

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Adjustable speed electrical power drive systems –  
Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable  
speed DC power drive systems**

**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**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC online collection - [oc.iec.ch](http://oc.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

---

### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

#### Recherche de publications IEC -

[webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC online collection - [oc.iec.ch](http://oc.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Adjustable speed electrical power drive systems –  
Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable  
speed DC power drive systems**

**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**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.160.30; 29.200

ISBN 978-2-8322-9271-6

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	8
INTRODUCTION.....	10
0.1 General.....	10
0.2 Consistency of requirement.....	10
0.3 Tool for agreement between <i>customer</i> and <i>manufacturer</i> .....	10
1 Scope.....	12
2 Normative references .....	12
3 Terms and definitions .....	14
3.1 System elements .....	14
3.2 Converters and circuit elements (see Table 2) .....	19
3.3 Drive system operating characteristics (see Table 3) .....	20
3.4 Input ratings of <i>BDM/CDM/PDS</i> (see Table 4).....	23
3.5 Output ratings of <i>BDM/CDM</i> (see Table 5) .....	27
3.6 <i>Motor</i> ratings (see Table 6).....	29
3.7 Control systems (see Table 7) .....	32
3.8 Tests (see Table 8).....	33
4 Ratings and specifications for the act of installing, commissioning and operation .....	34
4.1 General.....	34
4.2 <i>BDM/CDM/PDS</i> characteristics and topology .....	34
4.2.1 General .....	34
4.2.2 <i>BDM/CDM/PDS</i> characteristics .....	35
4.2.3 Basic topology for <i>BDM/CDM/PDS</i> 's .....	35
4.3 Ratings .....	39
4.3.1 General .....	39
4.3.2 Input ratings .....	40
4.3.3 Output ratings.....	41
4.3.4 Operating quadrants .....	44
4.3.5 Ratings, properties and functionalities of the <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	44
4.3.6 Special ratings related to <i>BDM/CDM/PDS</i> or <i>motor</i> .....	45
4.4 Performance .....	45
4.4.1 Operational.....	45
4.4.2 Fault supervision and protection .....	55
4.4.3 Minimum status indication required.....	56
4.4.4 I/O devices .....	57
4.5 General safety .....	59
4.6 Functional safety .....	59
4.7 EMC .....	59
4.8 Ecodesign.....	60
4.8.1 General .....	60
4.8.2 Energy <i>efficiency</i> and power losses .....	60
4.8.3 Environmental impact .....	60
4.9 Environmental condition for service, transport and storage .....	60
4.9.1 General .....	60
4.9.2 Operation .....	60
4.9.3 Storage and transport of equipment.....	65
4.9.4 Mechanical conditions .....	66



4.9.5	Specific storage hazards .....	67
4.9.6	Environmental service tests (type test) .....	67
4.10	Types of load duty profiles .....	68
4.11	Generic interface and use of profiles for <i>PDS</i> .....	68
4.12	Voltage on <i>power interface</i> .....	70
4.13	Explosive environment .....	70
5	Test.....	71
5.1	General.....	71
5.2	Performance of tests.....	71
5.2.1	General conditions.....	71
5.2.2	Supply system earthing conditions.....	71
5.3	Standard tests for <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	71
5.3.1	General .....	71
5.3.2	Test for mass produced products.....	73
5.3.3	Test for one-off products .....	73
5.4	Test specifications .....	73
5.4.1	Visual inspections ( <i>type test, sample test and routine test</i> ).....	73
5.4.2	Performance and rating test.....	74
5.4.3	General safety .....	82
5.4.4	Functional safety .....	82
5.4.5	EMC .....	82
5.4.6	Energy <i>efficiency</i> and power losses determination.....	82
5.4.7	Environmental condition tests .....	82
5.4.8	Communication profiles .....	84
5.4.9	Explosive atmosphere environment .....	85
6	Information and marking requirements.....	85
6.1	General.....	85
6.2	Marking on product.....	86
6.3	Information to be supplied with the PDS or BDM/CDM .....	87
6.4	Information to be supplied or made available .....	87
6.5	Safety and warning information.....	87
6.5.1	Warning labels.....	87
6.5.2	Additional safety considerations of a PDS.....	87
Annex A	(informative) <i>Motor</i> considerations .....	89
A.1	General.....	89
A.2	Cooling considerations.....	89
A.3	Waveform <i>ripple</i> considerations .....	90
A.3.1	General .....	90
A.3.2	<i>Converter</i> topologies .....	90
A.3.3	Potentials to earth .....	90
A.4	Torsional considerations .....	91
A.4.1	General .....	91
A.4.2	Torsional analysis.....	91
A.4.3	Remedies to torsional problems (rare with DC drives).....	91
A.4.4	Torque pulsation.....	91
A.5	Operational modes.....	91
A.5.1	General .....	91
A.5.2	Torque/speed characteristics .....	92
A.5.3	Considerations of drive regeneration .....	93

A.6	Acoustic noise .....	93
A.7	Service life of the <i>motor</i> insulation system .....	93
A.8	Shaft voltages .....	94
A.9	New drive systems .....	94
Annex B (informative) Line-side considerations .....		95
B.1	General .....	95
B.2	AC power source earthing .....	95
B.3	Introduction to harmonics and inter-harmonics .....	96
B.4	Results for typical <i>converters</i> phase control .....	98
B.4.1	General .....	98
B.4.2	Square wave line current .....	99
B.4.3	Trapezoidal line current .....	99
B.4.4	Current harmonic with <i>DC current ripple</i> .....	99
B.4.5	Diode <i>rectifiers</i> .....	101
B.4.6	Diode <i>rectifiers</i> without <i>DC link</i> inductance .....	102
B.4.7	General .....	104
B.5	Example of assessment of harmonic effect of a <i>PDS</i> .....	104
B.6	Attenuation of emission of harmonics .....	105
B.7	Commutation notches .....	106
B.8	Protection against voltage dips and short interruptions .....	108
Annex C (informative) Auxiliary equipment .....		110
C.1	General .....	110
C.2	Transformers .....	110
C.2.1	General .....	110
C.2.2	Voltage .....	110
C.2.3	Codes .....	110
C.2.4	Provide continuity of service for installations prone to nuisance grounding .....	110
C.2.5	Line voltage unbalance .....	111
C.2.6	Reduction of <i>converter</i> input harmonic currents .....	111
C.2.7	Reduction of prospective short-circuit current at <i>converter</i> input .....	111
C.2.8	Pulse number .....	111
C.3	Reactors .....	111
C.4	Switchgear .....	112
Annex D (informative) Control strategies .....		113
D.1	General .....	113
D.2	Control configurations .....	113
D.2.1	General .....	113
D.2.2	Basic structure .....	114
D.2.3	Optional facilities .....	114
D.2.4	Digital and analog control .....	116
D.3	Control modes .....	117
D.3.1	Operating modes .....	117
D.3.2	Loop control .....	117
D.3.3	Accuracy and performance .....	117
D.4	Steady state and transient performance .....	118
D.4.1	Time response .....	118
D.4.2	Response time .....	118
D.4.3	Performances of particular functions .....	118

D.4.4	Speed ratio control .....	118
D.5	List of relevant control parameters .....	120
D.5.1	<i>BDM/CDM</i> control parameters .....	120
D.5.2	<i>Motor</i> parameters .....	121
D.5.3	Mechanical parameters .....	121
D.5.4	Supply parameters .....	121
D.6	Structures .....	121
D.6.1	Functional structures .....	121
D.6.2	Hardware structures .....	123
D.6.3	Important drive performances issues .....	123
D.6.4	Effect of torsional elasticity .....	123
D.6.5	Effects of the backlash .....	125
Annex E (informative)	Protection .....	126
E.1	General .....	126
E.2	Equipment availability .....	126
E.2.1	General .....	126
E.2.2	Equipment protection circuits .....	126
E.2.3	Types of equipment alarms and faults .....	126
E.2.4	Alarm and fault listing .....	127
E.3	System protection (features and devices) .....	128
E.4	Protection of the drive system .....	128
E.4.1	Protection included in the <i>BDM/CDM</i> .....	128
E.4.2	Specific <i>motor</i> protection .....	129
E.4.3	Specific transformer protection .....	129
Annex F (informative)	Monitoring features .....	130
F.1	General .....	130
F.2	Technology .....	130
Bibliography	.....	131
Figure 1	– <i>PDS</i> hardware configuration within an <i>installation</i> .....	15
Figure 2	– Example of function diagram of a <i>DC power drive system</i> .....	16
Figure 3	– <i>BDM/CDM/PDS manufacturer/customer</i> relationship .....	18
Figure 4	– Operating quadrants .....	22
Figure 5	– Main configurations for line-commutated <i>converters</i> .....	36
Figure 6	– Basic configurations of self-commutated <i>converters</i> (choppers) .....	37
Figure 7	– Overview of input and output ratings of the <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	40
Figure 8	– Example of operating region of a <i>PDS</i> .....	42
Figure 9	– Overload cycle example .....	44
Figure 10	– Deviation band .....	47
Figure 11	– Time response following a step change of reference input, no change in operating variables .....	50
Figure 12	– Time response following a change in an operating variable – No reference change .....	51
Figure 13	– Time response following a reference change at specified rate .....	52
Figure 14	– Frequency response of the control – Reference value as <i>stimulus</i> .....	53
Figure 15	– Example of relationship of IEC 61800-7 (all parts) to control system software and the <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	70

Figure 16 – Measuring circuit of <i>PDS</i> .....	76
Figure A.1 – Torque and power output of a <i>DC motor</i> .....	92
Figure B.1 – Thyristor <i>rectifier</i> with a large DC inductance .....	99
Figure B.2 – Square wave line current .....	99
Figure B.3 – Trapezoidal line current .....	99
Figure B.4 – Major harmonic components of supply current considering square wave line current with idealized DC <i>ripple</i> .....	100
Figure B.5 – Power <i>converter</i> with a diode <i>rectifier</i> on the line-side and a DC/DC <i>converter</i> .....	101
Figure B.6 – Input voltage and current waveforms of the diode <i>rectifier</i> .....	101
Figure B.7 – Line-side voltage and current distortion factors of a diode <i>rectifier</i> .....	102
Figure B.8 – Diode <i>rectifier</i> without <i>DC link</i> inductance .....	102
Figure B.9 – Input harmonic current (AC and DC) .....	103
Figure B.10 – <i>Input current</i> distortion .....	103
Figure B.11 – Example of simple structure .....	105
Figure B.12 – 3-phase, 6-pulse bridge <i>converter</i> .....	106
Figure B.13 – Commutation notches with a 3-phase, 6-pulse bridge <i>converter</i> .....	107
Figure B.14 – Equivalent circuit for assessment of commutation notch mitigation.....	108
Figure D.1 – Block diagram of feedback control system containing all basic elements .....	113
Figure D.2 – Functional block diagram .....	115
Figure D.3 – Master/follower drive system .....	119
Figure D.4 – Zero current inversion time .....	120
Figure D.5 – Structure of a drive system .....	122
Figure D.6 – Mechanical diagram.....	124
Figure D.7 – Simple stability criterion.....	125
Figure E.1 – Protection classification .....	127
Table 1 – System elements.....	14
Table 2 – Converters and circuits elements .....	19
Table 3 – Drive system operating characteristics .....	20
Table 4 – Input ratings of <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	23
Table 5 – Output ratings of <i>BDM/CDM</i> .....	27
Table 6 – <i>Motor</i> ratings .....	29
Table 7 – Control system and variables .....	32
Table 8 – Type of tests .....	33
Table 9 – Standard rated voltages as specified in IEC 60038.....	40
Table 10 – Example of reduced maximum continuous load as a function of an overload .....	43
Table 11 – Maximum deviation bands (%).....	47
Table 12 – <i>PDS</i> protection functions .....	55
Table 13 – Environmental service conditions .....	61
Table 14 – Limit of temperature of the cooling medium for indoor equipment .....	62
Table 15 – Definitions of pollution degree .....	62
Table 16 – Environmental vibration limits for fixed <i>installation</i> .....	63
Table 17 – Environmental shock limits for fixed <i>installation</i> .....	63

Table 18 – Storage and transport limits..... 65

Table 19 – Transportation vibration limits..... 66

Table 20 – Transportation limits of free fall ..... 66

Table 21 – Environmental service tests..... 68

Table 22 – Tests overview ..... 72

Table 23 – Classification of commutation made by visual observation..... 74

Table 24 – Shock test ..... 84

Table 25 – Information requirements..... 86

Table B.1 – Minimum  $R_{SC}$  requirements for low voltage systems..... 97

Table B.2 – Harmonic current – 6-pulse conversion ..... 98

Table B.3 – Harmonic results for the drive contribution ..... 105

Table D.1 – Typical control configurations ..... 114

Table D.2 – Composition of the typical control configurations ..... 116

Table D.3 – Drive system control strategies ..... 118

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –****Part 1: General requirements –  
Rating specifications for low voltage  
adjustable speed DC power drive systems**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. 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: Adjustable speed electric power drive systems (PDS), of IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1997. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) the clause structure has been harmonized with IEC 61800-2;
- b) Clause 2 has been updated;
- c) Clause 3 has been updated including fundamental definitions to be used across IEC 61800 (all parts);
- d) Clause 4 has been updated with respect to:

- 1) description of the basic topology for *BDM/CDM/PDS* (4.2);
  - 2) ratings and performance (4.3 and 4.4);
  - 3) reference to applicable standards within the IEC 61800 series with respect to EMC (IEC 61800-3), general safety (IEC 61800-5-1), functional safety (IEC 61800-5-2), load duty aspects (IEC TR 61800-6), communication profiles (IEC 61800-7 series), *power interface* voltage (IEC TS 61800-8), and ecodesign energy efficiency standards (IEC 61800-9) to avoid conflicting requirements (4.5, 4.6, 4.7, 4.10, 4.11, 4.12);
  - 4) update of requirement for ecodesign (4.8);
  - 5) update of requirement for environmental evaluation (4.9);
  - 6) implementation of requirement for explosive atmosphere (4.13);
- e) Clause 5 has been updated with test requirement in order to provide a clear link between design requirement and test requirement;
  - f) Clause 6 has been updated to harmonize the marking and documentation requirement within IEC 61800 (all parts);
  - g) the Annexes have been updated.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
22G/430/FDIS	22G/433/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 61800 series, published under the general title *Adjustable speed electrical power drive systems*, can be found on the IEC website.

