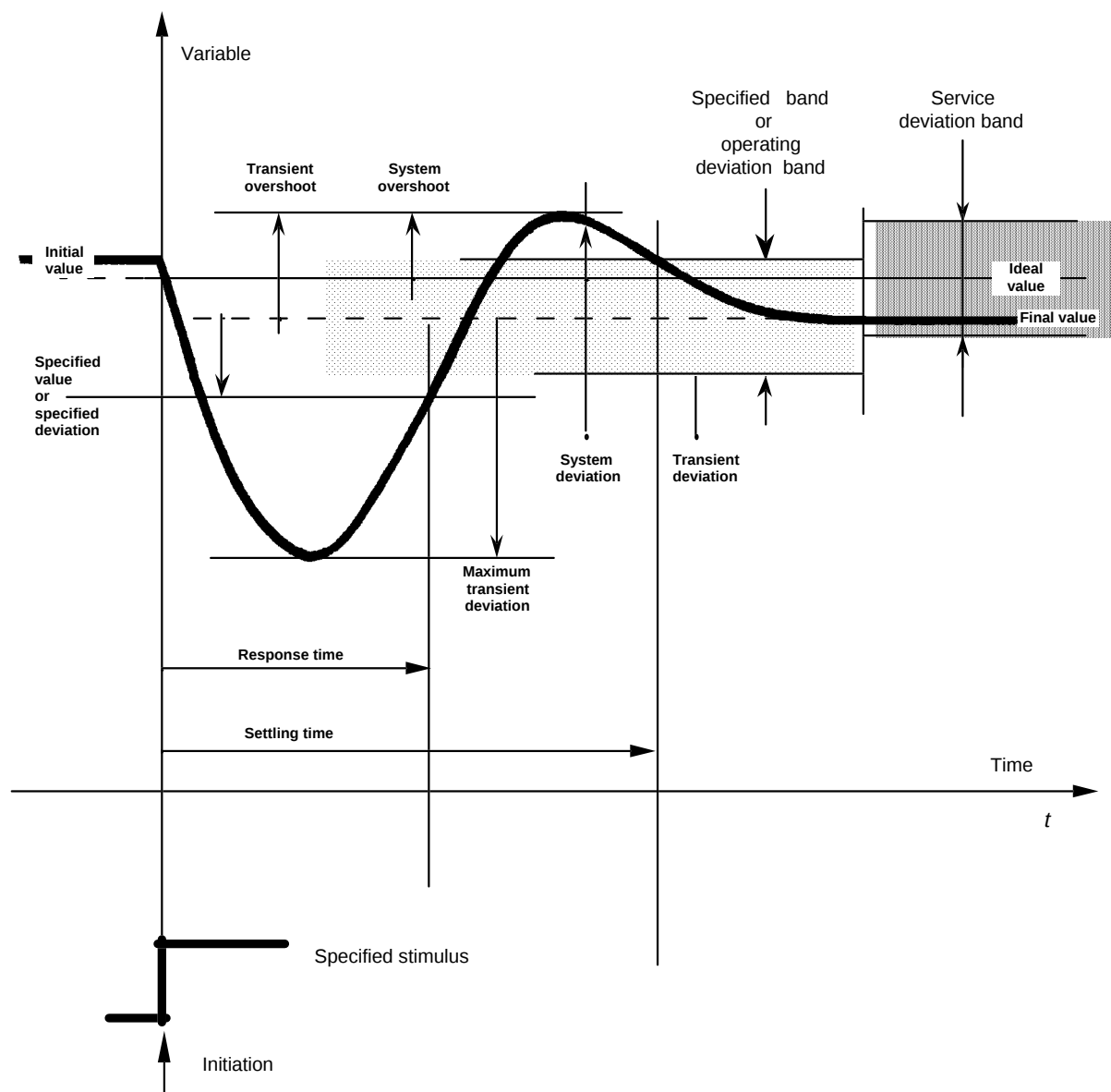
IEC 1 644/97

Figure D.4 – Réponse temporelle suivant un échelon de charge – Référence constante

D.3.1.2 Temps de montée

Le temps de montée est le temps nécessaire pour que la sortie du système (autre que de premier ordre) passe d'une valeur définie proche de la valeur initiale à une valeur définie proche de la valeur idéale sur une sollicitation incrémentale de la consigne. Les valeurs définies sont souvent prises à 5 % à 10 % et 95 % à 90 % de l'incrément, avant dépassement s'il y en a un (voir figure D.3).

Si le terme «temps de montée» ne comporte pas d'indication complémentaire, on doit comprendre qu'il concerne la réponse à un échelon. Pour tout autre cas, il convient que la forme et l'amplitude de l'excitation soient spécifiées.



IEC 1 644/97

Figure D.4 – Time response following a step increase in load – No reference change

D.3.1.2 Rise time

Rise time is the time required, in the case of steady-state increment, for the output of a feedback system (other than first order) to make the change from a specified value near the initial value to a specified value near the ideal value. The specified values are often 5 % to 10 % and 95 % to 90 % of the increment before overshoot, if any (see figure D.3).

If the term "rise time" is unqualified, response to a step change is understood. Otherwise the pattern and magnitude of the stimulus should be specified.

D.3.1.3 Temps d'établissement

Le temps d'établissement est le temps nécessaire, après le début d'une excitation donnée à un système, pour qu'une variable donnée entre et reste dans les limites d'une (bande de) précision définie centrée sur sa valeur finale (voir figures D.3, D.4).

NOTE – Si la précision n'est pas spécifiée, on admet qu'il s'agit de la précision opérationnelle.

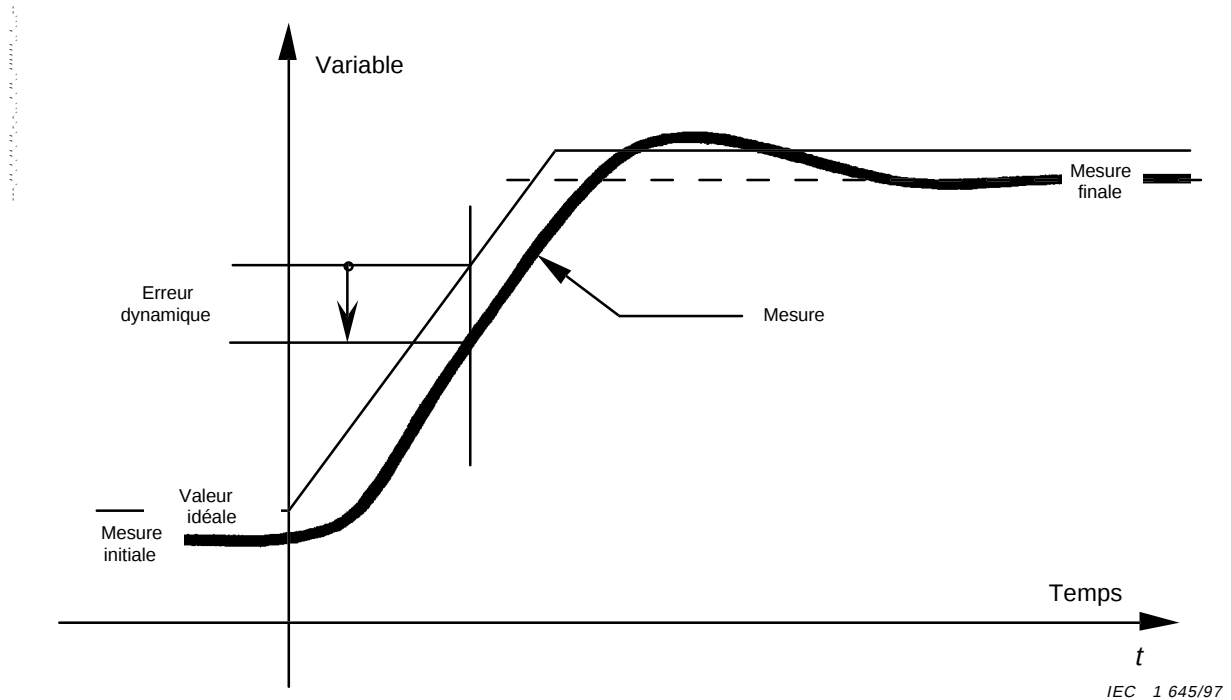


Figure D.5 – Réponse temporelle suivant un changement de référence à pente spécifiée

D.3.2 Performances des fonctions particulières

Des renseignements complémentaires peuvent être demandés sur des fonctions particulières.

D.3.2.1 Suiveur de vitesse

Le suiveur de vitesse est le contrôle qui permet de faire fonctionner deux variateurs dans un rapport de vitesses donné, (système maître-esclave). Le rapport de vitesses, lorsqu'il y a proportionnalité directe entre les vitesses des deux entraînements, comme à la figure D.6, est usuellement exprimé en pourcentage positif ou pourcentage négatif de la vitesse du variateur maître.

D.3.1.3 Settling time

Settling time is the time required, following the initiation of a specified stimulus to a system, for a specified variable to enter and remain within a specified narrow band centered on its final value (see figures D.3, D.4).

NOTE – If the band is not specified, it should be assumed that it is the operating deviation band.

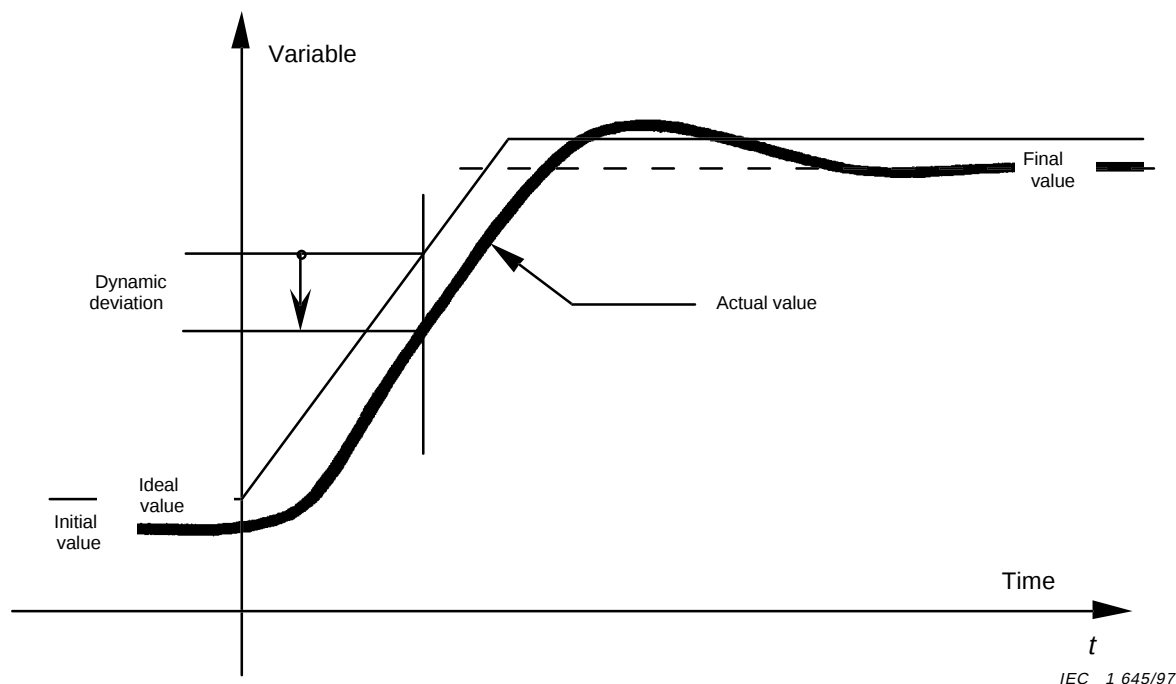


Figure D.5 – Time response following a reference change at specified rate

D.3.2 Performances of particular functions

Additional information may be requested about particular functions.

D.3.2.1 Speed ratio control

Speed ratio control is a control which operates two drives at a preset ratio of speeds. The adjustment range of a speed ratio control, when direct proportionality exists between the two drives as shown in figure D.6, is usually expressed as plus or minus percentage with respect to the master drive speed.