In this document, the terms in *italics* are defined in Clause 3.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## INTRODUCTION

### 0.1 General

This document is part of the IEC 61800 series specifying requirements for adjustable *speed* electrical *power drive systems* (*PDSs*). Since the publication of the first edition of IEC 61800-1, several documents of the IEC 61800 series have been developed and maintained, which has resulted in outdated references and conflicting requirements across the IEC 61800 series.

This document contains general requirements for *PDSs* intended to feed DC *motors* and with rated *converter* input voltages (line-to-line voltage) up to and including 1 000 V AC.

### 0.2 Consistency of requirement

This document specifies requirements for *PDSs* under its scope for the identified topics not covered by any other of the standards in the IEC 61800 series.

The following requirements are covered by other standards in the IEC 61800 series:

- AC *PDS* requirements are covered by IEC 61800-2;
- EMC requirements are covered by IEC 61800-3;
- general safety requirements are covered by IEC 61800-5-1;
- functional safety requirements are covered by IEC 61800-5-2;
- type of load duty guidance is covered by IEC TR 61800-6;
- interface and use profiles requirements are covered by IEC 61800-7 (all parts);
- *power interface* voltage specification is covered by IEC TS 61800-8;
- *ecodesign energy efficiency* requirements of drive system are covered by IEC 61800-9 (all parts).

NOTE IEC 61800-9 series only provides requirements for AC PDS. Requirements for the Energy *Efficiency* classification, the set of power losses limits and measurement methods from IEC 61800-9-2 cannot be directly applicable to DC PDS. The Extended product approach (EPA) and Semi analytic Model (SMA) from IEC 61800-9-1 are in principle applicable to DC PDS.

Generally, this document provides a basic description of topics and refers to the relevant standard for specific requirement. This is done in order to ensure consistency and avoid conflicting requirement within IEC 61800 (all parts) as well as minimize future maintenance of the documents.

As a result of the development of the IEC 61800 series of standards, the need to reference documents outside the series has decreased.

### 0.3 Tool for agreement between *customer* and *manufacturer*

This document is intended to be used to create a comprehensive list of requirements to be used as a specification between *customer* and *manufacturer*. The requirement in this document is in itself not applicable for the *BDM/CDM/PDS*. Instead, each topic should be specified by the *customer* as a compliance requirement.

The document may be useful as a specification tool, when *BDM/CDM/PDSs* are built into a final *installation* or application applied as a component. The following applications are considered relevant: lift and hoist, machinery, conveyor, industrial switchgears applications, heating and ventilation, pump, excitation systems, tidal and marine applications.



In every application, an identification of the environmental conditions under which the product is stored, transported and operated is essential for the proper specification of the *BDM/CDM/PDSs*. The environmental conditions considered should include electrical, mechanical, thermal, pollution, explosive environmental conditions and humidity environmental condition.

# ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –

## Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed DC power drive systems

### 1 Scope

This part of IEC 61800 applies to adjustable *speed electric DC power drive systems*, which include semiconductor power conversion and the means for their control, protection, monitoring, measurement and the *DC motors*.

It applies to adjustable *speed electric power drive systems* intended to feed *DC motors* from a *BDM/CDM* connected to line-to-line voltages up to and including 1 kV AC 50 Hz or 60 Hz and/or voltages up to and including 1,5 kV DC input side.

NOTE 1 Adjustable *speed electric AC power drive systems* intended to feed *AC motors* are covered by IEC 61800-2.

NOTE 2 This document can be used as a reference for adjustable *speed electric power drive systems*, intended to feed *DC motors* from a *BDM/CDM* connected to line-to-line voltages up to and including 1,5 kV AC, 50 Hz or 60 Hz and/or voltages up to and including 2,25 kV DC input side.

Traction applications and electric vehicles are excluded from the scope of this document.

This document is intended to define the following aspects of a *DC power drive system (PDS)*:

- principal parts of the *PDS*;
- ratings and performance;
- specifications for the environment in which the *PDS* is intended to be installed and operated;
- other specifications which might be applicable when specifying a complete *PDS*.

This document provides minimum requirements, which may be used for the development of a specification between *customer* and *manufacturer*.

Compliance with this document is possible only when each topic of this document is individually specified by the *customer* developing specifications or by product standard committees developing product standards.

For some aspects which are covered by specific *PDS* product standards in the IEC 61800 series, this document provides a short introduction and reference to detailed requirements in these product standards.

### 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034 (all parts), *Rotating electrical machines*

IEC 60034-1:2017, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

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

IEC TS 60034-25, *Rotating electrical machines – Part 25: AC electrical machines used in power drive systems – Application guide*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

IEC 60076-1, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-6, *Power transformers – Part 6: Reactors*

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC TS 60079-42, *Explosive atmospheres – Part 42: Electrical safety devices for the control of potential ignition sources for Ex-Equipment*

IEC 60146-1-1:2009, *Semiconductor converters – General requirement and line commutated converters – Part 1-1: Specification of basic requirements*

IEC 60364 (all parts), *Low voltage electrical installations*

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

IEC 60721-2-6, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Earthquake vibration and shock*

IEC 60721-3-1:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

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

IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995

IEC 60721-3-3:1994/AMD2:1996

IEC 60721-3-4:1995 *Classification of environmental conditions – Part 3-4: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4:1995/AMD1:1996

IEC 61158 (all parts), *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*

IEC 61378 (all parts), *Converter transformers*

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

IEC 61800-3, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC requirements and specific test methods*

IEC 61800-5-1, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

IEC 61800-5-2, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-2: Safety requirements – Functional*

IEC TR 61800-6, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 6: Guide for determination of types of load duty and corresponding current ratings*

IEC 61800-7 (all parts), *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 7: Generic interface and use of profiles for power drive systems*

IEC TS 61800-8, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface*

IEC TS 62578, *Power electronics systems and equipment – Operation conditions and characteristics of active infeed converter (AIC) applications including design recommendations for their emission values below 150 kHz*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

#### 3.1 System elements

Table 1 lists the system elements.

**Table 1 – System elements**

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.1.1	power drive system	PDS		b	
3.1.2	DC power drive system	DC PDS		b	
3.1.3	basic drive module	BDM		b	
3.1.4	complete drive module	CDM		b	
3.1.5	installation			a	
3.1.6	integrated PDS			b	
3.1.7	customer <BDM/CDM/PDS>			a	
3.1.8	<i>manufacturer</i> <BDM/CDM/PDS>			a	
3.1.9	end user			a	
3.1.10	system integrator			a	
3.1.11	original equipment <i>manufacturer</i>	OEM			
3.1.12	product packaging				
3.1.13	shipping packaging				

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.1.14	efficiency <CDM>			b	
3.1.15	efficiency <PDS>			b	
<sup>a</sup> Definitions used in several standards of the IEC 61800 series. <sup>b</sup> Fundamental definition across IEC 61800 (all parts).					

### 3.1.1 power drive system PDS

system consisting of one or more *complete drive module(s)* (CDM) and a *motor* or *motors*, any sensors which are mechanically coupled to the *motor* shaft are also part of the *PDS*, however the driven equipment is not included

See Figure 2.