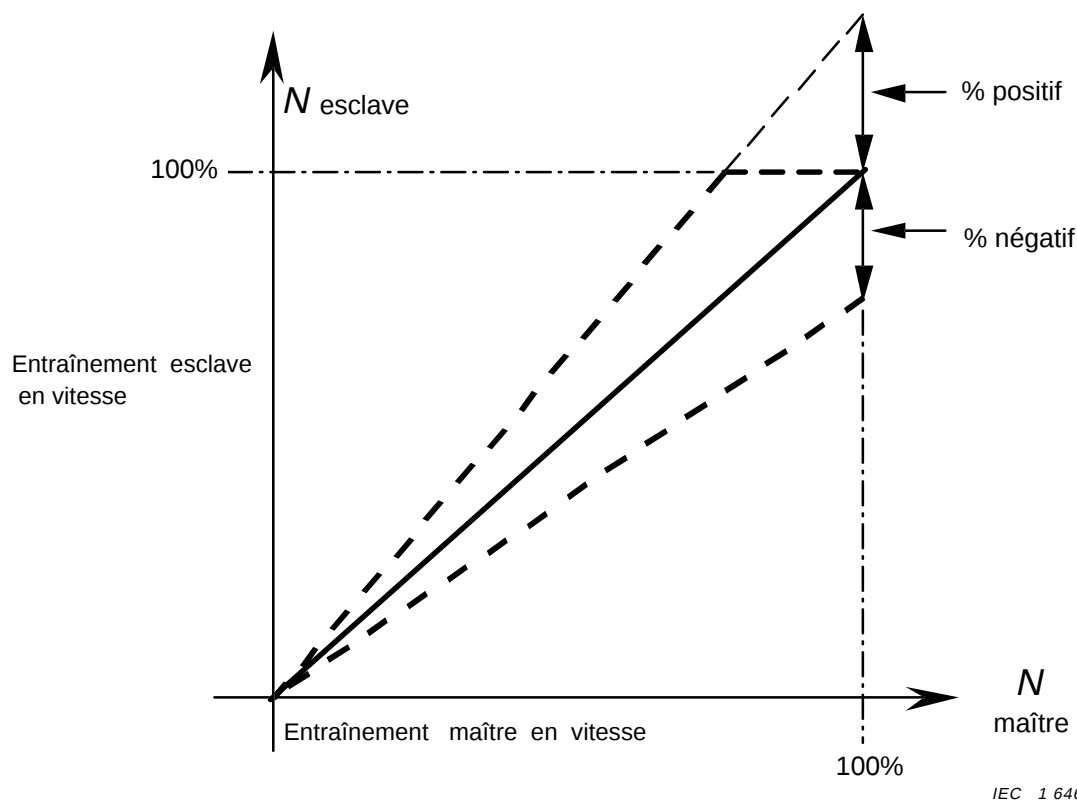


Figure D.6 – Entraînement maître-esclave en vitesse

D.3.2.2 Générateur de rampe de vitesse

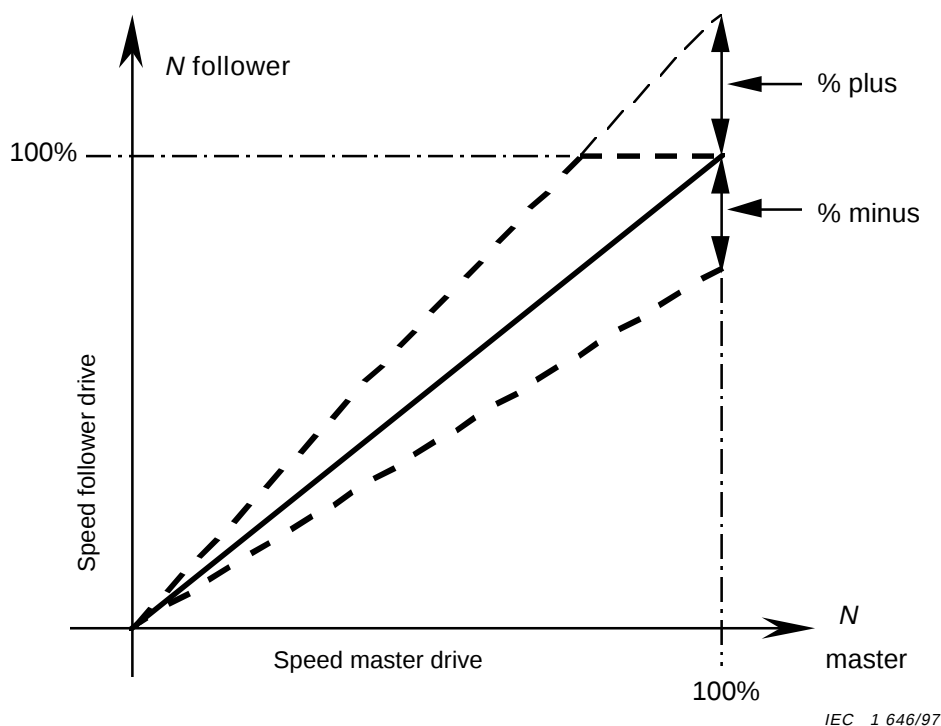
La performance du générateur de rampe, s'il est fourni, est définie par la plage d'accélération ou de décélération qui peut être affichée. De plus, il est souhaitable d'envisager la possibilité d'une décélération rapide en cas d'urgence peut s'avérer importante.

D.3.2.3 Limitation de courant – Limitation de couple

Les caractéristiques de la limitation de courant ou de couple sont définies par la plage de réglage de la valeur de limitation.

D.3.2.4 Durée d'inversion du courant d'induit (temps de bande morte)

Dans le cas de systèmes d'entraînement avec inversion du courant d'induit sans courant de circulation, il existe un intervalle de temps durant lequel le courant est nul. La méthode de mesure de la durée d'inversion est donnée à la figure D.7. Les conditions pour effectuer les mesures sont: vitesse nulle, flux nul, freinage de l'arbre du moteur, application du courant assigné et ordre d'inversion. La mesure est alors réalisée et enregistrée.



IEC 1 646/97

Figure D.6 – Master / Follower drive system

D.3.2.2 Speed ramp generator

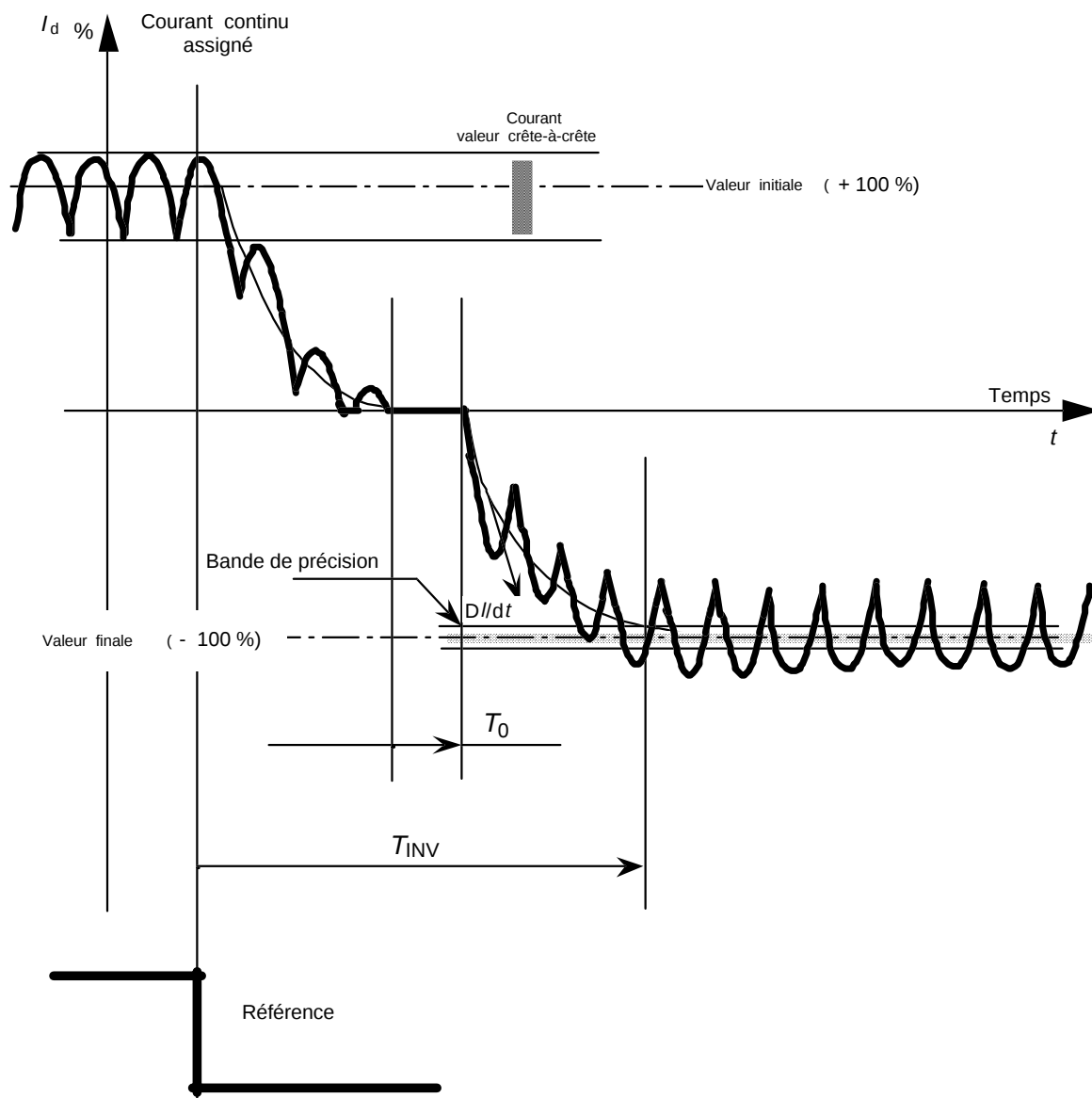
The performance of the ramp generator, if provided, is defined by the range of acceleration or deceleration rate that may be set. In addition, the application of fast deceleration for emergency stopping should be considered.

D.3.2.3 Current limiter – Torque limiter

The characteristics of the current/torque limiter are defined by the range in which the current limit may be set.

D.3.2.4 Armature current reversing time

For drives with armature current reversing without circulating current, there is an interval during current reversion in which the current is zero. In figure D.7 the method of measurement of reversing time is demonstrated. The test conditions are: speed is zero, no field is applied, motor shaft is locked, rated current step applied and reverse current demanded. Measurement is made and recorded.

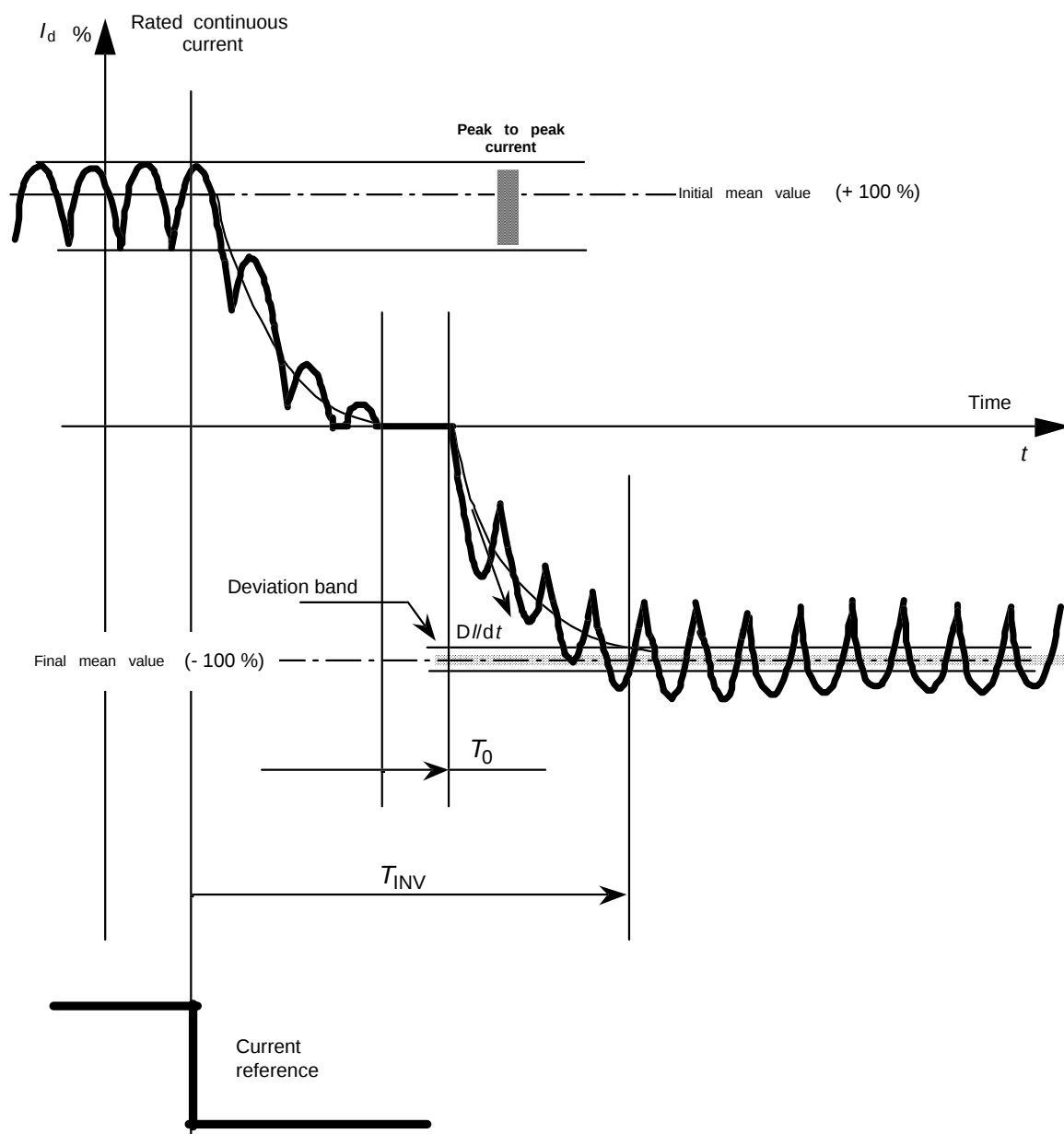


IEC 1 647/97

T_0 Temps d'inversion à courant nul (de bande morte).

T_{INV} Temps d'inversion: débute avec l'échelon de consigne et dure jusqu'à ce que la valeur moyenne du courant reste dans la fourchette de pression opérationnelle. La rapidité de variation du courant influence bien sûr le temps d'inversion.

Figure D.7 – Temps de bande morte



IEC 1 647/97

T_0 Zero current inversion time.

T_{INV} Inversion time: it starts with the initial step signal, and lasts until the mean value of the current remains in its operating deviation band. The rate of change of current influences, of course, the inversion time.

Figure D.7 – Zero current inversion time

D.4 Liste de paramètres de contrôle utiles

D.4.1 Paramètres de commande du CDM/BDM

Selon la figure D.2, les paramètres principaux du CDM/BDM sont

- le temps d'accélération avec vitesse en sens direct;
- le temps de décélération avec vitesse en sens direct;
- le temps d'accélération avec vitesse en sens inverse;
- le temps de décélération avec vitesse en sens inverse;
- le gain du régulateur de vitesse s'il existe;
- la constante de temps du régulateur de vitesse s'il existe;
- la limitation de la référence de courant en sens direct;
- la limitation de la référence de courant en sens inverse;
- les limitations de di/dt ;
- le gain du régulateur de courant;
- la constante de temps du régulateur de courant;
- les limitations de l'angle de retard à l'allumage (en mode redresseur et en mode onduleur);
- la limitation de la tension continue;
- le gain du régulateur de flux;
- la constante de temps du régulateur de flux, etc.

D.4.2 Paramètres du moteur

Les paramètres moteur sont

- la résistance d'induit;
- l'inductance d'induit;
- la résistance d'excitation;
- l'inductance d'excitation.

D.4.3 Paramètres mécaniques

Les paramètres mécaniques sont

- l'inertie (incluant la part du rotor du moteur);
- la souplesse;
- le jeu;
- les autres.

D.4.4 Paramètres du réseau (source)

Les paramètres du réseau sont

- le rapport de court-circuit (R_{SC});
- l'impédance harmonique;
- l'impédance de ligne (régime fondamental) ou courant nominal.

D.4 List of relevant control parameters

D.4.1 CDM/BDM control parameters

According to figure D.2, the basic CDM/BDM parameters are:

- acceleration time for direct speed reference;
- deceleration time for direct speed reference;
- acceleration time for reverse speed reference;
- deceleration time for reverse speed reference;
- gain of speed controller if any;
- constant time of speed controller if any;
- direct current reference limitation;
- reverse current reference limitation;
- di/dt limitations;
- gain of current controller;
- constant time of current controller;
- firing angle limitations (rectifying and regenerating);
- d.c. voltage limitation;
- gain of flux controller;
- constant time of flux controller, etc.

D.4.2 Motor parameters

Motor parameters include:

- armature resistance;
- armature inductance;
- field circuit resistance;
- field circuit inductance.

D.4.3 Mechanical parameters

Mechanical parameters include:

- inertia (including the part of the rotor of the motor);
- elasticity;
- backlash;
- others.

D.4.4 Supply parameters

Supply parameters include:

- R_{SC} short-circuit ratio;
- harmonic impedance;
- line impedance (fundamental) or continuous current capacity.

D.5 Structures

D.5.1 Structures fonctionnelles

Les variables impliquées dans l'entraînement sont la vitesse et le couple.

Nous explicitons ci-dessous les éléments de la figure D.8.

Le moteur est un convertisseur d'énergie (électrique à mécanique). Electromagnétiquement, il s'agit d'un générateur de couple qui peut être contrôlé électroniquement.

Le convertisseur est une unité d'électronique de puissance qui nécessite un système d'allumage (commande et interface). La combinaison des deux constitue le préactionneur (convertisseur commandé).

La commande de l'actionneur assure le contrôle de la production de couple; en utilisant le préactionneur, elle contrôle directement le comportement électromagnétique du moteur.

L'association du moteur, du préactionneur (convertisseur commandé) et de la commande de l'actionneur forme l'actionneur. La commande du système complet transmet références et ordres séquentiels à l'actionneur.

L'association de la commande du système, de l'actionneur et du matériel entraîné constitue l'installation, ou une partie de celle-ci.

D.5.2 Configurations matérielles

Les configurations matérielles, c'est-à-dire les limites des différents composants du système d'entraînement ne correspondent pas en fait aux définitions fonctionnelles.

La raison en est technologique. Différents fournisseurs peuvent être responsables de parties différentes en raison de leur expertise dans le domaine donné. Par exemple le matériel entraîné ne fait pas partie de l'entraînement.

On définit l'équipement variateur (CDM), qui est l'entraînement sans le moteur (et ses capteurs associés). Ainsi que signalé à l'article 2, à la figure 2 et à la figure D.8, l'équipement variateur (CDM) peut se décomposer en un variateur (BDM) et ses extensions. Ce variateur peut inclure ou non le régulateur de vitesse.

Les produits de type unitaire sont des équipements variateurs (CDM) ou des variateurs (BDM). L'ensemble relié au moteur constitue l'entraînement.

D.5.3 Conséquences importantes sur les performances de l'entraînement

Les performances spécifiques de l'équipement variateur (CDM) ou du variateur (BDM) ne concernent que le courant producteur de couple.

Les performances de vitesse dépendent de l'équipement variateur ou du variateur, du moteur et du matériel entraîné. Elles ne sont pas spécifiques à l'équipement variateur ou au variateur seul. En fait, des caractéristiques mécaniques telles que jeux et souplesse de torsion peuvent limiter les performances de l'entraînement, dans la mesure où elles limitent le temps de réponse du régulateur de vitesse.

D.5 Structures

D.5.1 Functional structures

Variables involved in a drive are speed and torque.

Reference is made to figure D.8.

The motor is an energy converter (electrical to mechanical). Electromagnetically, it is a torque producer which can be electronically controlled.

The converter is a power electronic unit which requires a firing system (converter control and gating interface). The combination of the converter and the converter control constitutes the controlled converter.

The actuator control achieves the command of torque production, controlling the electromagnetic behaviour of the motor through the controlled converter.

The combination of the motor, the controlled converter and the actuator control constitutes the actuator. The system control transmits the references, the command and the system sequencing to the actuator.

The combination of the system control, the actuator and the driven equipment constitutes the installation, or part of the installation.

D.5.2 Hardware structures

The hardware structures, specifically the limits of the different components of the drive system, do not correspond to the functional structure definitions.

This is technologically driven. Different suppliers may be responsible for various elements due to their specific technical expertise in that area. For example, driven equipment is not included in the drive system.

It is of use to define the complete drive module (CDM), which is the drive system, without the motor (and its associated sensors). As seen in clause 2, figure 2 and in figure D.8, the CDM can be divided into a basic drive module (BDM) and its extensions. This BDM may or may not include the speed controller.

Stand alone products are basic or complete drive modules (CDM or BDM). When connected to a motor, they become a drive system (PDS).

D.5.3 Important drive performances issues

The performance which is specific to the CDM/BDM only concerns the torque producing motor current.

Speed performance depends on the CDM/BDM, the motor, and the driven equipment. They are not specific to the CDM/BDM alone. In fact, some mechanical characteristics such as torsional elasticity and backlash can limit the performance of the drive system, because they limit the response time of the speed controller.

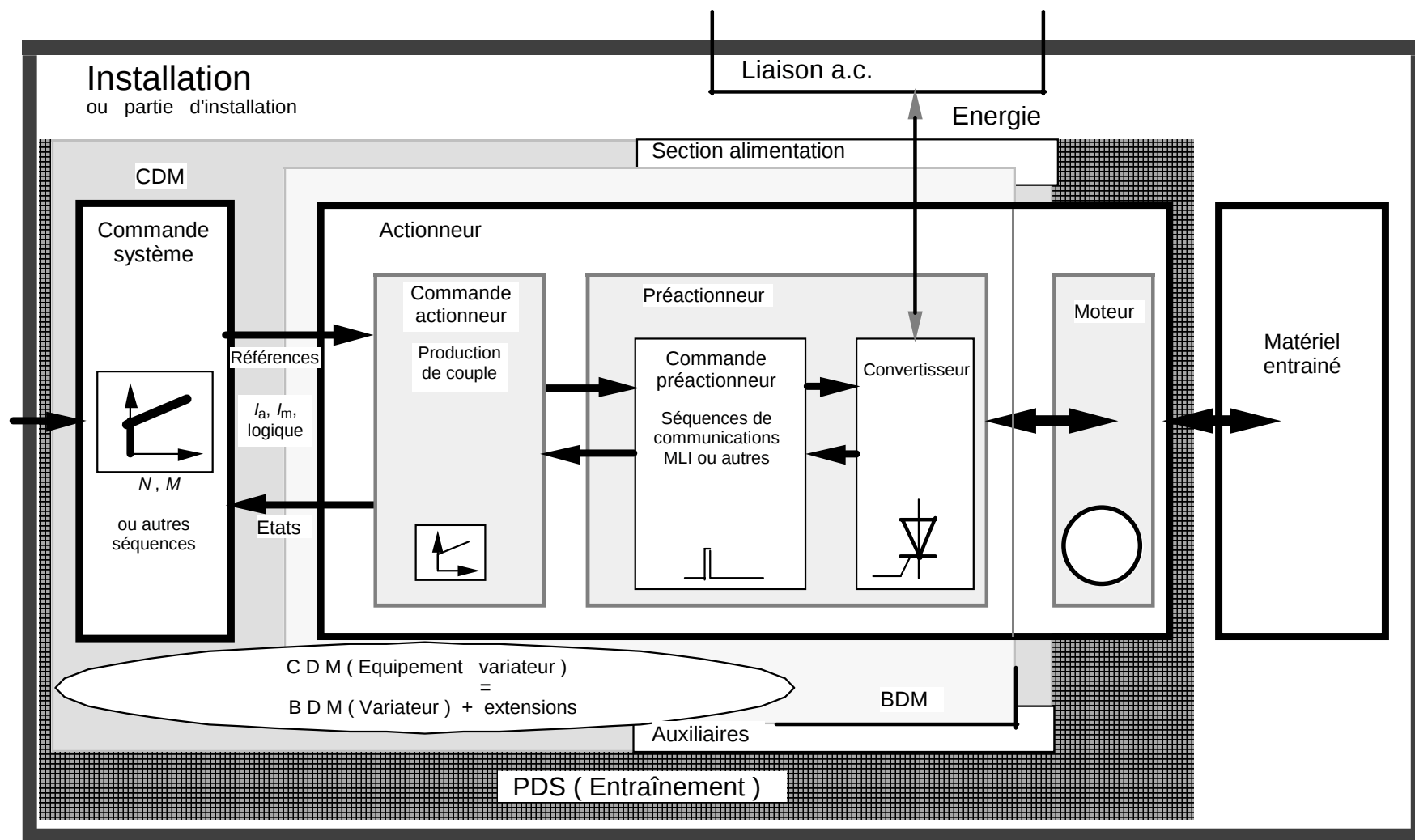


Figure D.8 – Structure d'un entraînement

IEC 1 648/97

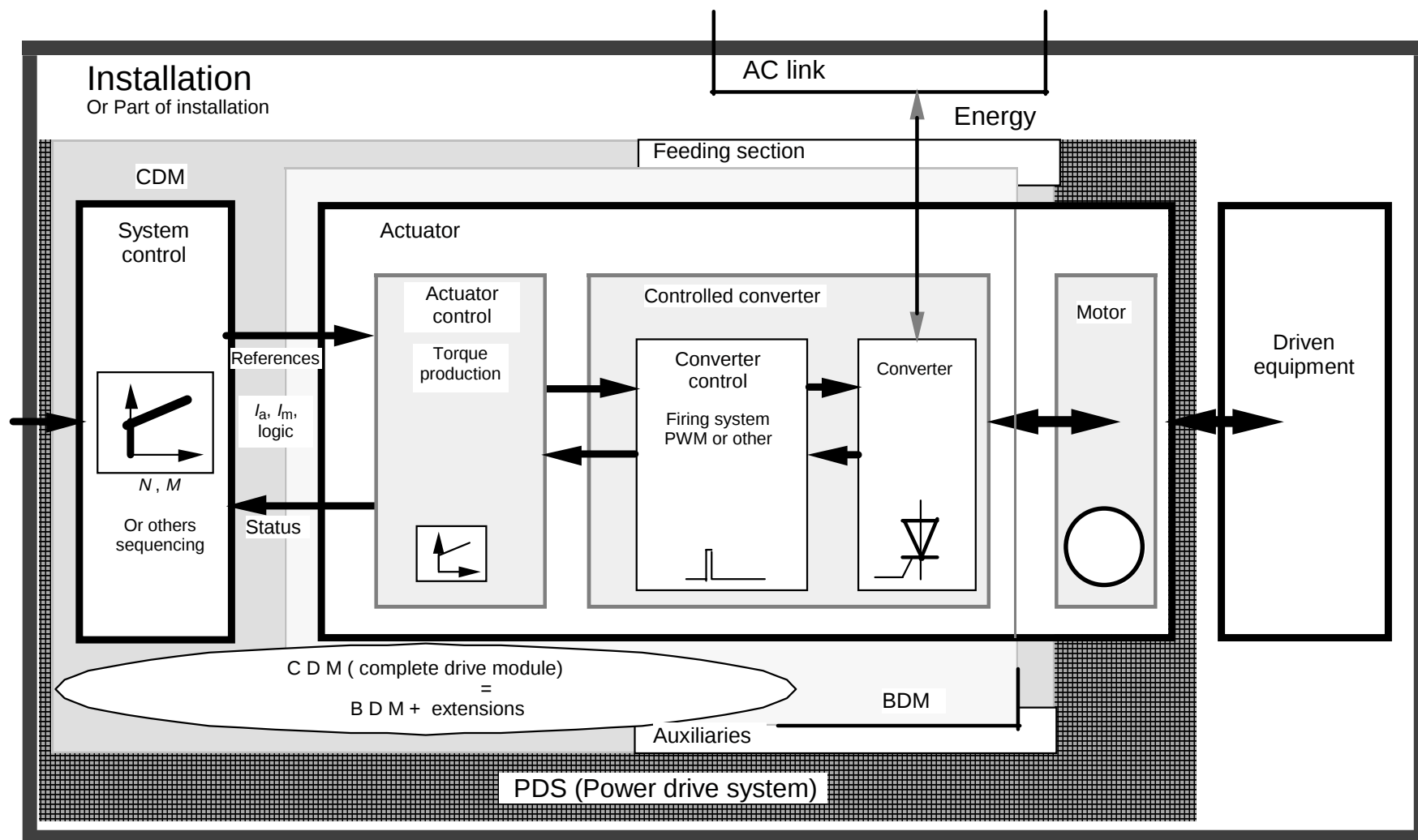


Figure D.8 – Structure of a drive system

IEC 1 648/97

D.5.3.1 Effets de la souplesse

L'accouplement d'un moteur à un matériel entraîné s'opère par un arbre et/ou un réducteur ou un multiplicateur. Il en résulte une fréquence naturelle de torsion (FNT) qui dépend de l'inertie des masses en rotation et de la souplesse de la transmission. Elle se formule comme suit:

$$FNT = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{K (J_M + J_D)}{J_M \cdot J_D} \right]^{1/2}$$

où

J_M est l'inertie du moteur;

J_D est l'inertie de la charge entraînée;

K est la raideur de la transmission (inverse de la souplesse).

Cette équation fait référence à un système à deux masses. (Un système à trois masses et plus présente deux FNT et plus). Dans beaucoup de cas, la FNT est très élevée.

Si l'on considère:

$$FNT \gg 10 / T_R$$

où T_R est le temps de réponse demandé au régulateur de vitesse, la réponse temporelle est relativement indépendante des paramètres électriques et mécaniques de l'entraînement. Il est lié aux caractéristiques de contrôle, et plus particulièrement à la qualité électrique et mécanique du capteur, ainsi qu'à la constante de temps principale et au coefficient d'amortissement du régulateur de vitesse.

L'erreur transitoire maximale de vitesse dépend de l'inertie du système et/ou de l'amplitude de l'échelon de charge appliqué.

Toutefois, dans certains cas, et plus particulièrement lorsque la raideur de l'arbre de transmission est faible (par exemple s'il est long), et que l'inertie du matériel entraîné est élevée, alors la FNT de l'entraînement peut être inférieure à $10 / T_R$.

Dans ce cas, et afin d'éviter les vibrations, le temps de réponse du régulateur de vitesse doit être réglé à une valeur supérieure qui dépend des valeurs des paramètres mécaniques (c'est à dire inerties, raideur de la transmission). Par conséquent, l'erreur transitoire maximale de vitesse est supérieure à celle obtenue dans un système où la FNT est naturellement supérieure à $10/T_R$, toutes choses égales par ailleurs (inertie et caractéristiques de la commande).