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

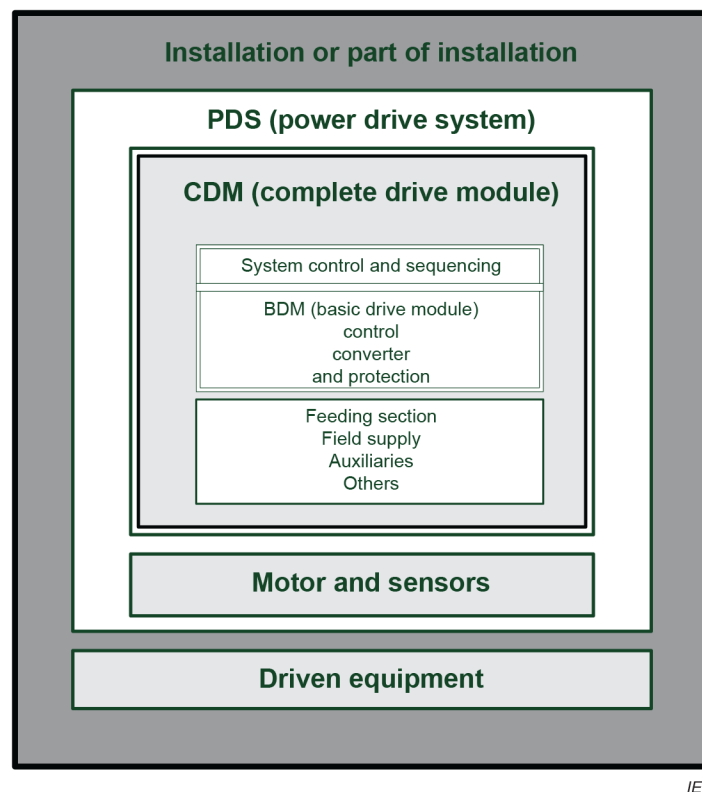


Figure 1 – PDS hardware configuration within an *installation*

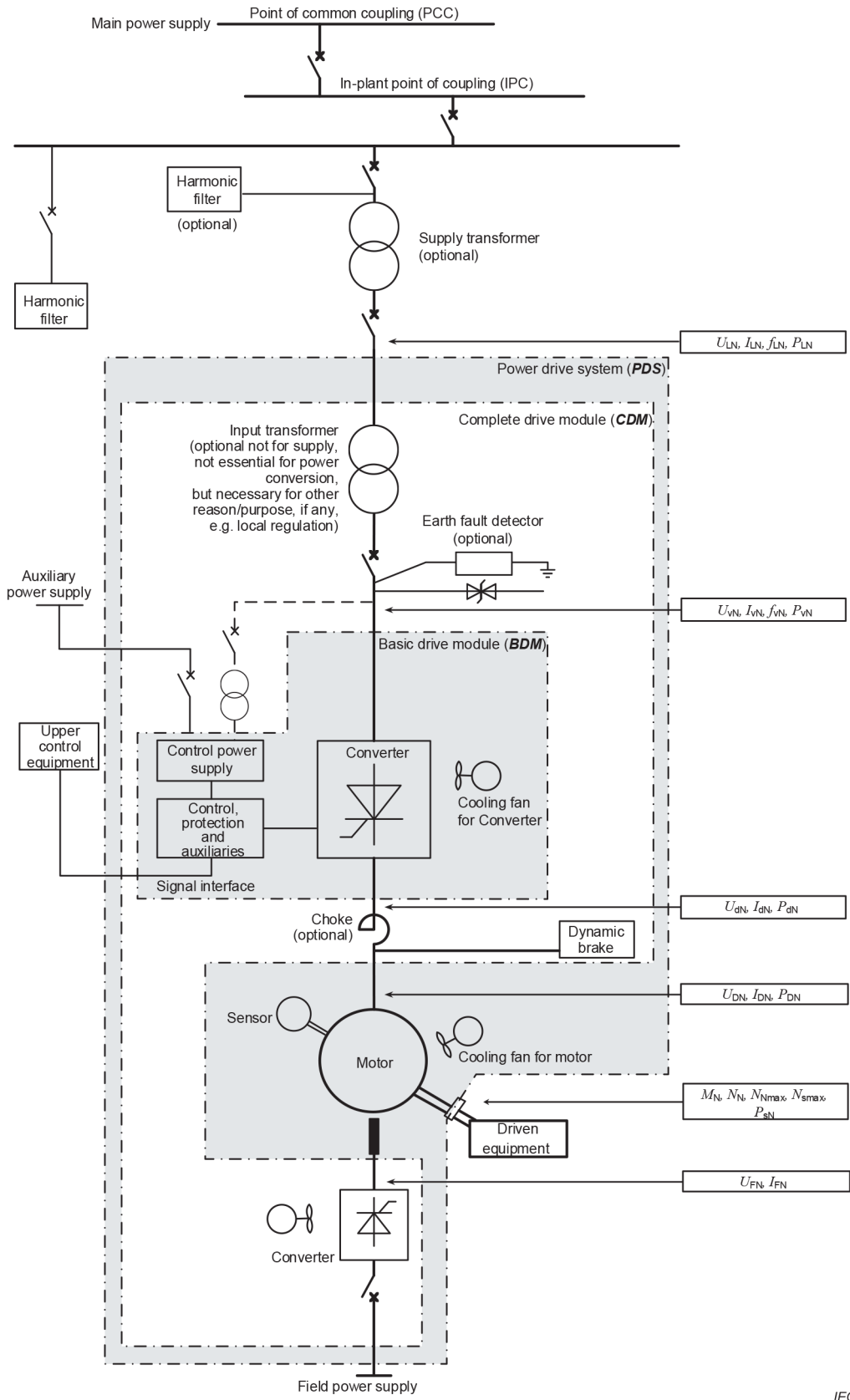
### 3.1.2 DC power drive system DC PDS

system consisting of power equipment and control equipment

See Figure 2.

Note 1 to entry: The power equipment is composed of the *converter* section, the *DC motor* and other equipment such as, but not limited to, the feeding section or the field supply; the control equipment is composed of the switching control – on/off for example –, the speed control, the current control, the firing system, the field control, the protection, the status monitoring, the communication, the tests, the diagnostics, the process interface/port, etc.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.



IEC

Figure 2 – Example of function diagram of a DC power drive system

### 3.1.3 basic drive module

#### BDM

electronic power *converter* and related control, connected between an electric supply and a *motor*

See Figure 2.

Note 1 to entry: The *BDM* is capable of transmitting power from the electric supply to the *motor* and may be capable of transmitting power from the *motor* to the electric supply.

Note 2 to entry: The *BDM* controls some or all of the following aspects of power transmitted to the *motor* and *motor* output, including current, voltage, speed, torque.

Note 3 to entry: This note applies to the French language only.

### 3.1.4 complete drive module

#### CDM

drive module consisting of, but not limited to, the *BDM* and extensions such as field *converter*, protection devices, transformers and auxiliaries, but excluding the *motor* and the sensors which are mechanically coupled to the *motor* shaft

See Figure 2.

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

### 3.1.5 installation

one apparatus or a set of devices and/or apparatuses associated in a given location to fulfil specified purposes, including all means for their satisfactory operation

See Figure 1.

Note 1 to entry: The words "act of installing" are used in this document to denote the process of installing a *PDS*.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151.11.26, modified – The note to entry has been added]

### 3.1.6 integrated PDS

*power drive system* where *motor* and *BDM/CDM* are combined into a single unit

### 3.1.7 customer

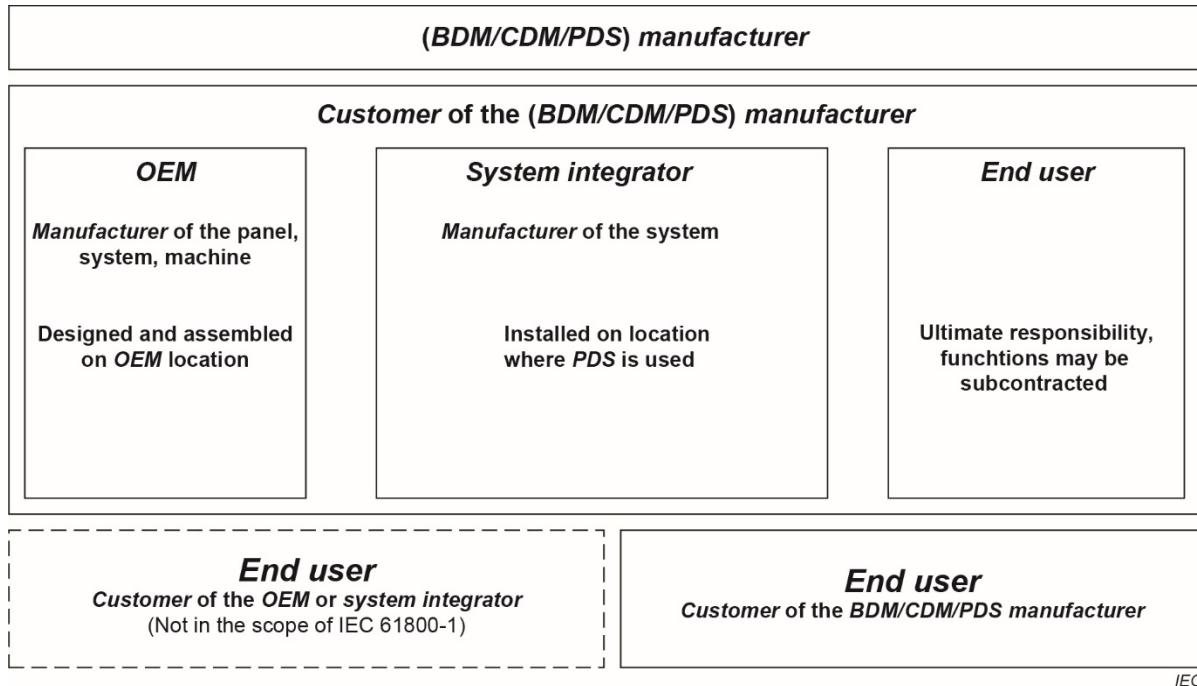
<*BDM/CDM/PDS*> *original equipment manufacturer (OEM)*, *system integrator* or *end user* specifying and purchasing a *BDM/CDM/PDS* from the *BDM/CDM/PDS manufacturer*

See Figure 3.

### 3.1.8 manufacturer

<*BDM/CDM/PDS*> entity which designs and builds all or part of a *BDM/CDM/PDS*

SEE Figure 3.



**Figure 3 – BDM/CDM/PDS manufacturer/customer relationship**

**3.1.9**

**end user**

entity who has ultimate responsibility for the installation, operation and maintenance of the PDS

See Figure 3.

**3.1.10**

**system integrator**

entity with responsibility to design the complete system of the application incorporating one or more PDSs

See Figure 3.

**3.1.11**

**original equipment manufacturer**

**OEM**

entity which designs and manufactures series of machines, panels or systems incorporating one or more PDSs

See Figure 3.

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

**3.1.12**

**product packaging**

temporary protection of the BDM/CDM/PDS or part of it during storage and known in-house transport route

**3.1.13**

**shipping packaging**

temporary protection to prevent damage during worldwide air, sea and land transportation

Note 1 to entry: Shipping packaging can be realized as product specific transport packaging or as a product packaging with additional transport packaging.



### 3.1.14 efficiency

<CDM> ratio of the total electrical power at the *CDM power interface* at the *motor* terminals to the total electrical power at the *mains supply port*

Note 1 to entry: Power at the *motor* terminals includes armature, field, and auxiliaries (*motor* ventilation fan, etc.).

### 3.1.15 efficiency

<PDS> ratio of the mechanical power at the *motor* shaft to the total electrical power at the *mains supply port*

Note 1 to entry: *Efficiency* is usually expressed as a percentage.

## 3.2 Converters and circuit elements (see Table 2)

**Table 2 – Converters and circuits elements**

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.2.1	active infeed converter	AIC		a	
3.2.2	converter <BDM>			b	
3.2.3	rectifier <BDM>			a	
3.2.4	DC link			b	
3.2.5	power interface			a	
3.2.6	power port			a	
3.2.7	mains supply				
<sup>a</sup> Definitions used in several standards of the IEC 61800 series.					
<sup>b</sup> Fundamental definition across IEC 61800 (all parts).					

### 3.2.1 active infeed converter

AIC

self-commutated electronic power *converter* which can convert electric power in both directions and which can control the reactive power or the *power factor*

Note 1 to entry: An active infeed converter can be of any technology, topology, voltage and size containing either current or voltage source DC side which work in generation and regeneration.

Note 2 to entry: Some of them can additionally control the harmonics to reduce the distortion of an applied voltage or current.

Note 3 to entry: Basic topologies may be realized as a Voltage Source *Converter* (VSC) or a Current Source *Converter* (CSC).

Note 4 to entry: In IEC 60050, these terms (VSC and CSC) are defined as voltage stiff AC / DC *converter* [551-12-03] and current stiff AC / DC *converter* [551-12-04]. Most of the AICs are bi-directional *converters* and have sources on the DC side

Note 5 to entry: In some literature *active infeed converters* are also known as active front end (AFE) converters.

[SOURCE: IEC TS 62578:2015, 3.5, modified – Some words in the definition have been moved to Note 1 to entry.]

### 3.2.2 converter

<BDM> unit which changes the form of electrical power supplied by the *mains supply* to the form required by the *motor(s)* by changing one or more of the following: voltage, current

See Figure 3.

Note 1 to entry: The *converter* comprises electronic commutating devices and their associated commutation circuits. It is controlled by transistors or thyristors or any other power switching semiconductor devices.

Note 2 to entry: The *converter* can be line-commutated or self-commutated and can consist for example of one or more *rectifiers*.

**3.2.3  
rectifier**

<BDM> electric energy *converter* that changes single-phase or polyphase alternating electric currents to unidirectional current

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-13-45]

**3.2.4  
DC link**

power DC circuit linking the input *converter* and the output *converter* of an indirect *converter*, consisting of capacitors and/or reactors to reduce DC voltage *ripple* or DC current *ripple*

**3.2.5  
power interface**

connections needed for the distribution of electrical power within the *PDS*

**3.2.6  
power port**

*port* which connects the *PDS* to the power supply which also feeds other equipment

**3.2.7  
mains supply**

low or high-voltage power distribution *system* for supplying power to a *BDM/CDM/PDS*

**3.3 Drive system operating characteristics (see Table 3)**

**Table 3 – Drive system operating characteristics**

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.3.1	one quadrant operation			b	
3.3.2	two quadrant operation			b	
3.3.3	four quadrant operation			b	
3.3.4	dynamic braking			a	
3.3.5	regeneration			b	
3.3.6	rectifying – rectification				
3.3.7	inverting – inversion				
<sup>a</sup> Definitions used in several standards of the IEC 61800 series. <sup>b</sup> Fundamental definition across IEC 61800 (all parts).					

**3.3.1  
one quadrant operation**

*converter* operation of a machine as a *motor* in one direction of machine rotation

See Figure 4.

**3.3.2  
two quadrant operation**

*converter* operation of a machine as a *motor* in one direction or a generator in another direction of machine rotation; it involves operation in quadrants I and II or quadrants I and IV

See Figure 4.