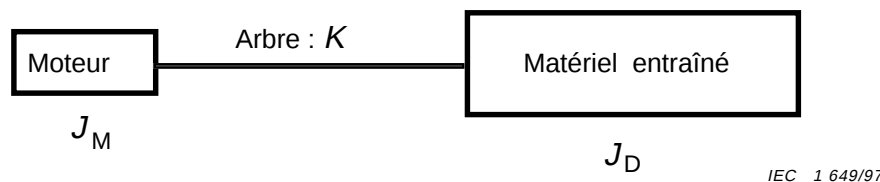


Figure D.9 – Diagramme mécanique

D.5.3.1 Effect of torsional elasticity

The connection of a motor to a driven equipment, by a shaft and/or gearing, generates a NTF (natural torsional frequency) depending on the mass inertia and the transmission elasticity as follows:

$$\text{NTF} = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{K (J_M + J_D)}{J_M \cdot J_D} \right]^{1/2}$$

where

J_M is the motor inertia;

J_D is the driven equipment inertia;

K is the transmission spring constant ($1/K$ = elasticity).

This equation refers to a two-mass system. (A system with three or more masses presents two or more NTFs). In many cases the NTF frequency is very high.

If we have:

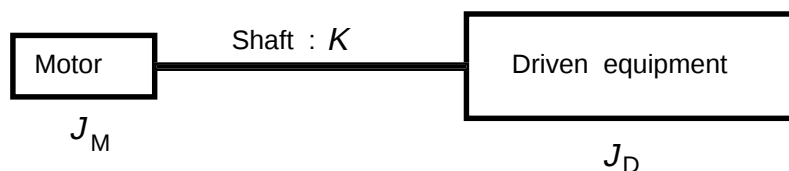
$$\text{NTF} \gg 10 / T_R$$

where T_R is the requested response time of the speed controller, the speed time response is relatively independent of the electrical and mechanical parameters of the drive. It is more related to the control characteristics, particularly to the mechanical and electrical quality of the sensor, and to the lead time constant and damping factor of the speed controller.

Also, the maximum speed transient deviation will depend on the inertia of the drive system and/or the magnitude of the step when a step load is applied.

In some cases, especially when the transmission shaft has a low value of spring constant (for example if it is long), and the inertia of the driven equipment is high, the NTF frequency of the drive can be less than $10 / T_R$.

In this case, to avoid vibration during operation, the speed controller response time is to be tuned to a higher value with respect to the NTF, depending upon the values of the mechanical parameters (i.e. mass inertia and spring constant of the transmission). As a consequence, for the same value of inertia and the same control characteristics, the maximum speed transient deviation for a step load change is higher for such a system than that experienced in a system where naturally $\text{NTF} > 10 / T_R$.



IEC 1 649/97

Figure D.9 – Mechanical diagram

T_r temps de réponse nécessaire du régulateur de vitesse

FNT fréquence naturelle de torsion

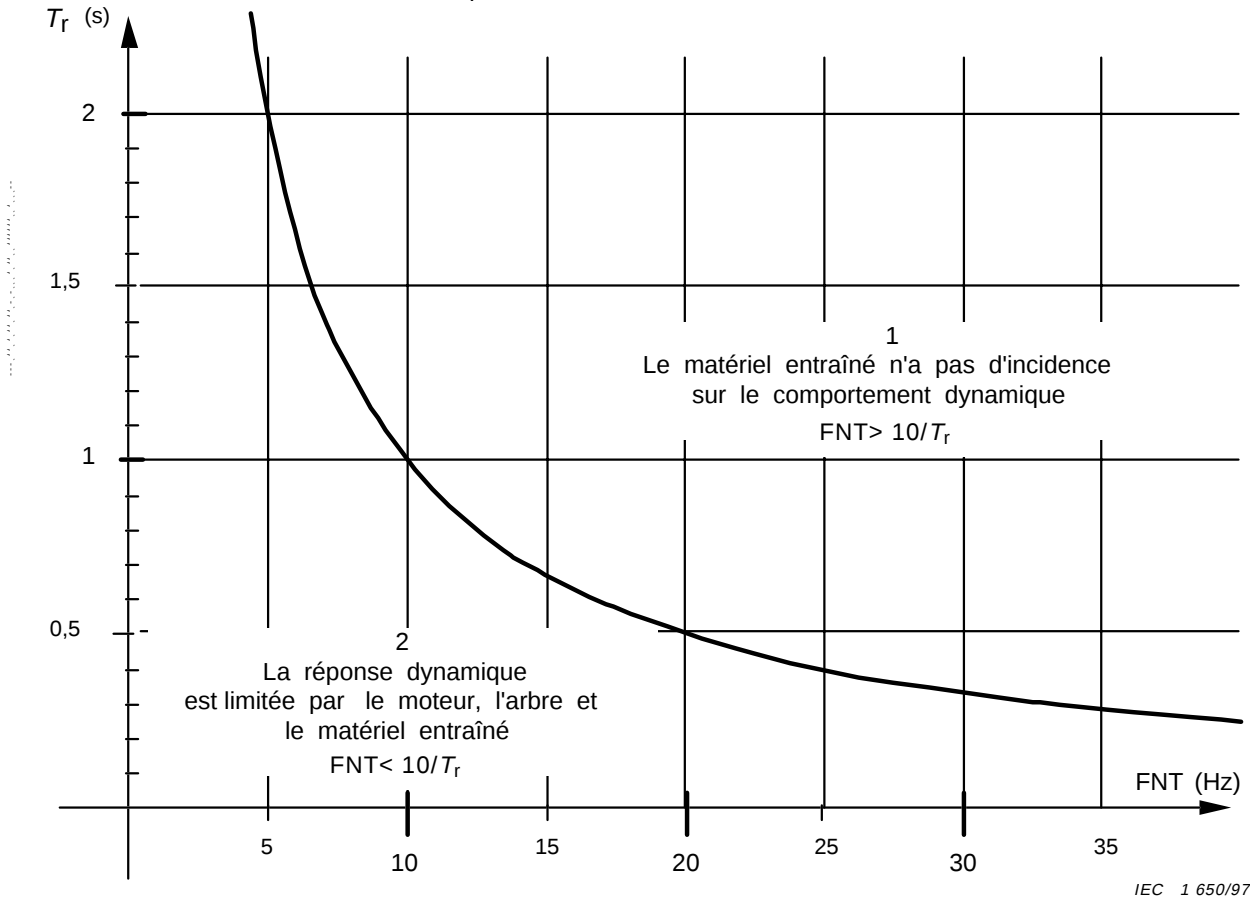


Figure D.10 – Critère de stabilité simple

D.5.3.2 Effets des jeux

Un jeu d'engrenage introduit une non-linéarité dans le système, lorsqu'il y a possibilité d'inversion du couple (c'est-à-dire réduction de la vitesse de référence, provoquant un ralentissement du système, alimenté par convertisseurs à quatre quadrants) (voir figure 3).

En fait, une inversion de couple active les jeux, découplant le moteur de la charge mécanique pendant un laps de temps réduit, et réduisant en conséquence l'inertie du système vu par l'entraînement. Ainsi, le régulateur de vitesse rattrape le jeu rapidement. A la reprise, le système peut être excité sur ses fréquences de vibration de torsion, plus ou moins amorties après quelques cycles (selon le facteur d'amortissement du système).

Cette vibration temporaire peut être réduite, mais pas toujours éliminée, au moyen d'une fonction spéciale de compensation de jeux.

Dans des procédés nécessitant une bonne performance dynamique élevée, il est donc nécessaire de minimiser les jeux.

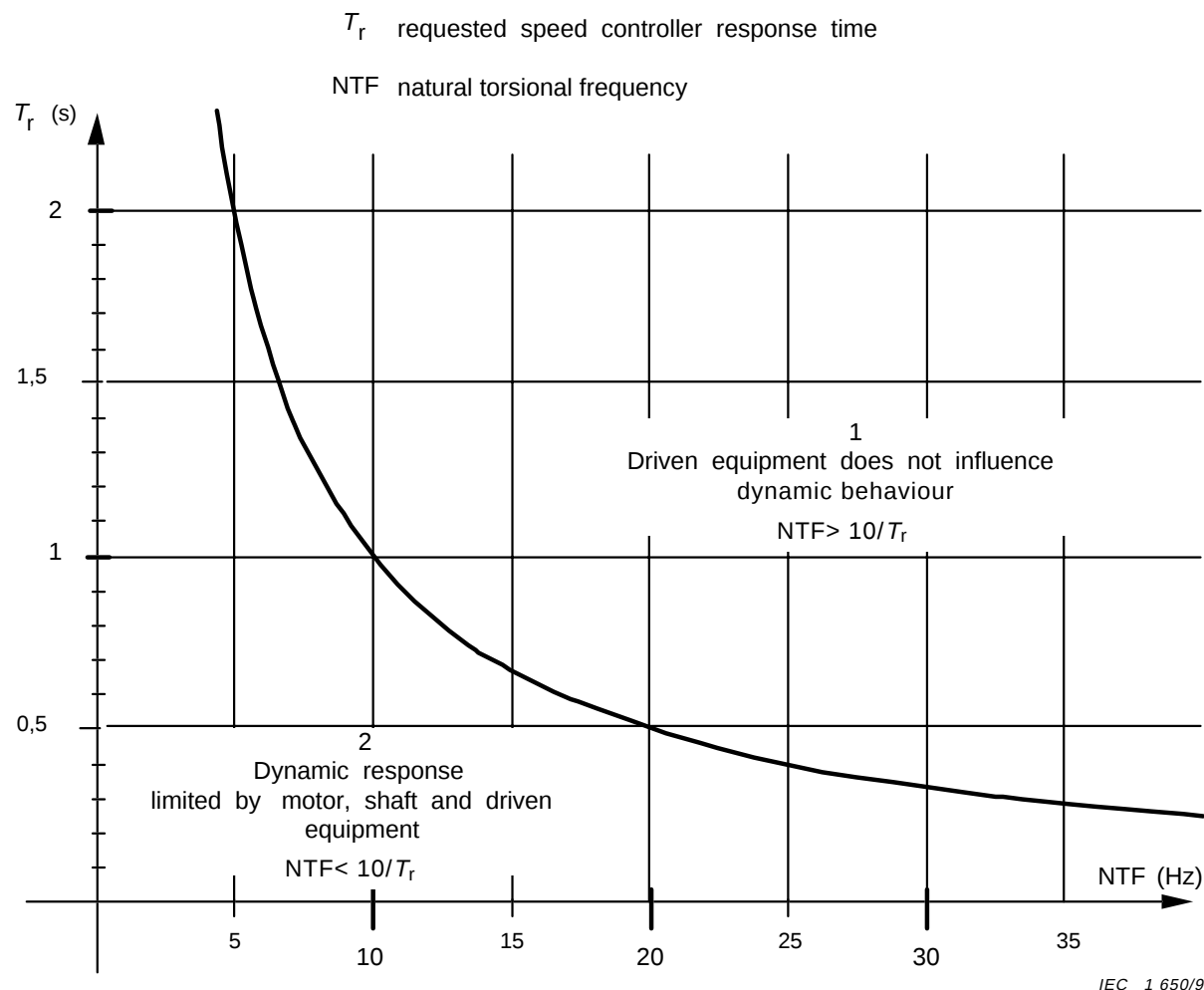


Figure D.10 – Simple stability criterion

D.5.3.2 Effects of the backlash

Gearing backlash introduces a non linearity into a drive system when there is the possibility of a torque reversal (for example a step reduction in the speed reference, demanding a slow down on a drive system, supplied by a four quadrant converter) (see figure 3).

A torque reversal opens the backlash causing, for a very short time, the disconnection of the motor from the driven equipment, and a resulting reduction of the system inertia. Thus the speed controller takes up the gear play (backlash) in a very short time. At this point the system can be shocked into torsional vibration, damped out after a number of cycles (depending upon the damping factor of the system).

This temporary vibration can be reduced, but not always eliminated, by a special backlash compensation function.

In processes requiring good dynamic drive performance, it is therefore necessary to minimize gear backlash.

Annexe E **(informative)**

Protection

E.1 Introduction

La présente annexe vise à aider l'utilisateur à comprendre comment protéger correctement le PDS/CDM/BDM. Ces techniques sont appliquées différemment mais peuvent faire l'objet d'une classification commune en fonction des phénomènes physiques. L'application dépend également de l'installation elle-même. La présente annexe ne donne qu'une information générale relative à la disponibilité de l'équipement.

E.2 Disponibilité de l'équipement

La disponibilité de l'équipement est définie par la continuité de service assurée par l'équipement. Les circuits de protection réagissent d'abord aux facteurs externes qui agissent sur l'entraînement.

E.2.1 Circuits de protection de l'équipement

Il convient que ces circuits protègent contre les défaillances et aussi contre les détériorations éventuelles de l'installation ou des composants. Le dépassement de certaines valeurs limites active entraîne l'action de ces protections. Les valeurs limites sont fixées en dessous des valeurs de destruction des composants.

E.2.2 Types d'alarmes et de défauts de l'équipement

Alarmes et défauts sont classés en quatre catégories en fonction de la gravité du défaut et de la rapidité nécessaire à la protection. Des exemples sont donnés à la figure E.1. Les quatre catégories suivantes peuvent être utilisées en fonction de l'application. Lorsqu'elles sont utilisées, elles sont définies de telle sorte que l'arrêt de l'équipement, afin d'éliminer le défaut, entraîne l'arrêt le plus court possible des matériels entraînés actionnant le procédé. De telles stratégies font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur. Les alarmes et défauts signalés peuvent être affichés individuellement sur le système de surveillance de l'équipement ou envoyés à un système de surveillance en salle de contrôle.

Différents messages peuvent être utilisés pour indiquer des conditions anormales de l'équipement.

a) Alarme

C'est un message qui indique une condition anormale qui ne nécessite pas d'action immédiate, (par exemple défaut d'isolement). L'alarme reste active jusqu'à une action d'effacement et ne disparaît que dès la cause en a été éliminée.

b) Défaut mineur 1

C'est un défaut typiquement lié à l'échauffement avec constante de temps longue. La production du procédé peut être arrêtée dans un délai raisonnable qui doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur en fonction du programme de production, par exemple arrêt de la production sans perte de produit).

Annex E (informative)

Protection

E.1 Introduction

This annex helps the user understand how to protect PDS/CDM/BDM properly. These techniques are applied differently but can have a common classification according to physical phenomena. The application will also depend on the installation itself. This annex gives only general information for availability of the equipment.