### **3.3.3**

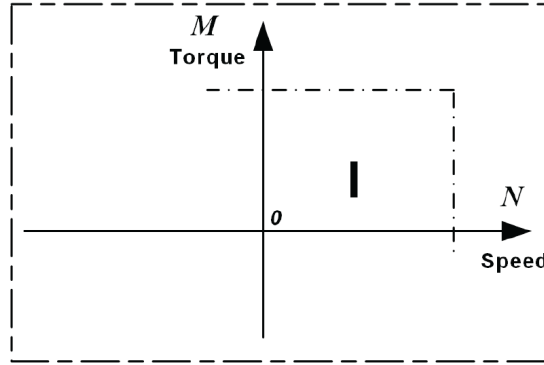
#### **four quadrant operation**

*converter* operation of a machine as a *motor* or a generator in either direction of machine rotation

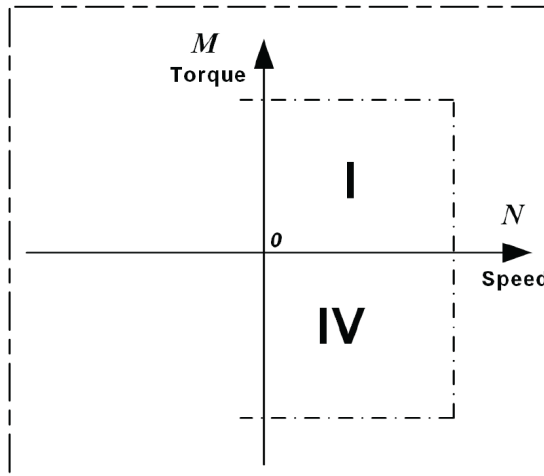
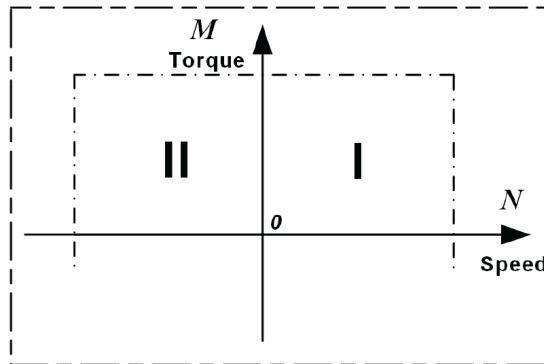
See Figure 4.

Note 1 to entry: *Four quadrant operation* involves operation in quadrants I, II, III and IV as shown in Figure 4.

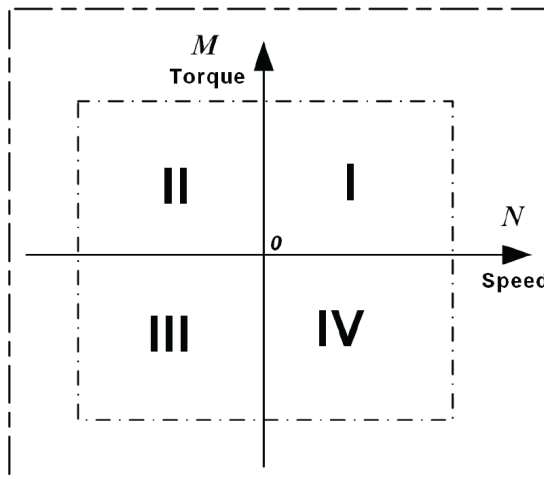
One quadrant



Two quadrants



Four quadrants



IEC

Figure 4 – Operating quadrants

### 3.3.4 dynamic braking

method used to transfer energy generated when the load controlled by a PDS is slowed or stopped

Note 1 to entry: *Dynamic braking* includes resistive braking, regenerative braking, etc.

### 3.3.5 regeneration

process of converting the mechanical energy at the *motor* shaft of the *PDS* to electrical energy

### 3.3.6 rectifying

rectification

process of converting from AC to DC

Note 1 to entry: For the purpose of this document, the line-side *converter* normally operates as a *rectifier*.

### 3.3.7 inverting

inversion

process of converting from DC to AC

## 3.4 Input ratings of *BDM/CDM/PDS* (see Table 4)

**Table 4 – Input ratings of *BDM/CDM/PDS***

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.4.1	power factor		$\lambda$	a	
3.4.2	short circuit ratio		$R_{SC}$		
3.4.3	total harmonic distortion	<i>THD</i>		a	
3.4.4	input active power <BDM>		$P_v$		W,kW
3.4.5	rated input active power <BDM>		$P_{vN}$		W,kW
3.4.6	input active power <CDM/PDS>		$P_L$		W,kW
3.4.7	rated input active power <CDM/PDS>		$P_{LN}$		W,kW
3.4.8	input apparent power <BDM>		$S_v$		VA,kVA
3.4.9	rated input apparent power <BDM>		$S_{vN}$		VA,kVA
3.4.10	input apparent power <CDM/PDS>		$S_L$		VA,kVA
3.4.11	rated input apparent power <CDM/PDS>		$S_{LN}$		VA,kVA
3.4.12	input current <BDM>		$I_v, I_{dc}$		A
3.4.13	rated input current <BDM>		$I_{vN}, I_{dcN}$		A
3.4.14	input current <CDM/PDS>		$I_L, I_{dc}$		A
3.4.15	rated input current <CDM/PDS>		$I_{LN}, I_{dcN}$		A
3.4.16	DC current		$I_{DC}$		A

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.4.17	input frequency <BDM>		$f_v$		Hz
3.4.18	rated input frequency <BDM>		$f_{vN}$		Hz
3.4.19	input frequency <CDM/PDS>		$f_L$		Hz
3.4.20	rated input frequency <CDM/PDS>		$f_{LN}$		Hz
3.4.21	input voltage <BDM>		$U_v, U_{DC}$		V
3.4.22	rated input voltage <BDM>		$U_{vN}, U_{DCN}$		V
3.4.23	input voltage <CDM/PDS>		$U_L, U_{DC1}$		V
3.4.24	rated input voltage <CDM/PDS>		$U_{LN}, U_{DC1N}$		V
<p>NOTE Subscripts follow the concept of IEC 60146-1-1.</p> <p><sup>a</sup> Definitions used in several standards of the IEC 61800 series.</p> <p><sup>b</sup> Fundamental definition across IEC 61800 (all parts).</p>					

**3.4.1  
power factor**

$\lambda$

under periodic conditions, ratio of the absolute value of the active power  $P$  to the apparent power  $S$

$$\lambda = \frac{|P|}{S}$$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-46, modified — The note to entry has been deleted.]

**3.4.2  
short circuit ratio**

$R_{SC}$

ratio of the short-circuit power of the source at the point of common coupling (PCC) to the *rated apparent power* of the *BDM/CDM/PDS*

**3.4.3  
total harmonic distortion**

THD

ratio of the RMS value of the harmonic content of an alternating quantity to the RMS value of the fundamental component of the quantity

[SOURCE: IEC 60050-551-20:2001, 551-20-13, modified – The definition has been rephrased and the notes to entry removed.]

**3.4.4  
input active power**

$P_v$

<BDM>power determined by the fundamental components of voltage and current at the supply terminals of the *BDM*

### 3.4.5 rated input active power

 $P_{vN}$ 

<BDM> rated power determined by the fundamental components of voltage and current at the supply terminals of the *BDM*

### 3.4.6 input active power

 $P_L$ 

<CDM/PDS> power determined by the fundamental components of voltage and current at the supply terminals of the *CDM/PDS*

### 3.4.7 rated input active power

 $P_{LN}$ 

<CDM/PDS> rated power determined by the fundamental components of voltage and current at the supply terminals of the *CDM/PDS*

### 3.4.8 input apparent power

 $S_v$ 

<BDM> power determined by the RMS values of voltage and current at the supply terminals of the *BDM*

### 3.4.9 rated input apparent power

 $S_{vN}$ 

<BDM> rated power determined by the RMS values of voltage and current at the supply terminals of the *BDM*

### 3.4.10 input apparent power

 $S_L$ 

<CDM/PDS> power determined by the RMS values of voltage and current at the supply terminals of *CDM/PDS*

### 3.4.11 rated input apparent power

 $S_{LN}$ 

<CDM/PDS> rated power determined by the RMS values of voltage and current at the supply terminals of the *CDM/PDS*

### 3.4.12 input current

 $I_v, I_{vdc}$ 

<BDM> RMS value of AC current or average value of *DC current* at the supply terminals of the *BDM*

### 3.4.13 rated input current

 $I_{vN}, I_{vdcN}$ 

<BDM> maximum RMS value of AC current or maximum average value of *DC current* at the supply terminals of the *BDM* under rated conditions

Note 1 to entry: It takes into account rated load and the most onerous combination of all other conditions within their specified ranges, e.g. line voltage and frequency deviations.

#### 3.4.14 input current

$I_L, I_{LDC}$

<CDM/PDS> RMS value of AC current or average value of *DC current* at the supply terminals of the *CDM/PDS*

#### 3.4.15 rated input current

$I_{LN}, I_{LDCN}$

<CDM/PDS> maximum RMS value of AC current or maximum average value of *DC current* at the supply terminals of the *CDM/PDS* under rated conditions

Note 1 to entry: It takes into account rated load and the most onerous combination of all other conditions within their specified ranges, e.g. line voltage and frequency deviations.

#### 3.4.16 DC current

$I_{dc}$

value of the DC input current or average value of the current in the *DC link* over one full period of the input power system frequency

Note 1 to entry: *DC current*  $I_{dc}$  can also indicate the current of the intermediate *DC link* in the case of an indirect *converter* using a chopper.

#### 3.4.17 input frequency

$f_v$

<BDM> frequency of the power input to the *BDM*

#### 3.4.18 rated input frequency

$f_{vN}$

<BDM> rated value of the frequency at the AC supply terminals of the *BDM*

#### 3.4.19 input frequency

$f_L$

<CDM/PDS> frequency of the power input to the *CDM/PDS*

#### 3.4.20 rated input frequency

$f_{LN}$

<CDM/PDS> rated value of the frequency at the AC supply terminals of the *CDM/PDS*

#### 3.4.21 input voltage

$U_v, U_{vdc}$

<BDM> RMS value of input AC line-to-line voltage or average value of DC voltage at the supply terminals of the *BDM*

#### 3.4.22 rated input voltage

$U_{vN}, U_{vdcN}$

<BDM> RMS value of the rated input AC line-to-line voltage or average value of the rated DC voltage at the supply terminals of the *BDM*



### 3.4.23 input voltage

 $U_L, U_{LDC}$ 

<CDM/PDS> RMS value of input AC line-to-line voltage or average value of DC voltage at the supply terminals of the *CDM/PDS*

### 3.4.24 rated input voltage

 $U_{LN}, U_{LDCN}$ 

<CDM/PDS> RMS value of the rated input AC line-to-line voltage or average value of the rated DC voltage at the supply terminals of the *CDM/PDS*

## 3.5 Output ratings of BDM/CDM (see Table 5)

**Table 5 – Output ratings of *BDM/CDM***

No.	Terms	Acronym	Symbols	mark	unit
3.5.1	output current <BDM>		$I_d$		A
3.5.2	rated output current <BDM>		$I_{dN}$		A
3.5.3	output current <CDM>		$I_D$		A
3.5.4	rated output current <CDM>		$I_{DN}$		A
3.5.5	output voltage <BDM>		$U_d$		V
3.5.6	rated output voltage <BDM>		$U_{dN}$		V
3.5.7	output voltage <CDM>		$U_D$		V
3.5.8	rated output voltage <CDM>		$U_{DN}$		V
3.5.9	ripple <voltage>		$U_{pp}$		V
3.5.10	ripple <current>		$I_{pp}$		A
3.5.11	rated output power <BDM>		$P_{dN}$		W, kW
3.5.12	rated output power <CDM>		$P_{DN}$		W, kW
3.5.13	output overload capability <BDM/CDM>		$I_{dM}$		A
3.5.14	rated field supply voltage		$U_{FN}$		V
3.5.15	rated field current		$I_{FN}$		A
NOTE Subscripts follows the concept of IEC 60146-1-1.					

### 3.5.1 output current

 $I_d$ 

<BDM> average value of the current at the output terminals of the *BDM*

### 3.5.2 rated output current

 $I_{dN}$ 

<BDM> average *output current* at the *motor* side of the *BDM* which can be supplied continuously without exceeding established limits, under prescribed operating condition

### 3.5.3 output current

 $I_D$ 

<CDM> average value of the current at the *motor* side of the CDM

### 3.5.4 rated output current

 $I_{DN}$ 

<CDM> average *output current* at the *motor* side of the *BDM* which can be supplied continuously without exceeding established limits, under prescribed operating conditions

### 3.5.5 output voltage

 $U_d$ 

<BDM> average value of the voltage at the output terminals of the *BDM*

### 3.5.6 rated output voltage

 $U_{dN}$ 

<BDM> average *output voltage* which can be supplied continuously without exceeding established limits, under prescribed operating condition

Note 1 to entry: This value is the available average value of the DC voltage under usual service conditions.

### 3.5.7 output voltage

 $U_D$ 

<CDM> average value of the voltage at the *motor* side of the CDM

### 3.5.8 rated output voltage

 $U_{DN}$ 

<CDM> average *output voltage* which can be supplied continuously without exceeding established limits, under prescribed operating condition

Note 1 to entry: This value is the available average value of the DC voltage under usual service conditions.

### 3.5.9 ripple

 $U_{pp}$ 

<voltage> periodic AC voltage superimposed on steady direct voltage, usually expressed as peak-to-peak value

### 3.5.10 ripple

 $I_{pp}$ 

<current> periodic AC current superimposed on steady direct current, usually expressed as peak-to-peak value

Note 1 to entry: 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  $I_{ppN}$ .