E.2 Equipment availability

Equipment availability refers to continuing performance of the equipment. These protection circuits react primarily to external factors which influence the drive system.

E.2.1 Equipment protection circuits

These protection circuits should prevent equipment failures and also damage to the plant or the components. Exceeding the limiting values will cause these protection circuits to come into operation. The limiting values are established below destruction thresholds for the components.

E.2.2 Types of equipment alarms and faults

Alarms and faults are classified into four categories according to how critical the fault is and how quickly protection action is required. Examples are given in figure E.1. The four categories can be used according to the application. When used, they are defined in such a way that stopping of the equipment to eliminate the fault will cause the least possible interruption of the driven equipment within the process. Such strategies have to be agreed between user and manufacturer. The indicated alarms and faults can be individually displayed in the equipment monitoring system or sent to the control room monitors.

The following categories of messages which may be used indicate abnormal conditions of the equipment.

a) Alarm

A message indicating abnormal condition, which does not require immediate action (e.g. earth fault). An alarm will stay effective until reset and disappears only after the cause has been eliminated.

b) Light fault 1

A fault typically related to temperature rise with long time constant. Production of the process can be stopped in a reasonable time, which has to be agreed upon between the user and manufacturer according to the production schedule, for example stop of production without loss of produced material.

c) Défaut mineur 2

La production est maintenue pendant un temps raisonnablement court qui fait l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le constructeur en fonction de la nature du procédé. Du produit peut être stocké avant déclenchement de l'équipement.

d) Défaut majeur

Le déclenchement est instantané et la production est interrompue immédiatement. Le produit dépendant du matériel entraîné et/ou du procédé peut être perdu et mis au rebut.

E.2.3 Liste des alarmes et défauts

Les messages ainsi que les valeurs de déclenchement doivent être proposés par le constructeur et peuvent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. La figure E.1 montre des exemples. Ces exemples illustrent les alarmes et défauts d'un CDM coordonnés à un système utilisant des entraînements de hautes performances. Des applications d'entraînement simple peuvent ne fournir que les fonctions alarme et déclenchement.

c) Light fault 2

Production is continued for a short, reasonable time to be agreed upon between user and manufacturer according to the process. Material can be stored before tripping of the equipment.

d) Heavy fault

The equipment is tripped directly and production is interrupted immediately. Material in the driven equipment and/or process may be lost as scrap.

E.2.3 Alarm and fault listing

Messages needed and setting values are proposed by the manufacturer and should be agreed upon between user and manufacturer. Examples are shown in figure E.1. These examples illustrate those associated with CDM applied in a co-ordinated drive system utilizing high performance drives. Simple drive applications may provide alarm and trip functions only.

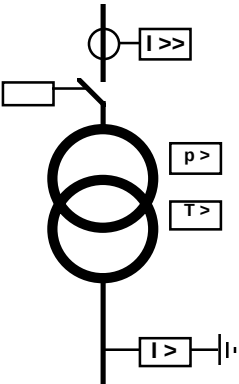
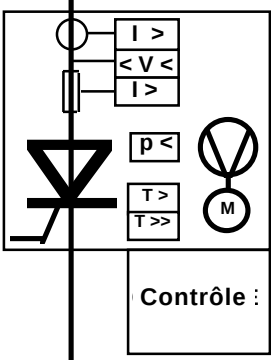
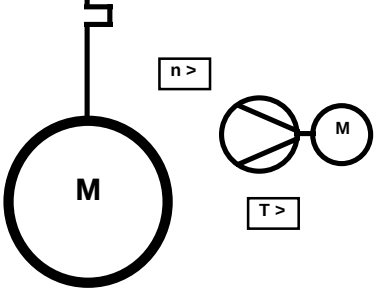
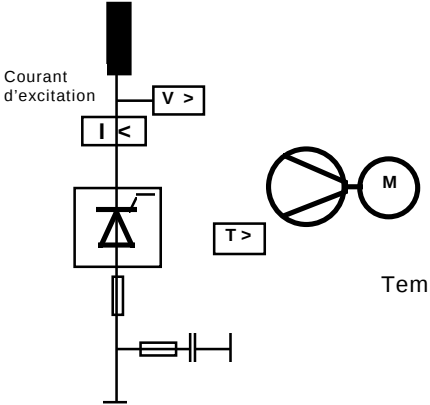
Message	Catégorie				
	Alarme	Défaut mineur 1	Défaut mineur 2	Défaut majeur	
 Court-circuit Dégagement gazeux Température excessive Défaut d'isolement (simple/double)				■	Circuits du CDM
 Surintensité Tension trop basse/trop haute (alternative/continue) Fusion fusibles Perte de phase Défaut ventilation Echauffement semiconducteur niveau 1 Echauffement semiconducteur niveau 2 Survitesse Perte du retour vitesse			■	■	
 Surcharge individuelle Survitesse Défaut ventilation Température d'enroulement excessive			■	■	Moteur
 Sur tension d'excitation Perte d'excitation Défaut ventilation Température excessive Température thyristors excessive Protection anti-surtension			■	■	Circuit d'excitation (s'il existe)

Figure E.1 – Classification des protections

IEC 1 651/97

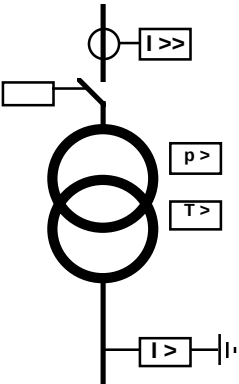
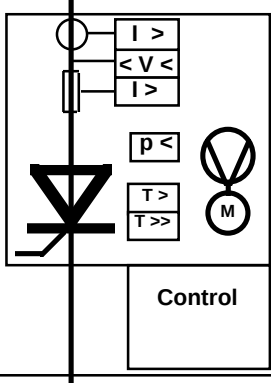
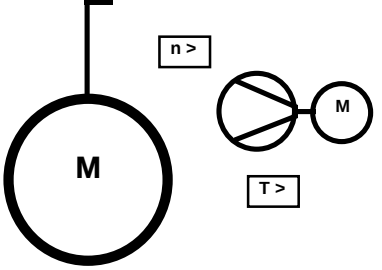
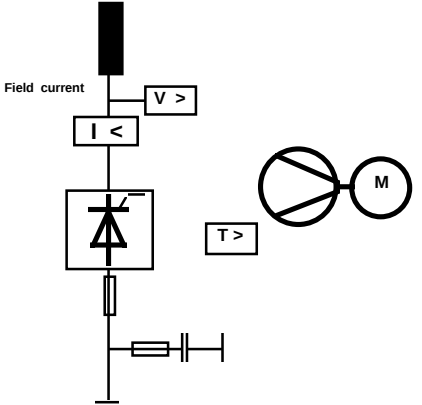
Message	Categories				
	Alarm	Light fault 1	Light fault 2	Heavy fault	
 Short - circuit Gas relay Overtemperature Earth fault (single / double)				■	CDM circuit
 Overcurrent Undervoltage/overvoltage (a.c./d.c.) Fuses trip Phase loss Fan loss Semiconductor overtemperature level 1 Semiconductor overtemperature level 2 Overspeed Loss of speed feedback			■	■	
 Individual overload Overspeed Fan loss Winding overtemperature		■	■	■	Motor
 Field overvoltage Field current loss Fan loss Thyristors overtemperature Fuses trip Overvoltage protection		■	■	■	Excitation circuit (if any)

Figure E.1 – Protection classification

IEC 1 651/97

E.3 Protection du système (fonctions et dispositifs)

L'objet de cet article est d'aider l'utilisateur dans l'examen des techniques et dans le choix des dispositifs nécessaires pour protéger correctement le système. Sans que la liste soit limitative, le système comprend:

- a) les lignes d'alimentation;
- b) les transformateurs d'isolement;
- c) les moteurs;
- d) les bancs de condensateurs de correction du facteur de puissance;
- e) les circuits de contrôle du système.

La protection de ces auxiliaires est assurée en respectant la coordination des dispositifs de coupure du courant, des impédances de circuit, des dispositifs anti-surtension, des relais et alarmes. Ces dispositifs sont mis en oeuvre pour éviter surtension, surintensité et conditions anormales d'échauffement qui pourraient être dangereuses.

Des capteurs mécaniques sont aussi fournis sur les moteurs, les transformateurs et autres équipements, lorsque cela est nécessaire afin de détecter survitesses, vibrations excessives, manques de lubrification, pertes de ventilation et autres conditions anormales de fonctionnement. Ils permettent le déclenchement du système avant toute détérioration mécanique.

E.4 Protection de l'entraînement

E.4.1 Protection comprise dans l'équipement variateur (CDM/) ou le variateur (BDM)

Les exigences exactes de protection de l'entraînement (voir figure E.1) dépendent de la fonction et de la configuration de l'équipement. Afin de protéger l'équipement de détériorations causées par des contraintes extérieures, il est recommandé d'utiliser les protections définies à la figure E.1.

Des protections contre des contraintes internes et externes à l'entraînement sont également prévues dans les systèmes de conception très complète. Cela inclut

- a) les fluctuations de la source de puissance:
 - tensions transitoires,
 - surtension ou sous-tension,
 - perte de phase, rotation de phase inverse,
 - alimentation déséquilibrée,
 - coupure de l'alimentation;
- b) surintensités:
 - courants de défaut,
 - courant à la terre (défaut d'isolement),
 - défauts internes,
 - surcharges;
- c) perte de ventilation;
- d) échauffement anormal de l'équipement;
- e) changement rapide de pression dans les réactances ou transformateurs à isolant liquide;

E.3 System protection (features and devices)

The purpose of this clause is to help the user consider techniques and select the necessary devices to properly protect the system. The system includes, but is not limited to:

- a) line feeders;
- b) line isolation transformers;
- c) motors;
- d) power factor correction capacitor banks;
- e) system control circuits.

Protection for these auxiliaries is provided through the co-ordination of current interruption devices, circuit impedance, surge arrestors, relays and alarm devices. These devices prevent dangerous overvoltage, overcurrent, and overtemperature conditions.

Mechanical sensors are also provided on motors, transformers and other equipments, when needed to detect overspeed, excessive vibration, loss of lubrication, loss of ventilation and other improper running conditions. They signal shutdown of the system before mechanical damage occurs.

E.4 Protection of the drive system

E.4.1 Protection included in the CDM/BDM

The exact requirements for the drive system protection (see figure E.1) will depend on the mission and configuration of the equipment. To protect the equipment from damage caused by other contingencies, protection is recommended according to figure E.1.

A well designed system also provides protection against contingencies, both internal and external to the drive system. These include:

- a) power source irregularities:
 - voltage transients,
 - under-/overvoltage,
 - phase loss, phase reversal,
 - phase unbalance,
 - outages;
- b) overcurrent conditions:
 - fault currents,
 - ground currents,
 - internal faults,
 - overloads;
- c) ventilation loss;
- d) overtemperature of equipment;
- e) sudden pressure change in liquid filled reactors and transformers;

- f) survitesse des moteurs;
- g) vibrations excessives des moteurs;
- h) perte de lubrification des moteurs.

NOTE – Il convient de tenir compte des courants transitoires à la terre dus aux capacités parasites entre la terre et le variateur et/ou sa charge.

E.4.2 Protection spécifique du moteur

Les moteurs ou parties de circuits d'alimentation des moteurs sont effectivement protégés par des appareils utilisant des relais capables de déconnecter le convertisseur. En plus des protections contre les surintensités et les surcharges, il est vivement recommandé de protéger les moteurs de puissance supérieure à 300 kW contre les températures excessives d'enroulement.

E.4.3 Protection spécifique du transformateur

La protection d'un transformateur d'isolement est typiquement assurée au moyen de relais. Une protection contre les surintensités au primaire est exigée. Les protections contre les défauts d'isolement et les courants différentiels sont usuellement fournies sur les unités de plus grande puissance. Le choix des relais de protection nécessite une attention particulière prenant en compte les courants harmoniques.

La protection contre les surtensions transitoires est typiquement assurée du côté primaire des transformateurs d'isolement. Une coordination correcte peut protéger l'entraînement dans son ensemble contre les surtensions transitoires de ligne d'origine atmosphérique ou contre les surtensions de manoeuvre.

E.5 Autres documents de référence

CEI 60204: *Équipement électrique des machines industrielles*

.....

- f) overspeed of motors;
- g) excessive vibration of motors;
- h) loss of motor lubrication.

NOTE – Transient earth currents should be taken into account due to load/system earth capacitance.

E.4.2 Specific motor protection

Motors and motor branch circuits are effectively protected by apparatus using relay devices which can disconnect the converter. Besides overcurrent and overload protection, it is highly recommended that winding overtemperature be used for motors over 300 kW.

E.4.3 Specific transformer protection

Isolation transformer protection is typically provided by relays. Overcurrent protection in the primary circuits is required. Ground fault and differential current protection are commonly provided on larger units. Care should be taken in selecting relays for this application, including consideration of harmonics.

Surge protection is typically provided on the primary side of isolation transformers. When properly co-ordinated, it can protect the entire drive system from line voltage surges caused by electrical storms and switchgear transients.

E.5 Other reference documents

IEC 60204: *Electrical equipment of industrial machines.*

Annexe F (informative)

Topologies

F.1 Caractéristiques du convertisseur (configurations)

F.1.1 Introduction

Les figures F.1 et F.2 proposent des classifications des caractéristiques des convertisseurs de puissance appropriées aux systèmes d'entraînement à courant continu.

F.1.2 Caractéristiques du convertisseur

La figure F.1 présente les principales configurations des convertisseurs commutés par le réseau.

La figure F.2 présente les configurations des convertisseurs autocommutés (hacheurs).

La figure F.3 explicite les symboles utilisés pour les convertisseurs commutés par le réseau.

La figure F.4 explicite les symboles utilisés pour les hacheurs.

F.2 Conséquences

Ainsi que mentionné en 5.4, le courant continu qui alimente le moteur comporte une ondulation qui dépend de la configuration du convertisseur. L'ondulation de courant a un effet direct sur la qualité de la commutation du moteur. Les essais décrits en 7.4.2.4 sont censés être faits avec le convertisseur défini pour l'entraînement concerné.

Il peut arriver que des essais du moteur soient réalisés dans les locaux du constructeur du moteur avec une alimentation dont l'ondulation est de classe A. De tels essais ne sont pas représentatifs du comportement final de la commutation du moteur. Dans de telles conditions, l'expérience montre qu'il faut obtenir une commutation noire (code 1 du tableau 10) à 1,5 fois la valeur du courant assigné. Ce résultat conduit généralement à une commutation correcte lorsque le moteur est alimenté avec un convertisseur dont l'ondulation est de classe C.

La commutation d'un moteur à courant continu dépend de nombreux paramètres, comme l'humidité de l'air. En début de fonctionnement, le moteur doit former sa patine. Plusieurs paramètres sont importants pour obtenir et maintenir cette patine dans un état correct. Ils concernent le collecteur:

- faux rond;
- rugosité des lames;
- découpe du mica interlames;
- état de surface des balais;
- calage de la couronne porte-balais;
- nature des balais ainsi que leur pression de travail.

Annex F **(informative)**

Topologies

F.1 Converter topologies (configurations)

F.1.1 Introduction

Figures F.1 and F.2 suggest classifications of power converter topologies appropriate to feed d.c. drive systems.

F.1.2 Converter topologies

Figure F.1 shows the main configurations for line-commutated converters.

Figure F.2 shows the self-commutated converter (choppers) configurations.

Figure F.3 explains the symbols used for line-commutated converters.

Figure F.4 explains the symbols used for choppers.

F.2 Consequences

As mentioned in 5.4, there is a d.c. ripple current feeding the motor which is dependent on the topology of the converter. The ripple current has a direct effect on the commutation quality of the motor. Tests described in 7.4.2.4 are intended to be made with the defined converter of the drive.

It is possible that motor tests are made in the motor manufacturer's premises with converter ripple in class A. These tests are not representative of the final commutation behaviour of the motor. In such a case experience recommends that a black commutation be obtained (code 1 according to table 10) at 1,5 times the rated current. Such a result generally provides proper operation with class C ripple converters.

Commutation of a d.c. motor depends on many parameters, including air humidity. During the prime time of running, the motor has to develop a correct patina. Several parameters are important for successfully obtaining and maintaining this "patina" on the commutator:

- the commutator surface runout;
- the roughness of the copper surface;
- improper undercutting of the mica;
- the brush finish;
- the brush rocker position;
- the brush grade and tension.

L'expérience montre que des valeurs correctes sont:

- faux rond <20 µm pour des tailles de moteur inférieures ou égales à 250 mm de hauteur d'axe;
- faux rond <30 µm pour des moteurs plus gros;
- rugosité 0,9 µm < R_a < 1,8 µm pour les moteurs industriels (quelques kW à quelques centaines de kW)
- 0,5 µm < R_a < 1,0 µm pour les petits moteurs (< 1 kW) avec une densité de pics suffisante.

R_a est la rugosité moyenne: moyenne arithmétique de toutes les valeurs (y) du profil de rugosité sur la longueur d'évaluation (l):

$$R_a = \frac{\sum_0^l |y| \cdot \Delta x}{l} \quad \text{avec} \quad \frac{\sum_0^l y \cdot \Delta x}{l} = 0$$

Experience has shown that proper values are:

- commutator surface runout <20 µm for motor size less than or equal to 250 mm axis height;
- commutator surface runout <30 µm for larger motors;
- roughness for industrial motors $0,9 \mu\text{m} < R_a < 1,8 \mu\text{m}$ (from a few kW to hundreds of kW)
- roughness for small motors $0,5 \mu\text{m} < R_a < 1,0 \mu\text{m}$ (< 1 kW), with sufficient density of peaks.

R_a is the mean value of roughness: the arithmetic mean value of all values (y) of the roughness profile on the evaluation length (l).

$$R_a = \frac{\sum_0^l |y| \cdot \Delta x}{l}$$

with

$$\frac{\sum_0^l y \cdot \Delta x}{l} = 0$$

Transformateur exemples de configuration	Convertisseur	Moteur	Ondulation		
			indice de pulsations	symbole de classe	
			-	A	
 D d o y 11 (exemple)			12	B	
 D d o y 11 (exemple)			12	B	
 D y 11 (exemple)			6	C	
 D y 11 (exemple)			3	D	
 Dyn 11 (exemple)			3	E	
 Dyn 11 (exemple)			2	K	
 Dyn 11 (exemple)			2	L	

NOTE – Le constructeur du moteur doit indiquer si une inductance doit être ajoutée dans le circuit d'induit.

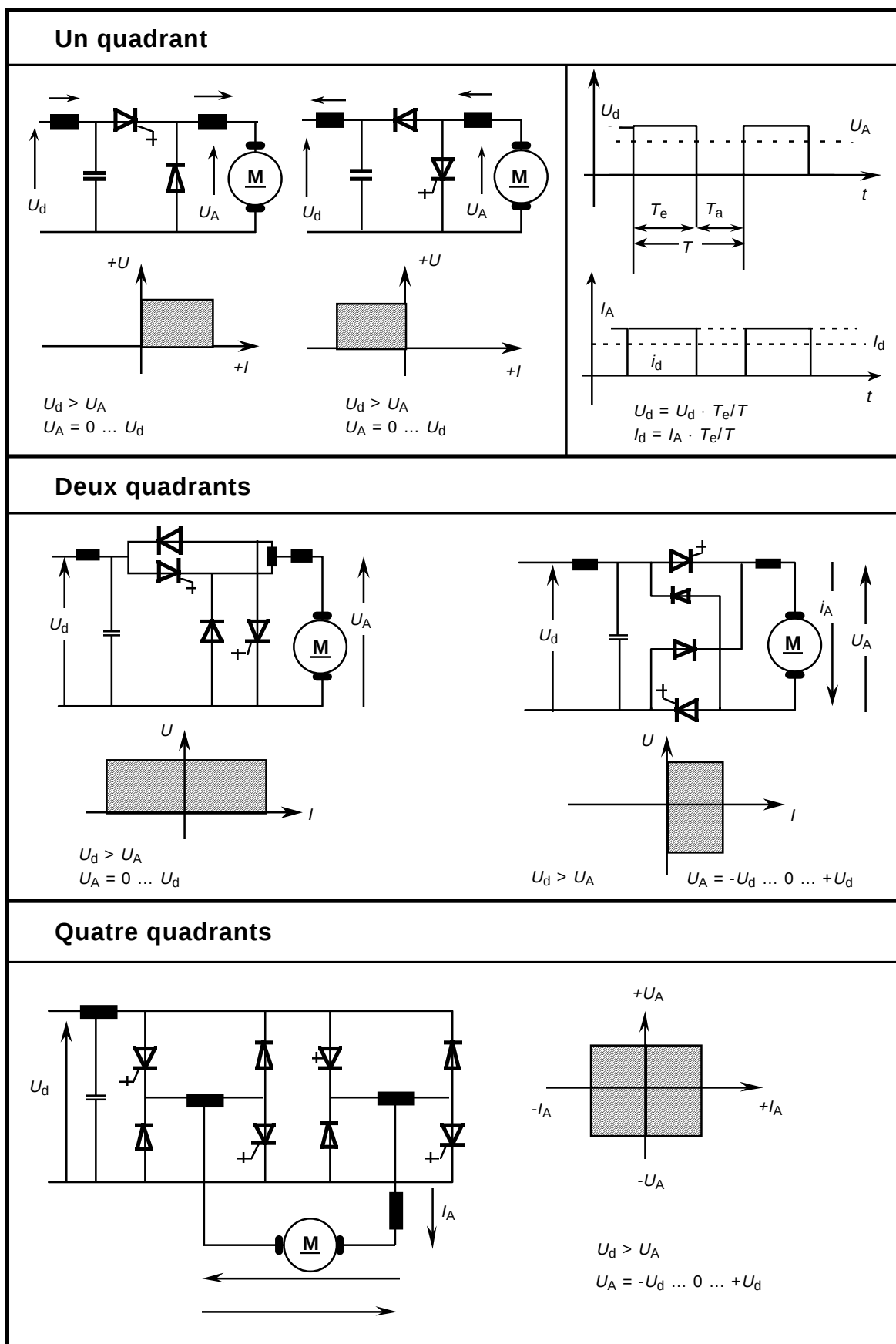
Figure F.1 – Principales configurations pour convertisseurs à commutation assistée par le réseau

Transformer configurations examples	Converter	Motor	Ripple information		
			number of pulses	NEMA symbol	
			-	A	
D d o y 11 (as ex.)			12	B	
D d o y 11 (as ex.)			12	B	
D y 11 (as ex.)			6	C	
D y 11 (as ex.)			3	D	
D y n 11 (as ex.)			3	E	
D y 11 (as ex.)			2	K	
D y 11 (as ex.)			2	L	

NOTE – If additional armature reactor is needed it shall be notified by the manufacturer.

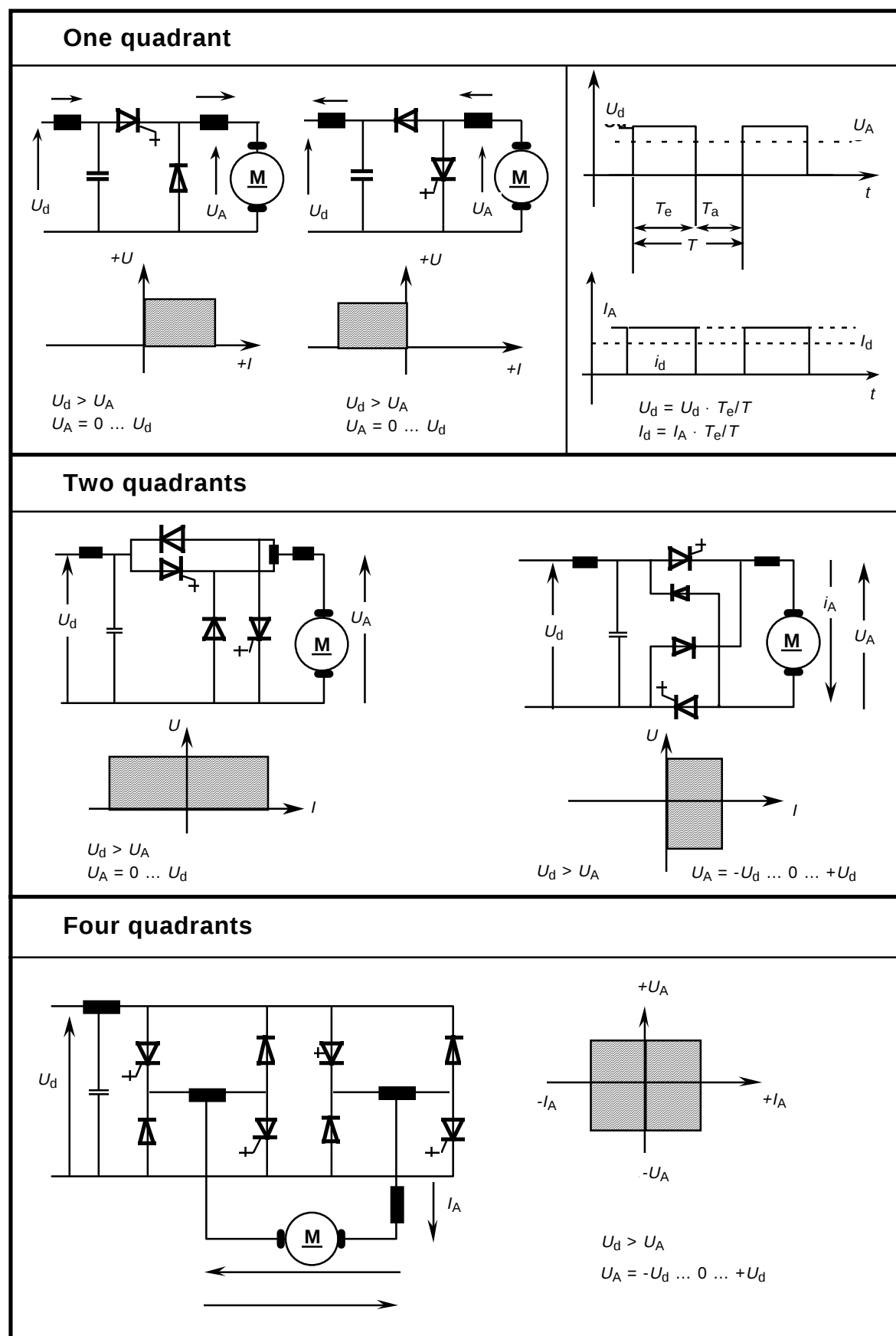
IEC 1 652/97

Figure F.1 – Main configurations for line-commutated converters



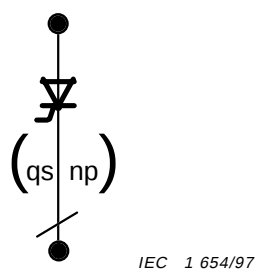
IEC 1 653/97

Figure F.2 – Convertisseurs à commutation forcée (hacheurs)



IEC 1 653/97

Figure F.2 – Self-commutated converters (choppers)



NOTE – Le schéma unifilaire utilisé ici est le schéma d'un convertisseur polyphasé dans lequel les liaisons polyphasées sont représentées par leur équivalent monophasé.

Figure F.3a – Représentation d'une valve, avec q thyristors en série (= une branche), p branches en parallèle (= une valve), et tous les composants de protection nécessaires.