### 3.5.11 rated output power

 $P_{dN}$ 

<BDM> rated power determined by the average voltage and current at the motor side of the *BDM*

**3.5.12****rated output power** $P_{DN}$ 

<CDM> rated power determined by the average voltage and current at the motor side of the CDM

**3.5.13****output overload capability**

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

**3.5.14****rated field supply voltage** $U_{FN}$ 

rated average voltage of the motor field load to be connected to the field *converter*

**3.5.15****rated field current** $I_{FN}$ 

<motor> value of the field current presented by the *motor manufacturer*, which is the excitation current the *motor* can operate at *rated speed* at *rated armature voltage* and *rated armature current*

**3.6 Motor ratings (see Table 6)****Table 6 – Motor ratings**

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.6.1	motor <electric>			a	
3.6.2	DC motor				
3.6.3	speed <motor>		$N$		r/min (Note 1)
3.6.4	base speed		$N_0$		r/min (Note 1)
3.6.5	rated speed <motor>		$N_N$		r/min (Note 1)
3.6.6	maximum rated speed <motor>		$N_{NMax}$		r/min (Note 1)
3.6.7	maximum safe motor speed		$N_{SMax}$		r/min (Note 1)
3.6.8	torque <motor>		$M$		Nm
3.6.9	rated torque <motor>		$M_N$		Nm
3.6.10	output power <PDS>		$P_s$		kW
3.6.11	rated output power <PDS>		$P_{sN}$		kW
3.6.12	rated armature voltage		$U_{AN}$		V
3.6.13	rated armature current		$I_{AN}$		A
3.6.14	rated field current		$I_{FR}$		A
3.6.15	maximum rated safe speed <motor>		$N_{SNMax}$		r/min (Note 1)
NOTE 1 See also Figure 8.					
NOTE 2 Subscripts follows the concept of IEC 60146-1-1.					
a Definitions used in several standards of the IEC 61800 series.					

### 3.6.1 motor

<electric> machine intended to transform electric energy into mechanical energy

Note 1 to entry: For the purposes of this document, the *motor* includes all sensors which are mounted on it and which are relevant for supporting the operating mode and interacting with a *CDM*.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-13-41, modified – The note to entry has been added.]

### 3.6.2 DC motor

*motor* where the rotor is supplied with *DC current* via a brushed collector

Note 1 to entry: *DC motors* are typically equipped with separate field (see Figure 2). 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 2 to entry: Other types of *motors* are: permanent magnet *motor*, series field, combinations (shunt and series).

### 3.6.3 speed

$N$

<*motor*> rotational velocity of the *motor*

### 3.6.4 base speed

$N_0$

<*motor*> *speed* obtained with *rated armature voltage*, with rated field current, which is usually the breakpoint *speed* between constant torque and constant power operation

### 3.6.5 rated speed

$N_N$

<*motor*> maximum *speed*, at which the *motor* is able to continuously deliver *rated torque* at *rated armature voltage* and *rated armature current*

### 3.6.6 maximum rated speed

$N_{NMax}$

<*motor*> maximum *speed* specified by the *PDS manufacturer*

Note 1 to entry: This might include operation in the field weakening mode, at a *speed* higher than the *rated speed*, but with torque lower than *rated torque* (constant power region).

Note 2 to entry: When operating a *motor* at speeds above *rated speed*, the mechanical stress increases and the expected lifetime of the bearings may be reduced. Fine balance of the *motor* as well as service of the *motor* should be considered. See also IEC 60034-1.

Note 3 to entry: See also Figure 8.

### 3.6.7 maximum safe motor speed

$N_{SMax}$

maximum designed *speed* of the *motor* under which no permanent abnormal mechanical deformation or weakness is introduced

Note 1 to entry: See IEC 60034-1.

Note 2 to entry: The maximum safe *speed* of the driven equipment may be more restrictive.

Note 3 to entry: This *speed* is not the safety function SSM or SLS as defined by IEC 61800-5-2.

**3.6.8  
torque** $M$ 

<motor> twisting moment of force with respect to the longitudinal axis of the *motor* shaft

**3.6.9  
rated torque** $M_N$ 

<motor> torque the *motor* develops at its shaft end at *rated output power* and *speed*

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-48-05, modified – The word "power" has been added to the definition.]

**3.6.10  
output power** $P_s$ 

<PDS> (mechanical) power of the *PDS* determined by the torque and *speed* at the motor shaft

**3.6.11  
rated output power** $P_{sN}$ 

<PDS> rated (mechanical) power of the *PDS* determined by the torque and *speed* at the motor shaft

**3.6.12  
rated armature voltage** $U_{AN}$ 

<motor> value of the armature voltage presented by the *motor manufacturer*, which is the maximum armature voltage the *motor* can operate continuously at rated conditions

**3.6.13  
rated armature current** $I_{AN}$ 

<motor> value of the armature current presented by the *motor manufacturer*, which is the maximum armature current the *motor* can operate continuously at rated conditions

**3.6.14  
rated field current** $I_{FN}$ 

<motor> value of the field current presented by the *motor manufacturer*, which is the excitation current the *motor* can operate at *rated speed* at *rated armature voltage* and *rated armature current*

**3.6.15  
maximum rated safe speed** $N_{SNMax}$ 

<motor> maximum *speed*, at which the *motor* may be operated continuously

Note 1 to entry: Operation above the *maximum rated safe speed* could lead to a hazard.

### 3.7 Control systems (see Table 7)

**Table 7 – Control system and variables**

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.7.1	controlled variable				
3.7.2	service variable				
3.7.3	operating variable				
3.7.4	stimulus				
3.7.5	torque pulsation				
3.7.6	port				
3.7.7	port for process measurement and control				
3.7.8	signal interface				

#### 3.7.1

##### **controlled variable**

system variable in the feedback control of adjustable DC drives

Note 1 to entry: Some examples of controlled variables are speed, armature voltage, armature and field current.

#### 3.7.2

##### **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

#### 3.7.3

##### **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

#### 3.7.4

##### **stimulus**

change, variation or fluctuation of parameter which may cause deviation of performance or behavior of the *PDS*

Note 1 to entry: Examples of stimulus: change of speed reference, load of *PDS*, input voltage or temperature.

#### 3.7.5

##### **torque pulsation**

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

#### 3.7.6

##### **port**

access to a device or network where electromagnetic energy or optic signals may be supplied or received or where the device or network variables may be observed or measured

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-60, modified – The note to entry has been deleted.]

#### 3.7.7

##### **port for process measurement and control**

input/output (I/O) *port* for conductor or cable which connects the process to the *PDS*

### 3.7.8 signal interface

input/output (I/O) connection for a line connecting the *basic drive module* or *complete drive module* (BDM/CDM) to another part of the PDS

## 3.8 Tests (see Table 8)

**Table 8 – Type of tests**

No.	Terms	Acronym	Symbols	Mark	Unit
3.8.1	acceptance test			a	
3.8.2	commissioning test			a	
3.8.3	routine test			a	
3.8.4	sample test			a	
3.8.5	special test			a	
3.8.6	type test			a	
3.8.7	witness test			a	
<sup>a</sup> Definitions used in several standards of the IEC 61800 series.					

### 3.8.1 acceptance test

contractual test to prove to the *customer* that the device meets certain conditions of its specification

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23, modified – The word "item" has been replaced by the word "device".]

### 3.8.2 commissioning test

test on a device or equipment carried out on site, to prove the correctness of *installation* and operation

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151.16.24 and IEC 60050-411:1996, 411.53.06, modified – Both the definitions have been combined here.]

### 3.8.3 routine test

test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-02, modified – The word "machine" has been replaced by "device".]

### 3.8.4 sample test

test on a number of devices taken at random from a batch

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-05, modified — In the term, the word "sampling" has been replaced by "sample". In the definition, the word "machines" has been replaced by "devices".]

### 3.8.5

#### **special test**

test in addition to *type test* and *routine test*, made either at the discretion of the *manufacturer* or according to an agreement between the *manufacturer* and the *customer* or customer representative

### 3.8.6

#### **type test**

test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-01, modified – The word "machines" has been replaced by "devices".]

### 3.8.7

#### **witness test**

test performed in the presence of the *customer* or the representative of the *customer*

## **4 Ratings and specifications for the act of installing, commissioning and operation**

### **4.1 General**

Subclauses 4.3 to 4.13 provide a list of requirements relevant for the specification of a *BDM/CDM/PDS*. More severe requirements might be specified if considered relevant for the considered application.

A *BDM/CDM/PDS* is typically used for a specific application in a specific environment under specific conditions, in which the product has to operate, be transported or stored. These conditions include, but are not limited to, the electrical, electro-magnetic, mechanical, thermal, and chemical environment as well as requirements on the functionality, general safety and functional safety. These conditions are known by the *customer* or product standard committees using this document as a reference document and will need to be specified.

The *manufacturer* of the *BDM/CDM/PDS* shall specify which requirements of this document apply to its equipment.

In order to ensure consistency and avoid conflicting requirements across IEC 61800 (all parts), some of the subclauses in 4.3 to 4.13 refer directly to other parts of the IEC 61800 series.

NOTE A visual inspection can be done as a part of the production to ensure the assembly and installing process.

### **4.2 BDM/CDM/PDS characteristics and topology**

#### **4.2.1 General**

Subclauses 4.2.2 and 4.2.3 are intended to be informative regarding common characteristics and topology for *DC PDS*'s. The information in these clauses shall not be construed as requirements.



#### 4.2.2 BDM/CDM/PDS characteristics

*BDM/CDM/PDSs* are a type of electronic power conversion equipment, which provide *speed*, *current/torque*, or *position* control for electric *motors*. Some significant characteristics of *DC PDSs* include the following:

- *BDM/CDM/PD's* are commonly available with *output power* ranging from 0,2 kW to several thousand kW.
- Most industrial *BDM/CDM/PDS's* are designed to be powered from a three phase AC supply.
- Some *BDM/CDM/PDS's* are designed to be powered from single phase AC supply or DC supply.
- *BDM/CDM/PDS's* vary the *speed* of a *DC motor* by controlling the armature voltage and/or field current provided to the *motor*.
- Many *BDM/CDM's* are designed for use with permanent magnet *DC motors*.
- Energy *efficiency* of the typical DC *BDM/CDM* is typically very high. In general, it is beneficial to reduce energy lost in order to minimize size and operating cost.
- Regenerative *PDS's* are designed to operate in two or four quadrants and could return power from the *motor* of the *PDS's* to the feeding line.
- *BDM/CDM's* for use with *DC motors* are available with different control algorithms and speed/torque regulation methods for different applications. Control mode includes:
  - a) From the point of view of parameter under control:
    - i) torque control mode;
    - ii) speed control mode;
    - iii) position control mode.
  - b) From the point of view of control loop property:
    - i) open loop control, without feedback;
    - ii) closed loop control, with indirect (calculated) feedback;
    - iii) closed loop control, with direct (sensor) feedback.

#### 4.2.3 Basic topology for *BDM/CDM/PDS's*

##### 4.2.3.1 General

The commonly-used topologies for *BDM/CDM/PDS's* have two configurations. Main configurations are for line commutated *converters* and the other configurations are for self-commutated *converters* (choppers).

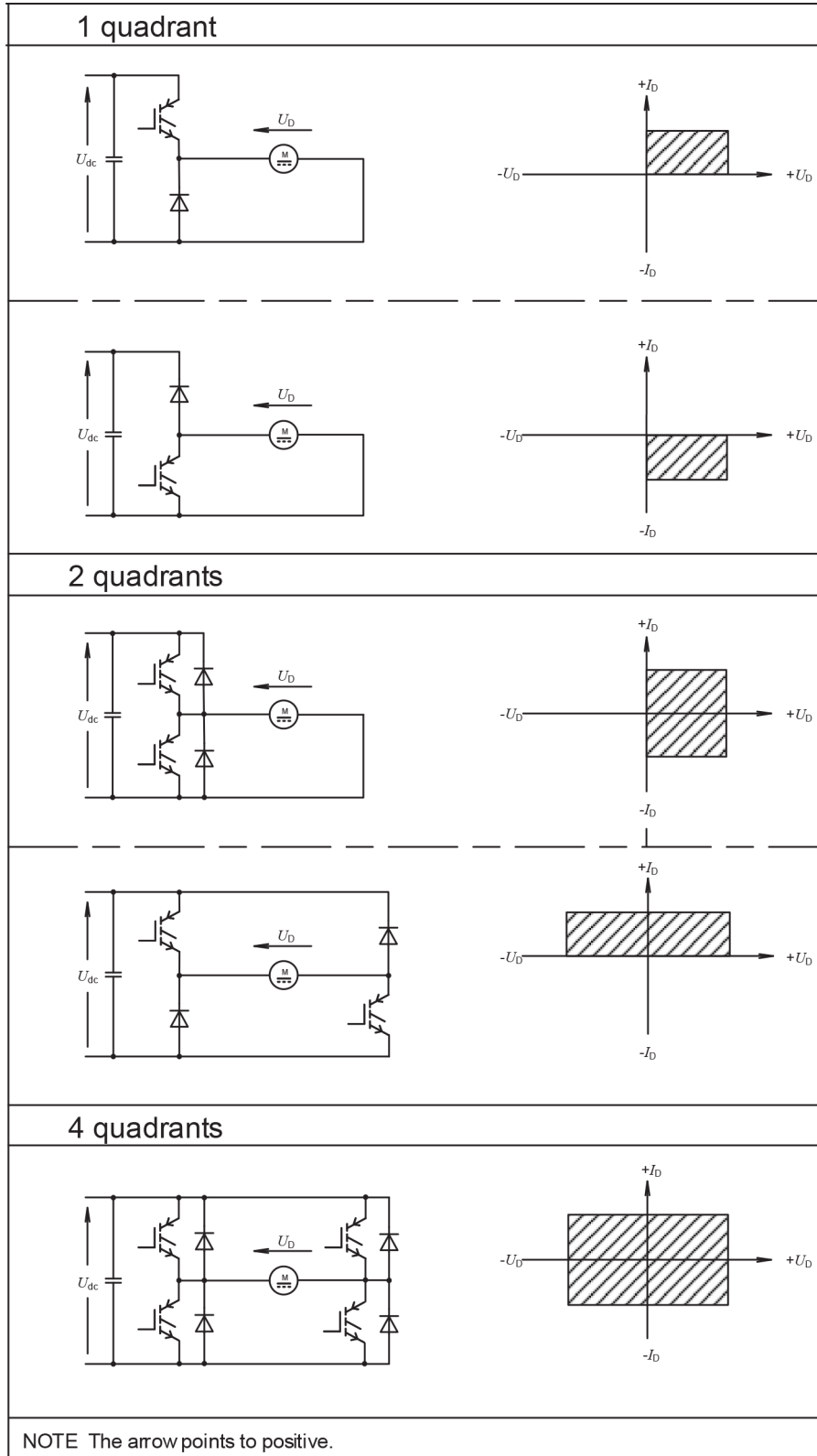
Figure 5 shows eight topologies related to line-commutated *converters*. With these topologies, the *speed* regulation is adjusted by thyristor phase control and the semiconductor devices should be thyristors. Subclauses 4.2.3.2 to 4.2.3.9 give the explanation of Figure 5.

Transformer configuration examples	Converter	Motor	Ripple information	
			Number of pulses	Subclauses
<p>Dd0y11(as example)</p>			12	4. 2. 3. 2
<p>Dd0y11(as example)</p>			12	4. 2. 3. 3
<p>Dy11(as example)</p>			6	4. 2. 3. 4
<p>Dy11(as example)</p>			6	4. 2. 3. 5
<p>Dyn11(as example)</p>			3	4. 2. 3. 6
<p>Dy11(as example)</p>			2	4. 2. 3. 7
<p>Dy11(as example)</p>			2	4. 2. 3. 8
<p>Dy11(as example)</p>			2	4. 2. 3. 9

NOTE [ ] Reversal of current direction

Figure 5 – Main configurations for line-commutated converters

Figure 6 shows some topologies of self-commutated converters and their operation quadrants. In these topologies, the speed regulation is adjusted by chopping the input voltage and the semiconductor switching devices may be MOSFETs, IGBTs or IGCTs. Subclauses 4.2.3.10 to 4.2.3.12 give the explanation of Figure 6.



IEC

**Figure 6 – Basic configurations of self-commutated converters (choppers)**

#### 4.2.3.2 12-pulse thyristor *rectifier* with double three-phase bridges in series

Two three-phase 6-pulse thyristor *rectifier* bridges are fully controlled and connected in series. The *motor speed* is controlled by thyristor phase angle control. This topology allows operation in quadrants I and II. For generator operation, two of additional thyristors bridges are used, which are inverse parallel connected with the original bridges. The inputs of three-phase bridges are connected to the two secondary windings of the three-phase transformer (for example Dd0y11). Double three-phase 12-pulse *rectifiers* greatly reduce the *THD of input current of input transformer*.

#### 4.2.3.3 12-pulse thyristor *rectifier* with double three-phase bridges in parallel

Two three-phase 6-pulse thyristor *rectifier* bridges are fully controlled and connected in parallel. The *motor speed* is controlled by thyristor phase angle control. This topology allows operation in quadrants I and II. For generator operation, two of additional thyristor bridges are used, which are inverse parallel connected with the original bridges. The inputs of three-phase bridges are connected to the two secondary windings of the three phase transformer (for example Dd0y11). Double three-phase 12-pulse *rectifiers* greatly reduce the *THD of input current of input transformer*.

#### 4.2.3.4 Three-phase 6-pulse fully controlled thyristor *rectifier*

Three-phase 6-pulse fully controlled thyristor *rectifier* is the most commonly used topology. The *motor speed* is regulated by thyristor phase angle control. This topology allows operation in quadrants I and II. For generator operation, an additional thyristor bridge is used, which is inverse parallel connection with the original bridge. The inputs of three-phase bridges are connected to the secondary winding of the three-phase transformer (for example Dy11). Three-phase 6-pulse *rectifier* can cause high *THD of input current of input transformer*.

#### 4.2.3.5 Three-phase 6-pulse half controlled thyristor/diode *rectifier* with freewheel diode

The *motor speed* is regulated by thyristor phase angle control. This topology allows operation in quadrant I. The inputs of three-phase bridges are connected to the secondary winding of the three-phase transformer (for example Dy11). Three-phase 6-pulse *rectifier* can cause high *THD of input current of input transformer*.

#### 4.2.3.6 Three-phase 3-pulse half-wave fully controlled *rectifier*

The *motor speed* is controlled by thyristor phase angle control. This topology allows operation in quadrant I and II. For generator operation, three additional thyristors are used, which are inverse parallel connection with the original thyristors. The inputs of three-phase half-wave fully controlled *rectifier* are connected to the secondary winding of the three-phase transformer (for example Dyn11) with neutral. A 3-pulse *rectifier* causes higher *THD of input transformer*.

#### 4.2.3.7 Single-phase 2-pulse half controlled thyristor/diode *rectifier* with freewheel diode

The *motor speed* is regulated by thyristor phase angle control. This topology allows operation in quadrant I. The inputs of single-phase bridge are connected to the secondary of a transformer. The *THD of input current of input transformer* shall not be neglected.

#### 4.2.3.8 Single-phase 2-pulse half controlled thyristor/diode *rectifier*

The *motor speed* is controlled by thyristor phase angle control. This topology allows operation in quadrant I. The inputs of single-phase bridge are connected to the secondary of a transformer. The *THD of input current of input transformer* shall not be neglected.

#### 4.2.3.9 Single-phase 2-pulse fully controlled thyristor *rectifier* bridges

The *motor speed* is controlled by thyristor phase angle control. This topology allows operation in quadrants I and II. For generation, one additional thyristor bridge are used, which are inverse parallel connection with the original bridge. The inputs of single-phase bridge are connected to the secondary of a transformer. The *THD of input current of input transformer* shall not be neglected.

#### 4.2.3.10 DC/DC *converter* with one quadrant

In the upper topology of "1 Quadrant" in Figure 6, energy flow is unidirectional from DC power source into the *motor*; the *converter* operates in quadrant I.

In the lower topology of "1 Quadrant" in Figure 6, energy flow is unidirectional from the *motor* into DC power source, the *converter* operates in quadrant IV.

#### 4.2.3.11 DC/DC *converter* with two quadrants

In the upper topology of "2 Quadrants" in Figure 6, the *converter* may operate in quadrant I or IV. Energy flow either from DC power source into the *motor* in quadrant I or from the *motor* into DC power source in quadrant IV.

In the lower topology of "2 Quadrants" in Figure 6, the *converter* may operate in quadrant I or II. Energy flow either from DC power source into the *motor* in quadrant I or from the *motor* into DC power source in quadrant II.

#### 4.2.3.12 DC/DC *converter* with four quadrants

This is the most commonly used topology. In the topology of "4 Quadrants" in Figure 6, the *converter* can operate in four quadrants.

### 4.3 Ratings

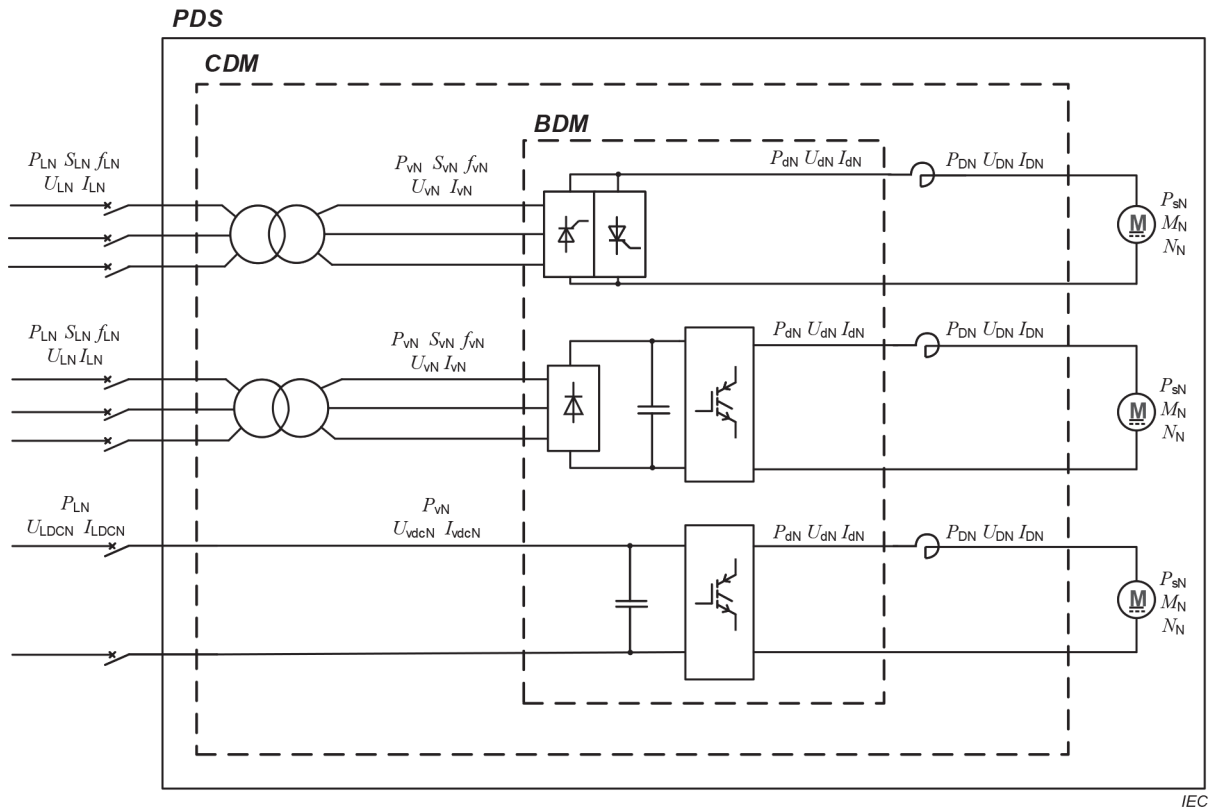
#### 4.3.1 General

The input and output ratings shall be specified by the *manufacturer* according to the requirements in 4.3.2 to 4.3.6 as shown in Figure 7.

For EMC related items, see IEC 61800-3.

For general safety related items, see IEC 61800-5-1.

For functional safety related items, see IEC 61800-5-2.



**Figure 7 – Overview of input and output ratings of the BDM/CDM/PDS**

NOTE 1 In case no transformer or other optional device such a filter is installed between *mains supply* input (i.e. CDM/PDS input) and BDM input, the ratings of CDM/PDS input and those of BDM input are same values, i.e.  $U_{vN} = U_{LN}$  and so on.

NOTE 2 In case no optional device such a filter is installed between BDM output and *motor* input (i.e. CDM output), the ratings of CDM output and those of BDM output are same values, i.e.  $U_{dN} = U_{DN}$  and so on.

NOTE 3 The BDM/CDM/PDS current, voltage and field ratings can be provided within a range of values.

NOTE 4 In the middle topology in Figure 7, the *rectifier* in the can be any kinds of *rectifier*, such as AIC or diode *rectifier*.

### 4.3.2 Input ratings

#### 4.3.2.1 Input voltage and input frequency

The BDM/CDM/PDS input voltage and frequency (in case of AC input) ratings/range shall be specified by the *manufacturer*.

Preferred rated values are listed in Table 9.

**Table 9 – Standard rated voltages as specified in IEC 60038**

At 50 Hz	At 60 Hz
V	V
100	100
---	120
200	200
---	208
220	220

At 50 Hz	At 60 Hz
V	V
230	230
240	240
380	---
400	400
415	---
---	480
---	600
660	---
690	---
NOTE 1 Voltage tolerances are provided in IEC 61800-3.	
NOTE 2 Standard voltages as specified in IEC 60038.	

Non-standard voltage values may be specified for system optimization or special application needs.

For compliance, see 5.4.2.4.2.

#### 4.3.2.2 **Input current**

The *BDM/CDM/PDS input current* rating shall be specified by the *manufacturer*.

The specified *input current* includes the current required by the auxiliaries if they are supplied from the same supply of the *BDM/CDM/PDS*.

These values shall be stated by *the manufacturer*.

For compliance, see 5.4.2.4.3.

### 4.3.3 **Output ratings**

#### 4.3.3.1 **BDM/CDM continuous output ratings**

Continuous output ratings shall be stated by the *manufacturer* and shall be in terms of the output of the *BDM/CDM*:

- voltage  $U_{dN} / U_{DN}$ ;
- current  $I_{dN} / I_{DN}$ ;
- power  $P_{dN} / P_{DN}$ ;
- field current  $I_{FN}$ ;
- field voltage  $U_{FN}$ .

For compliance, see 5.4.2.5.3 and 5.4.2.5.4.

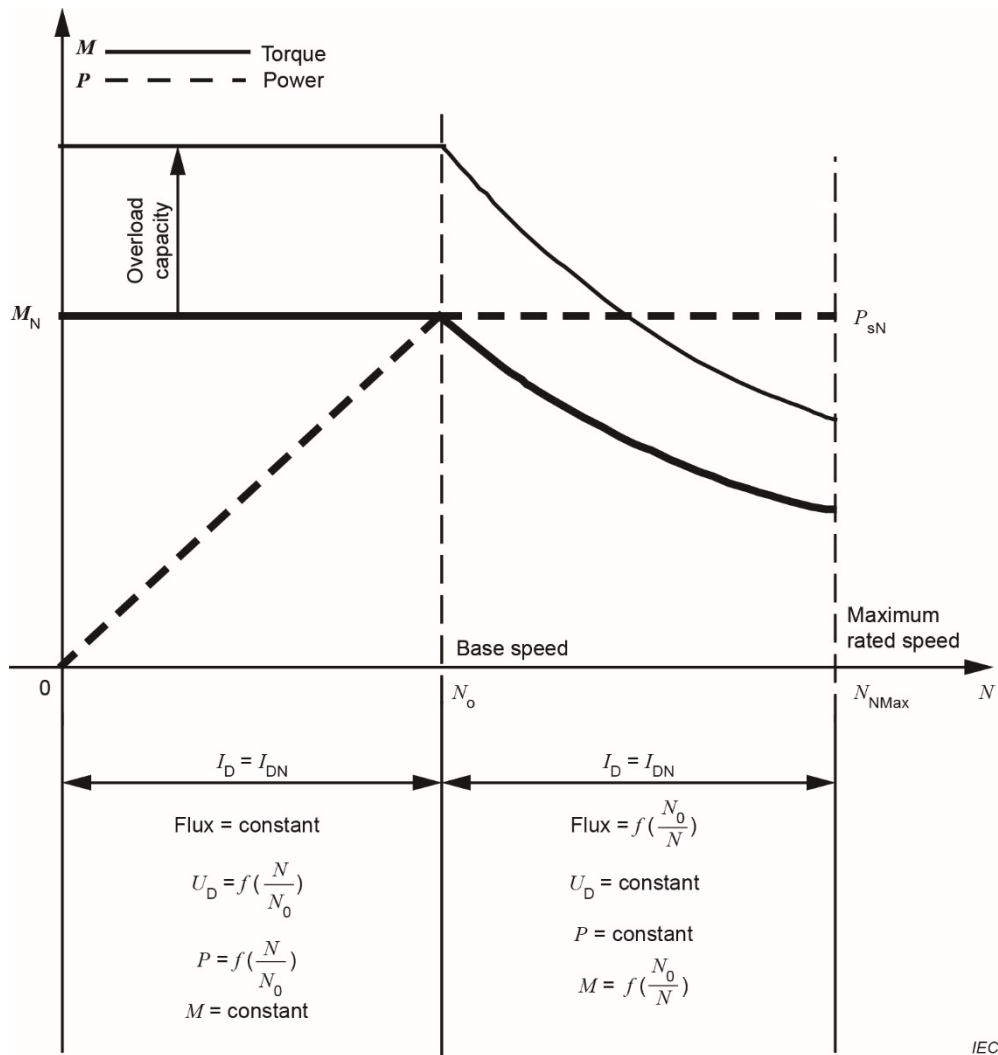
NOTE When *CDM* and *motor* are not provided by the same *manufacturer/supplier*, information can be exchanged to define proper performance and compatibility of *CDM* and *motor*.

**4.3.3.2 PDS continuous output ratings**

Continuous output ratings shall be stated by the *manufacturer* and shall be in terms of the *motor* shaft of the *PDS*:

- *rated torque* ( $M_N$ ) [N·m];
- *rated speed* ( $N_N$ ) [r/min];
- *maximum rated speed* ( $N_{Nmax}$ ) [r/min];
- *rated output power* ( $P_{sN}$ ) [kW].

Example of operating region of a PDS see Figure 8.



- NOTE 1 In the example, the rated voltage and current of the *motor* are equal to those of the *CDM*.
- NOTE 2 Reducing overload capacity can be necessary for *speed* range over the *base speed*.
- NOTE 3 Operation below the *base speed* can necessitate the use of a blower for correct cooling of the *motor*.
- NOTE 4 This figure can be extended to four quadrant operation.
- NOTE 5 Reducing load capacity can be necessary for operation above *base speed*.
- NOTE 6 In the example,  $N_0 = N_N$ .

**Figure 8 – Example of operating region of a PDS**



For compliance see 5.4.2.5.3, 5.4.2.5.4.

#### 4.3.3.3 Overcurrent and torque capability

Overcurrent, torque and overtorque should be considered when selecting a *BDM/CDM/PDS*. The defined minimum levels for safety listed as an overload requirement in IEC 61800-5-1 establish a range of acceptable overcurrent, torque and overtorque conditions. *Manufacturers* typically create products that operate well within the maximum stated values in IEC 61800-5-1. Examples of typical overload magnitudes and duration are given in 4.10, IEC 60146-1-1:2009 and IEC TR 61800-6. Non-typical overcurrent, torque and overtorque values are possible and the customer should consult the *manufacturer's* product information for guidance on this topic to ensure the *BDM/CDM/PDS* meets the requirements of the application.

The performance of overload, torque and overtorque should be validated by test at the level the *manufacturer* specifies. These performance levels may be different than what is defined in IEC 61800-5-1 as long as they provide greater protection. A good design rule for any type of duty cycle is that the RMS value of the current over the complete cycle should not exceed the rated current. Table 10 and Figure 9 show six typical examples of a 1 min overload with a 10 min and 60 min load cycle.

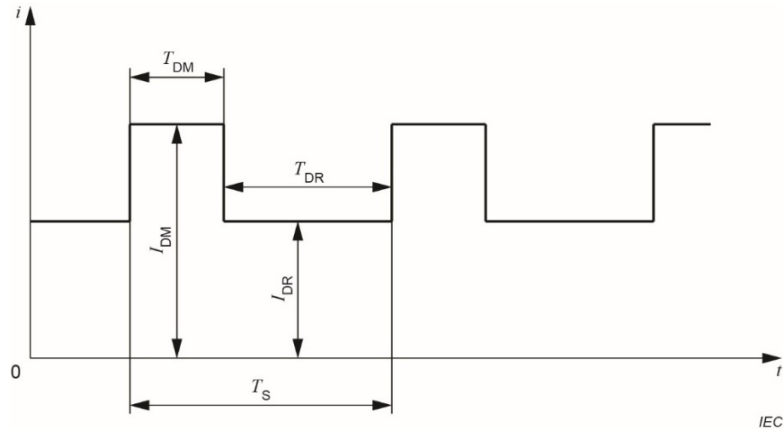
For any type of duty cycle, the output current over the complete cycle shall not exceed the rated current, that means the 5 variables defined in Table 10 and Figure 9 should meet formula (1).

$$\sqrt{\frac{I_{DM}^2 \times T_{DM} + I_{DR}^2 \times T_{DR}}{T_S}} \leq 1 \quad (1)$$

Table 10 lists six typical examples of a 1 min overload with a 10 min and 60 min load cycle.

**Table 10 – Example of reduced maximum continuous load as a function of an overload**

Overload		Reduced continuous load	
Amplitude $I_{DM}$ [p.u. of rated]	Duration $T_{DM}$ [min]	Maximum amplitude of $I_{DR}$ [p.u. of rated]	Duration $T_{DR}$ [min]
1,5	1	0,928	9
1,5	1	0,989	59
1,25	1	0,968	9
1,25	1	0,995	59
1,1	1	0,988	9
1,1	1	0,998	59



**Figure 9 – Overload cycle example**

For repetitive load duty, the *rated output current* ( $I_{dN}$ ) shall correspond, as a minimum, to the value of the *motor current* for a full period of the *motor duty cycle* and the *output overload capability* of the *converter* shall be adequate for the load duty cycle.

For continuous duty, the *rated output current* ( $I_{dN}$ ) shall correspond, as a minimum, to the continuous *motor current* necessary to supply the specified continuous *motor torque*. In the case of intermittent load duty, the overloads shall not cause the *converter current* to exceed its overload rating.

For compliance, see 5.4.2.5.5.

#### **4.3.4 Operating quadrants**

##### **4.3.4.1 General**

The above ratings of 4.3.2 and 4.3.3 shall be given for all operating quadrants (I, II, III, IV).

##### **4.3.4.2 Operation in II and IV quadrants**

The operation in II and IV quadrant applies to applications when the *motor* is running in generative mode generating power back as explained in 4.2.

The input and output ratings under the operation in II and IV quadrants shall be specified including the relevant parameters for the applicable solution.

For compliance, see 5.4.2.5.6.

#### **4.3.5 Ratings, properties and functionalities of the BDM/CDM/PDS**

The ratings, properties and functionalities of the *BDM/CDM/PDS* shall be specified by the *manufacturer*.

NOTE Examples of properties and functionalities: limits for voltage, current, *speed* and torque, *BDM/CDM* protection against *motor* overload and, output short circuit.

For compliance, see 5.4.2.6.

### 4.3.6 Special ratings related to *BDM/CDM/PDS* or *motor*

#### 4.3.6.1 General

Special ratings can be specified to provide further information for specific applications or considerations. This includes the effect on the *mains supply* side, inside the *BDM/CDM/PDS* as well as the effect on the *motor*.

For compliance, see 5.4.2.8.2 to 5.4.2.8.5.

#### 4.3.6.2 Transformers and input reactor

Power transformers may be used on the mains side of the *BDM/CDM/PDS* as step-up or step-down transformers. Input reactors are needed when several *BDM/CDM/PDS*'s are powered by the same transformer winding.

IEC 61378 (all parts) provide specifications for the design of these transformers.

Transformers and input reactors shall comply with IEC 60076-6.

Additional information is provided in Annex C.

#### 4.3.6.3 Output reactor

Output reactors may be used while the *motor* could not withstand high voltage/current *ripple*.

Output reactors shall comply with IEC 60076-6.

Additional information is provided in Annex C.

#### 4.3.6.4 Motor

*Motors* may be excited or permanent magnet types, and with commutator-brush. The requirements of brush-less *DC motors* shall comply with IEC 61800-2 as the input of the BLDC is AC but not DC.

Additional information is provided in Annex A.

## 4.4 Performance

### 4.4.1 Operational

#### 4.4.1.1 General

The ratings of included features of the *BDM/CDM/PDS* shall be specified by the *manufacturer*. One or more of the following features can be included:

- timed acceleration/ deceleration;
- *dynamic braking*;
- reversing;
- *regeneration*;
- line filtering;
- input/output data processing (analog/digital);
- automatic restart;
- field control;

- overload capability;
- communication *ports*;
- safe functions such as STO.

This list is not intended to be exhaustive.

#### **4.4.1.2 Steady state performance**

##### **4.4.1.2.1 General**

The control system is in a steady state when the reference and operating variables have been constant for more than three times the settling time of the control system and the service variables have been constant for more than three times the longest time constant of the equipment (e.g. the thermal time constant of the speed sensor). Steady state performance for drive variables such as *torque*, *speed*, position, etc., shall be specified in accordance with 4.4.1.2.2 to 4.4.1.2.6.

For compliance, see 5.4.2.9.

##### **4.4.1.2.2 Deviation band**

The deviation band (see Figure 10) 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.

The deviation band is expressed:

- as a percentage of the ideal maximum value of the directly controlled (or other specified) variable, see example in 4.4.1.2.3;
- as an absolute number for variables which have no readily definable base, such as position.

The signal representing the directly controlled variable should be filtered, for example by a first order low-pass filter with a 100 ms time constant, in order to remove noise and *ripple* from the signal.

NOTE The deviation band cannot be used to specify items which are not related with the steady state control performance (e.g. torque pulsation, or the *speed ripple* caused by load torque or *motor* torque pulsation).

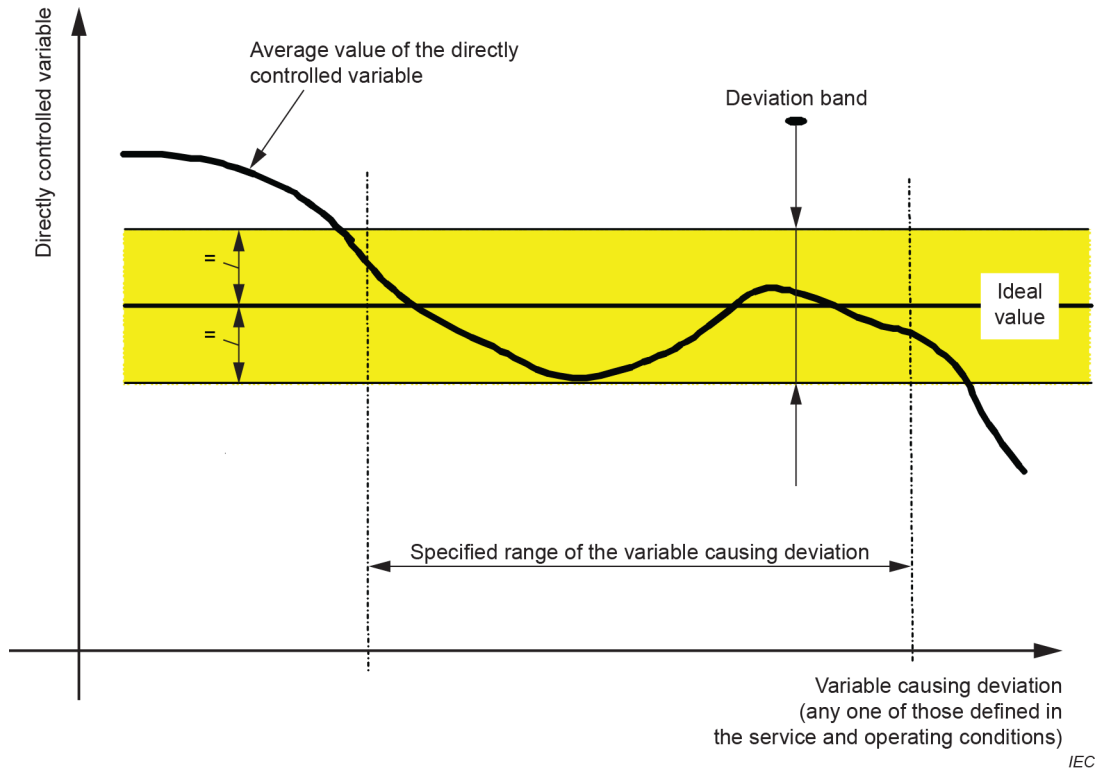


Figure 10 – Deviation band

#### 4.4.1.2.3 Selection of deviation band

The steady state performance of a feedback control system should be described by a number, selected from Table 11 (other levels may be defined by agreement).

The range of variables to which the deviation band applies shall be specified (see Figure 10).

Table 11 – Maximum deviation bands (%)

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

EXAMPLE A PDS has a 1 780 r/min *motor* that is fed by a *converter*. The maximum speed of the PDS is 2 000 r/min and the specified deviation band for the speed control is ±0,5 %. Operating conditions are: speed range: 0 to 2 000 r/min; load torque range: zero to *rated torque*. Service conditions, ambient temperature range: 5 °C to 40 °C.

Thus the deviation of the actual speed from the ideal value (speed reference) is:

$$\pm 0,5 \% \text{ of } 2\,000 \text{ r/min} = \pm 10 \text{ r/min}$$

when the value of the speed reference, load torque and ambient temperature are within their specified ranges.

For example, if the speed reference is 1 200 r/min, the actual *speed* of the *motor* will be 1 200 r/min ± 10 r/min, that is between 1 190 r/min and 1 210 r/min.

#### 4.4.1.2.4 Service deviation band – Limits

The specified service deviation band (selected from Table 11) should 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.

#### 4.4.1.2.5 Operating deviation band – Limits

The operating deviation band of the directly controlled variable (selected from Table 11) should not be exceeded for the range of the operating variable indicated. The service conditions shall be held constant during the observation.

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.

#### 4.4.1.2.6 Resolution

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

#### 4.4.1.3 Dynamic performance

##### 4.4.1.3.1 General

The dynamic performance of the *BDM/CDM/PDS* varies greatly based on application. There are many ways in which dynamic performance is achieved, including: current limit, timed acceleration, inertia limit, etc.

Dynamic performance shall be specified according to 4.4.1.3.2 to 4.4.1.3.3.

For compliance, see 5.4.2.10.2, 5.4.2.10.3; 5.4.2.10.4, 5.4.2.10.5 and 5.4.2.10.6.

##### 4.4.1.3.2 Time responses

###### 4.4.1.3.2.1 General

Time response represents the output versus time curve resulting from the application of a specified input, under specified operating and service conditions.

If not otherwise agreed upon between the customer and system supplier, the *PDS* shall operate before the application of a specified input under the following operating and service conditions:

- *base speed*;
- *maximum rated speed*;
- no load;
- *rated input voltage and input frequency*;
- temperature stabilized after a 1 h warm-up of the measuring equipment and interfaces, ambient temperature being within service conditions.

The output curve may contain a significant amount of *ripple*, for example due to the operation of the power semiconductor devices in the *BDM*. The average curve shall be used in the determination of the time response (see Figure 11). Typical time responses for a *PDS* are the time responses following a step change of speed reference, current reference or torque reference (see Figure 11) and the time response following a change in the load torque (see Figure 12). For specification purposes, the load torque of the driven equipment shall be assumed to increase linearly from zero to a specified torque (or decrease from a specified torque to zero) within 100 ms, without overshoot if not otherwise agreed between the system supplier and customer.

###### 4.4.1.3.2.2 Response time

The 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.

The specified value for a time response following a step change of reference input (see Figure 11) shall be the initial average value plus 90 % of the steady state increment. The transient overshoot shall be equal or less than 10 % of the steady state increment.

The specified value for a time response following a change in an operating variable, Figure 12, the specified deviation value shall be 10 % of the maximum transient deviation.

#### 4.4.1.3.2.3 Rise time

The rise time is the time required for the output of a control system to make the change from a small specified percentage of the steady-state increment to a large specified percentage of the steady state increment, either before overshoot or in the absence of overshoot (see Figure 11).

The small specified percentage shall be 10 %, the large specified percentage shall be 90 % and the transient overshoot shall be equal or less than 10 % of the steady state increment. 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.

#### 4.4.1.3.2.4 Settling time

The 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 average value.

For a time response following a step change of reference input (see Figure 11), the specified band shall be  $\pm 2$  % of the steady state increment if not otherwise agreed upon between the system supplier and the customer. For a time response following a change in an operating variable (see Figure 12), the specified band shall be  $\pm 5$  % of the maximum transient deviation if not otherwise agreed upon between the system supplier and the customer.

#### 4.4.1.3.2.5 Load impact speed deviation area

Load impact speed deviation area (corresponding to a drift of the position) provides an assessment of the response of a speed control for a sudden change in load torque (see Figure 12). The formula is:

$$A_{\text{IISD}} = \frac{T_r \times D_{\text{Tmax}}}{2} \quad (2)$$

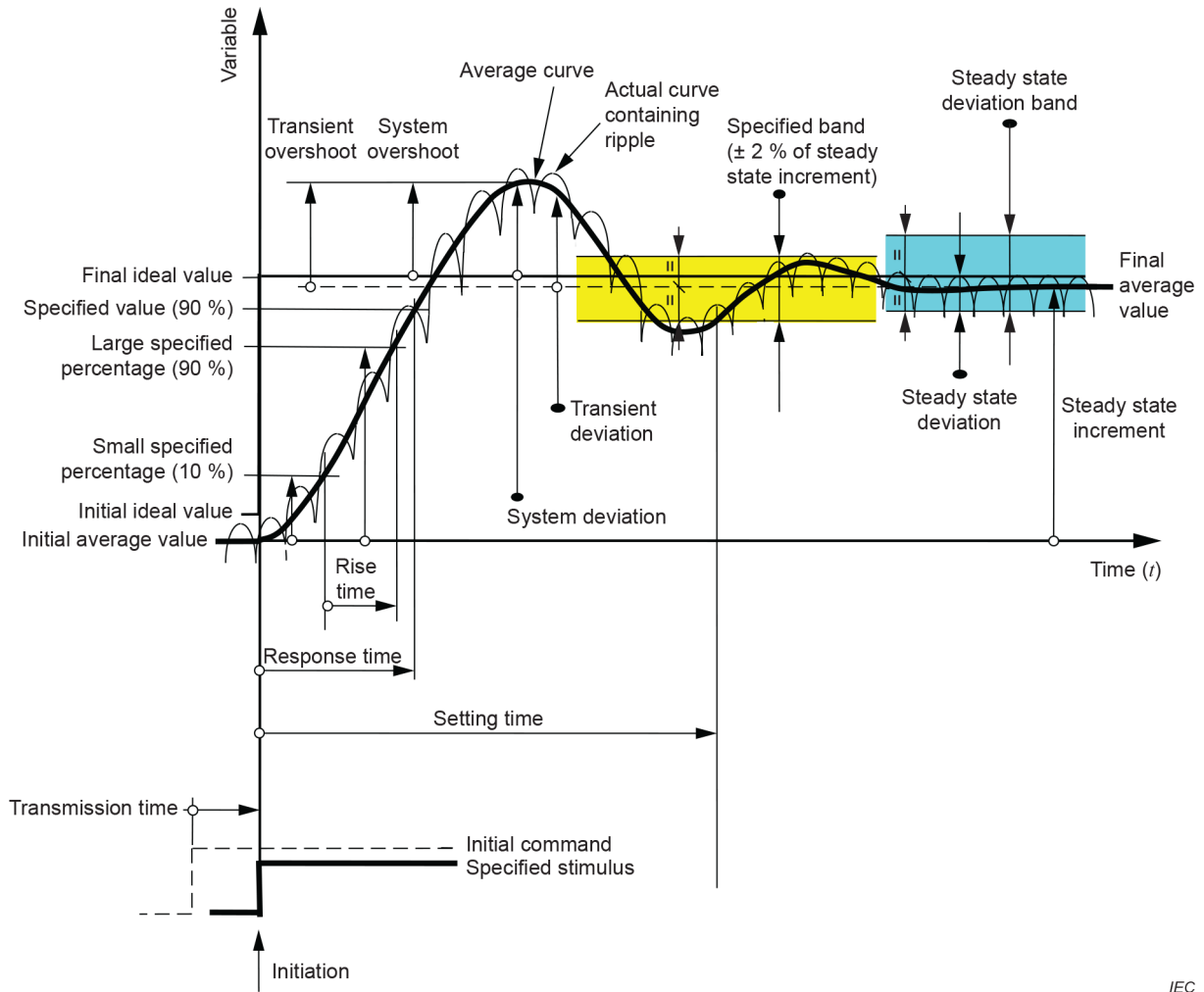
Where

$A_{\text{IISD}}$  is the load impact speed deviation area;

$T_r$  is the response time;

$D_{\text{Tmax}}$  is the maximum transient deviation.