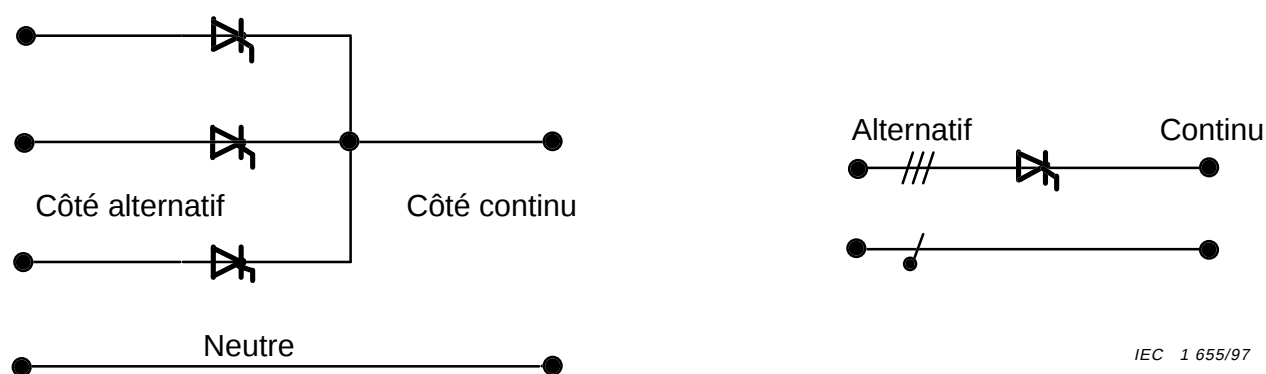


Figure F.3b – Exemple d'un convertisseur triphasé

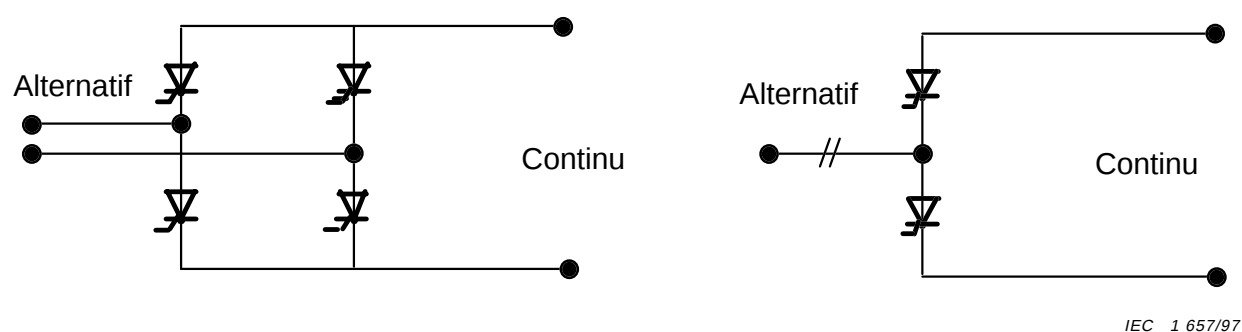
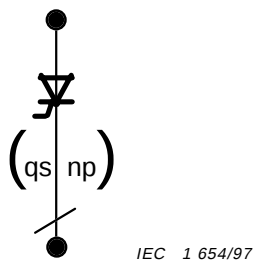


Figure F.3c – Exemple d'un pont de Graëtz monophasé

Figure F.3 – Symboles utilisés pour les convertisseurs



NOTE – A polyphase converter is figured here by a single-line diagram, in which the polyphase links are represented by their equivalent single line.

**Figure F.3a – Diagram of a valve with q thyristors in series
(= a branch), p branches in parallel (= a valve with all necessary protective devices)**

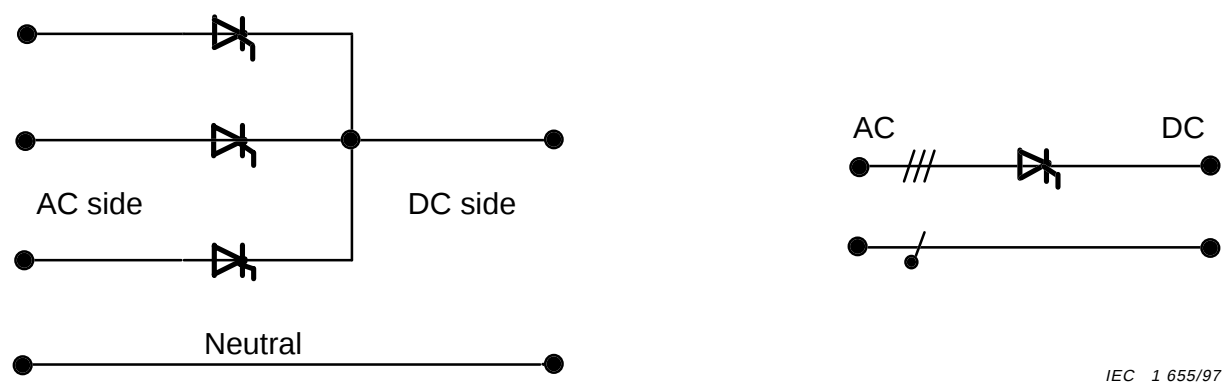


Figure F.3b – Example of a three-phase converter

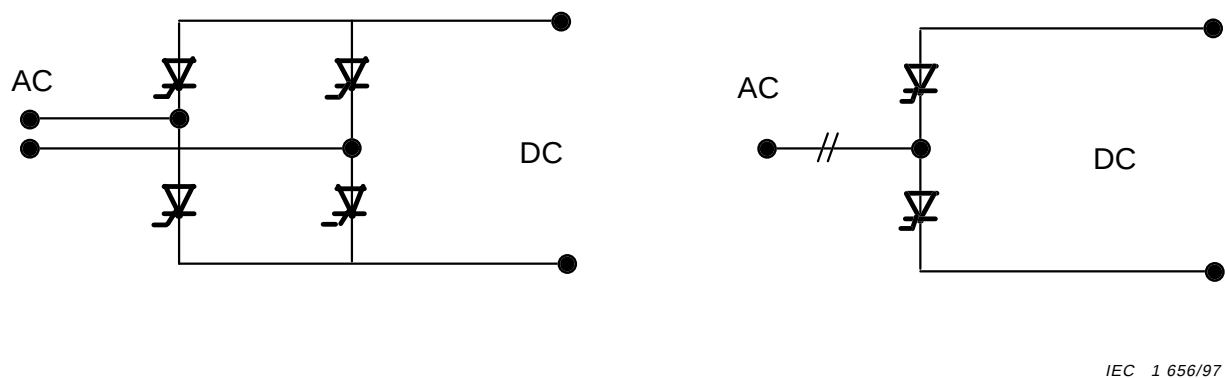
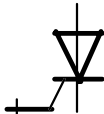
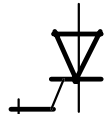
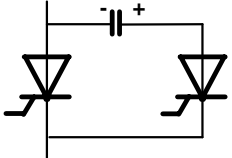
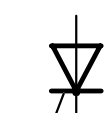
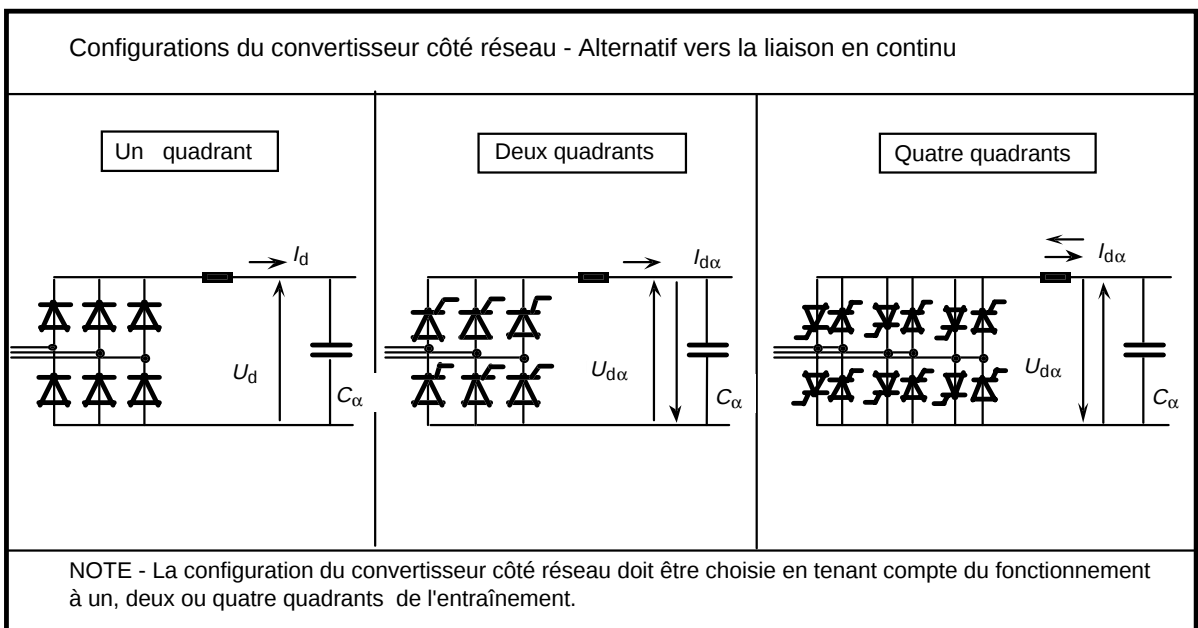


Figure F.3c – Example of a single-phase Graetz bridge

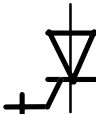
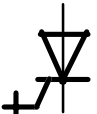
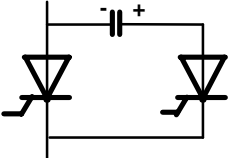
Figure F.3 – Symbols for converters

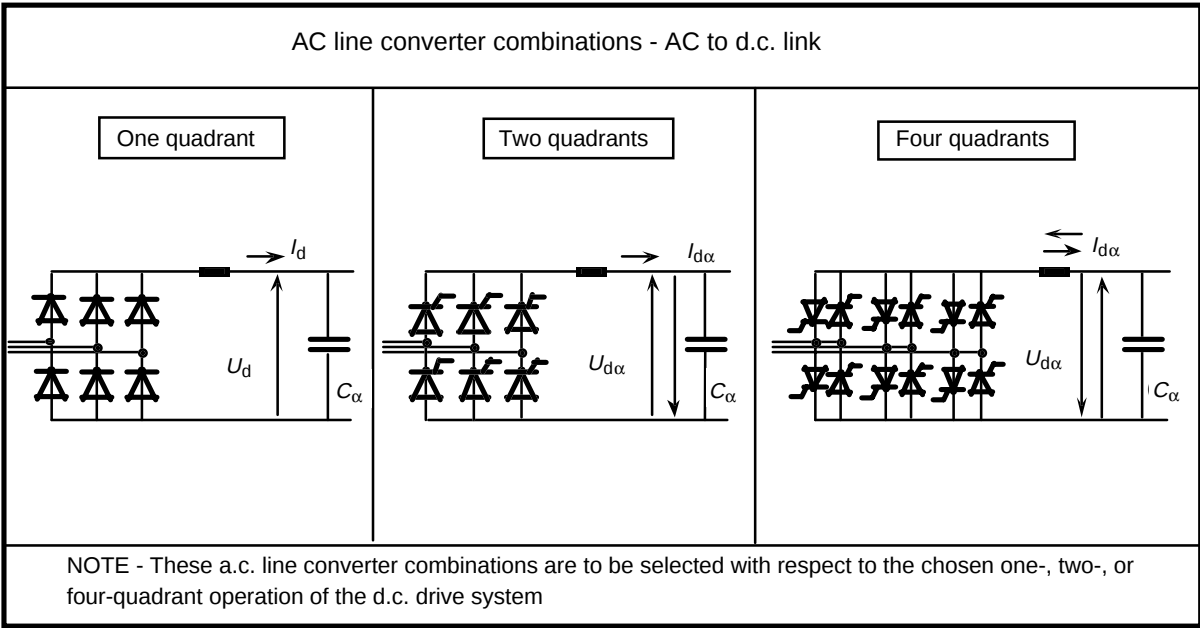
	Diode	Thyristor	Thyristor (autocommuté)	Transistor	GTO
Symbole de l'interrupteur					
Symbole de la valve					
NOTE - Les symboles de l'interrupteur peuvent être interchangeés entre thyristor autocommuté et transistor ou thyristor GTO, en conservant la même fonction.					



IEC 1 658/97

Figure F.4 – Symboles utilisés pour les hacheurs

	Diode	Thyristor	Thyristor (self-commutated)	Transistor	GTO
Symbol of the switch					
Symbol of the valve					
NOTE - The symbols of the switch may be changed from the self-commutated thyristor to a transistor or a gate-turn-off thyristor without changing the function.					



IEC 1 658/97

Figure F.4 – Symbols for choppers

Annexe G **(Informative)**

Caractéristiques de surveillance

G.1 Généralités

La surveillance de l'entraînement complet est divisée en deux parties:

- surveillance de l'état de l'équipement (CDM);
- surveillance de l'état du moteur.

De plus, il y a également deux manières d'assurer la surveillance, qui peuvent conduire à deux stratégies différentes:

- surveillance d'un entraînement seul;
- surveillance d'un entraînement intégré dans un système automatique.

Le système de surveillance du CDM donne normalement des informations détaillées, concernant les défauts et états, sur un panneau de contrôle local (inclus dans le CDM ou BDM), soit au moyen de diodes électroluminescentes soit au moyen de codes alphanumériques sur un écran à diodes électroluminescentes ou à cristaux liquides, ou sur un terminal (mini-console ou ordinateur personnel).

G.2 Technologie

Les systèmes à contrôle analogiques sont munis d'un dispositif de surveillance moins sophistiqué utilisant des diodes électroluminescentes pour signaler les états et défauts. Les visualisations peuvent être fournies (en local ou à distance) pour assurer les fonctions suivantes, non limitatives:

- vitesse maximale de sécurité;
- vitesse maximale;
- limitation de courant;
- mesure du courant;
- mesure de la vitesse;
- autres conditions de limitation;
- défauts.

Les systèmes utilisant des contrôles à microprocesseurs présentent normalement une quantité d'informations (états, alarmes, défauts) au moyen de codes numériques ou en langage clair. Ces systèmes permettent le contrôle au moyen d'un simple clavier et d'une visualisation. La visualisation peut fournir les indications selon la liste suivante, non limitative:

- modification de paramètres (tels que gain des régulateurs, accélération, décélération);
- surveillance des variables d'asservissement de contrôle (telles que vitesse, tension, courant pour les mesures ou références);
- historique des variables, etc.

Ces systèmes peuvent offrir la possibilité de communications sophistiquées au moyen de liaisons séries ou parallèles en connexion point par point ou bus.

Annex G (informative)

Monitoring features

G.1 General

Monitoring of the complete drive system is divided into two parts:

- monitoring of CDM status;
- monitoring of motor status.

In addition, there are two ways of monitoring, which can lead to two different strategies:

- monitoring for a stand alone drive system;
- monitoring for a drive system integrated in an overall automation system.

The monitoring system of the CDM normally gives more detailed information about failure and status on a local control panel (included in the CDM or BDM), either by LED, or alphanumeric code on LED or LCD or terminal (hand held programmer, personal computer).

G.2 Technology

Systems based on analogue circuit design have normally a less sophisticated monitoring system using LED for status and faults. Some displays may be provided (local and/or remote) for, but are not limited to, the following:

- maximum safe speed;
- maximum speed;
- current limit;
- actual load current;
- actual speed;
- other limited conditions;
- faults.

Systems based on microprocessor design normally present a great deal of information (status, alarms, fault) via numeric codes or clear language. These systems allow control to be carried out from a simple keyboard and display. Display may provide for, and is not limited to:

- parameter modifications (such as gain of controllers, acceleration, deceleration, etc.);
- monitoring of control variables (such as speed, voltage, current actual values or references);
- historical record of variables, etc.

These systems may offer the possibility of sophisticated communications by means of serial or parallel link(s) in point-to-point connection or multidrop bus.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS



Standards Survey

We at the IEC want to know how our standards are used once they are published.

The answers to this survey will help us to improve IEC standards and standard related information to meet your future needs

Would you please take a minute to answer the survey on the other side and mail or fax to:

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

Case postale 131

1211 Geneva 20

Switzerland

or

Fax to: CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

Case postale 131

1211 GENEVA 20

Switzerland

1.
No. of IEC standard:
.....

2.
Tell us why you have the standard.
(check as many as apply). I am:

☐ the buyer

☐ the user

☐ a librarian

☐ a researcher

☐ an engineer

☐ a safety expert

☐ involved in testing

☐ with a government agency

☐ in industry

☐ other.....

3.
This standard was purchased from?
.....

4.
This standard will be used
(check as many as apply):

☐ for reference

☐ in a standards library

☐ to develop a new product

☐ to write specifications

☐ to use in a tender

☐ for educational purposes

☐ for a lawsuit

☐ for quality assessment

☐ for certification

☐ for general information

☐ for design purposes

☐ for testing

☐ other.....

5.
This standard will be used in conjunction
with (check as many as apply):

☐ IEC

☐ ISO

☐ corporate

☐ other (published by.....)

☐ other (published by.....)

☐ other (published by.....)

6.
This standard meets my needs
(check one)

☐ not at all

☐ almost

☐ fairly well

☐ exactly

7.
Please rate the standard in the following
areas as (1) bad, (2) below average,
(3) average, (4) above average,
(5) exceptional, (0) not applicable:

☐ clearly written

☐ logically arranged

☐ information given by tables

☐ illustrations

☐ technical information

8.
I would like to know how I can legally
reproduce this standard for:

☐ internal use

☐ sales information

☐ product demonstration

☐ other.....

9.
In what medium of standard does your
organization maintain most of its
standards (check one):

☐ paper

☐ microfilm/microfiche

☐ mag tapes

☐ CD-ROM

☐ floppy disk

☐ on line

9A.
If your organization currently maintains
part or all of its standards collection in
electronic media, please indicate the
format(s):

☐ raster image

☐ full text

10.
In what medium does your organization
intend to maintain its standards collection
in the future (check all that apply):

☐ paper

☐ microfilm/microfiche

☐ mag tape

☐ CD-ROM

☐ floppy disk

☐ on line

10A.
For electronic media which format will be
chosen (check one)

☐ raster image

☐ full text

11.
My organization is in the following sector
(e.g. engineering, manufacturing)
.....

12.
Does your organization have a standards
library:

☐ yes

☐ no

13.
If you said yes to 12 then how many
volumes:
.....

14.
Which standards organizations
published the standards in your
library (e.g. ISO, DIN, ANSI, BSI,
etc.):
.....

15.
My organization supports the
standards-making process (check as
many as apply):

☐ buying standards

☐ using standards

☐ membership in standards
organization

☐ serving on standards
development committee

☐ other.....

16.
My organization uses (check one)

☐ French text only

☐ English text only

☐ Both English/French text

17.
Other comments:
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

18.
Please give us information about you
and your company

name:

job title:.....

company:

address:.....
.....
.....
.....

No. employees at your location:.....

turnover/sales:.....



Enquête sur les normes

La CEI se préoccupe de savoir comment ses normes sont accueillies et utilisées.

Les réponses que nous procurera cette enquête nous aideront tout à la fois à améliorer nos normes et les informations qui les concernent afin de toujours mieux répondre à votre attente.

Nous aimerions que vous nous consacriez une petite minute pour remplir le questionnaire joint que nous vous invitons à retourner au:

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

Case postale 131

1211 Genève 20

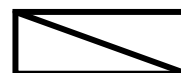
Suisse

Télécopie: IEC/CSC +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

Case postale 131

1211 GENÈVE 20

Suisse

1.
Numéro de la Norme CEI:
.....

2.
Pourquoi possédez-vous cette norme?
(plusieurs réponses possibles). Je suis:

☐ l'acheteur
☐ l'utilisateur
☐ bibliothécaire
☐ chercheur
☐ ingénieur
☐ expert en sécurité
☐ chargé d'effectuer des essais
☐ fonctionnaire d'Etat
☐ dans l'industrie
☐ autres

3.
Où avez-vous acheté cette norme?
.....

4.
Comment cette norme sera-t-elle utilisée?
(plusieurs réponses possibles)

☐ comme référence
☐ dans une bibliothèque de normes
☐ pour développer un produit nouveau
☐ pour rédiger des spécifications
☐ pour utilisation dans une soumission
☐ à des fins éducatives
☐ pour un procès
☐ pour une évaluation de la qualité
☐ pour la certification
☐ à titre d'information générale
☐ pour une étude de conception
☐ pour effectuer des essais
☐ autres

5.
Cette norme est-elle appelée à être utilisée conjointement avec d'autres normes?
Lesquelles? (plusieurs réponses possibles):

☐ CEI
☐ ISO
☐ internes à votre société
☐ autre (publiée par))
☐ autre (publiée par))
☐ autre (publiée par))

6.
Cette norme répond-elle à vos besoins?

☐ pas du tout
☐ à peu près
☐ assez bien
☐ parfaitement

7.
Nous vous demandons maintenant de donner une note à chacun des critères ci-dessous
(1, mauvais; 2, en-dessous de la moyenne;
3, moyen; 4, au-dessus de la moyenne;
5, exceptionnel; 0, sans objet)

☐ clarté de la rédaction
☐ logique de la disposition
☐ tableaux informatifs
☐ illustrations
☐ informations techniques

8.
J'aimerais savoir comment je peux reproduire légalement cette norme pour:

☐ usage interne
☐ des renseignements commerciaux
☐ des démonstrations de produit
☐ autres

9.
Quel support votre société utilise-t-elle pour garder la plupart de ses normes?

☐ papier
☐ microfilm/microfiche
☐ bandes magnétiques
☐ CD-ROM
☐ disquettes
☐ abonnement à un serveur électronique

9A.
Si votre société conserve en totalité ou en partie sa collection de normes sous forme électronique, indiquer le ou les formats:

☐ format tramé (ou image balayée ligne par ligne)
☐ texte intégral

10.
Sur quels supports votre société prévoit-elle de conserver sa collection de normes à l'avenir (plusieurs réponses possibles):

☐ papier
☐ microfilm/microfiche
☐ bandes magnétiques
☐ CD-ROM
☐ disquettes
☐ abonnement à un serveur électronique

10A.
Quel format serait retenu pour un moyen électronique? (une seule réponse)

☐ format tramé
☐ texte intégral

11.
A quel secteur d'activité appartient votre société?
(par ex. ingénierie, fabrication)
.....

12.
Votre société possède-t-elle une bibliothèque de normes?

☐ Oui
☐ Non

13.
En combien de volumes dans le cas affirmatif?
.....

14.
Quelles organisations de normalisation ont publié les normes de cette bibliothèque (ISO, DIN, ANSI, BSI, etc.):
.....

15.
Ma société apporte sa contribution à l'élaboration des normes par les moyens suivants
(plusieurs réponses possibles):

☐ en achetant des normes
☐ en utilisant des normes
☐ en qualité de membre d'organisations de normalisation
☐ en qualité de membre de comités de normalisation
☐ autres

16.
Ma société utilise (une seule réponse)

☐ des normes en français seulement
☐ des normes en anglais seulement
☐ des normes bilingues anglais/français

17.
Autres observations
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

18.
Pourriez-vous nous donner quelques informations sur vous-mêmes et votre société?

nom

fonction

nom de la société

adresse

.....
.....
.....
.....
.....
.....

nombre d'employés.....

chiffre d'affaires:.....

Publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes n° 22

- 60119 (1960) Recommandations pour les cellules, éléments redresseurs et groupes redresseurs à semiconducteurs polycristallins.
- 60146: — Convertisseurs à semiconducteurs
- 60146 (1973) Convertisseurs à semiconducteurs. Modification n° 1 (1975).
- 60146A (1974) Premier complément: Chapitre VII: Marques et indications sur les groupes convertisseurs et sur les blocs.
- 60146-1-1 (1991) Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau. Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base. Amendement 1 (1996).
- 60146-1-2 (1991) Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau. Partie 1-2: Guide d'application.
- 60146-1-3 (1991) Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau. Partie 1-3: Transformateurs et bobines d'inductance.
- 60146-2 (1974) Deuxième partie: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs.
- 60146-3 (1977) Troisième partie: Convertisseurs à courant continu directs à semiconducteurs (hacheurs).
- 60146-4 (1986) Quatrième partie: Méthode de spécification des performances et procédures d'essais des alimentations sans interruption.
- 60146-5 (1988) Cinquième partie: Interrupteurs pour alimentations sans interruption (Interrupteurs d'ASI).
- 60146-6 (1992) Partie 6: Guide d'application pour la protection par fusibles des convertisseurs contre les surintensités.
- 60237 (1967) Ignitrons utilisés pour la commande des machines à souder.
- 60411: — Convertisseurs de puissance pour la traction.
- 60411-2 (1978) Deuxième partie: Informations techniques supplémentaires.
- 60478: — Alimentations stabilisées à sortie en courant continu.
- 60478-1 (1974) Première partie: Termes et définitions.
- 60478-2 (1986) Deuxième partie: Caractéristiques et performances.
- 60478-3 (1989) Troisième partie: Niveaux de référence et mesure des perturbations électromagnétiques (PEM) par conduction.
- 60478-4 (1976) Quatrième partie: Essais autres que ceux concernant les perturbations radioélectriques.
- 60478-5 (1993) Partie 5: Mesure de la composante magnétique du champ réactif proche.
- 60633 (1978) Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension.
- 60686 (1980) Alimentations stabilisées à sortie en courant alternatif.
- 60700 (1981) Essais des valves à semiconducteurs pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension.
- 60919: — Fonctionnement des systèmes à courant continu haute tension (CCHT).
- 60919-1 (1988) Première partie: Spécification des conditions de fonctionnement en régime établi.
- 60919-2 (1991) Partie 2: Défaits et manoeuvres.
- 60971 (1989) Convertisseurs à semiconducteurs. Code d'identification pour montages convertisseurs.

(suite)

IEC publications prepared by Technical Committee No. 22

- 60119 (1960) Recommendations for polycrystalline semiconductor rectifier stacks and equipment.
- 60146: — Semiconductor convertors.
- 60146 (1973) Semiconductor convertors. Amendment No. 1 (1975).
- 60146A (1974) First supplement: Chapter VII: Markings on convertor equipments and assemblies.
- 60146-1-1 (1991) General requirements and line commutated convertors. Part 1-1: Specifications of basic requirements. Amendment 1 (1996).
- 60146-1-2 (1991) General requirements and line commutated convertors. Part 1-2: Application guide.
- 60146-1-3 (1991) General requirements and line commutated convertors. Part 1-3: Transformers and reactors.
- 60146-2 (1974) Part 2: Semiconductor self-commutated convertors.
- 60146-3 (1977) Part 3: Semiconductor direct d.c. convertors (d.c. chopper convertors).
- 60146-4 (1986) Part 4: Method of specifying the performance and test requirements of uninterruptible power systems.
- 60146-5 (1988) Part 5: Switches for interruptible power systems (UPS switches).
- 60146-6 (1992) Part 6: Application guide for the protection of semiconductor convertors against overcurrent by fuses.
- 60237 (1967) Ignitrons to be used in welding machine control.
- 60411: — Power convertors for electric traction.
- 60411-2 (1978) Part 2: Additional technical information.
- 60478: — Stabilized power supplies, d.c. output.
- 60478-1 (1974) Part 1: Terms and definitions.
- 60478-2 (1986) Part 2: Rating and performance.
- 60478-3 (1989) Part 3: Reference levels and measurement of conducted electromagnetic interference (EMI).
- 60478-4 (1976) Part 4: Tests other than radio-frequency interference.
- 60478-5 (1993) Part 5: Measurement of the magnetic component of the reactive near field.
- 60633 (1978) Terminology for high-voltage direct current transmission.
- 60686 (1980) Stabilized power supplies, a.c. output.
- 60700 (1981) Testing of semiconductor valves for high-voltage d.c. power transmission.
- 60919: — Performance of high-voltage d.c. (HVDC) systems.
- 60919-1 (1988) Part 1: Steady-state conditions.
- 60919-2 (1991) Part 2: Faults and switching.
- 60971 (1989) Semiconductor convertors. Identification code for convertor connections.

(continued)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Etudes n° 22 (suite)**

- 61136: — Convertisseurs de puissance à semiconducteurs – Entraînements électriques à vitesse variable – Prescriptions générales.
- 61136-1 (1992) Partie 1: Spécifications de dimensionnement, en particulier pour les entraînements à moteurs à courant continu.
- 61148 (1992) Marquage des bornes de blocs et d'ensembles d'éléments de valve et d'équipement de convertisseur de puissance.
- 61204 (1993) Dispositifs d'alimentation à basse tension, à sortie en courant continu – Caractéristiques de fonctionnement et prescriptions de sécurité.
- 61287: — Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant ferroviaire.
- 61287-1 (1995) Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais.
- 61800-1 (1997) 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.
- 61800-3 (1996) Partie 3: Norme de produit relative à la CEM incluant des méthodes d'essais spécifiques.

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 22 (continued)**

- 61136: — Semiconductor power convertors – Adjustable speed electric drive systems – General requirements.
- 61136-1 (1992) Part 1: Rating specifications, particularly for d.c. motor drives.
- 61148 (1992) Terminal markings for valve device stacks and assemblies and for power convertor equipment.
- 61204 (1993) Low-voltage power supply devices, d.c. output – Performance characteristics and safety requirements.
- 61287: — Power convertors installed on board rolling stock.
- 61287-1 (1995) Part 1: Characteristics and test methods.
- 61800-1 (1997) Adjustable speed electrical power drive systems – Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems.
- 61800-3 (1996) Part 3: EMC product standard including specific test methods.

Publication 61800-1

ISBN 2-8318-4204-2



9 782831 842042

ICS 29.160.30; 29.200

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND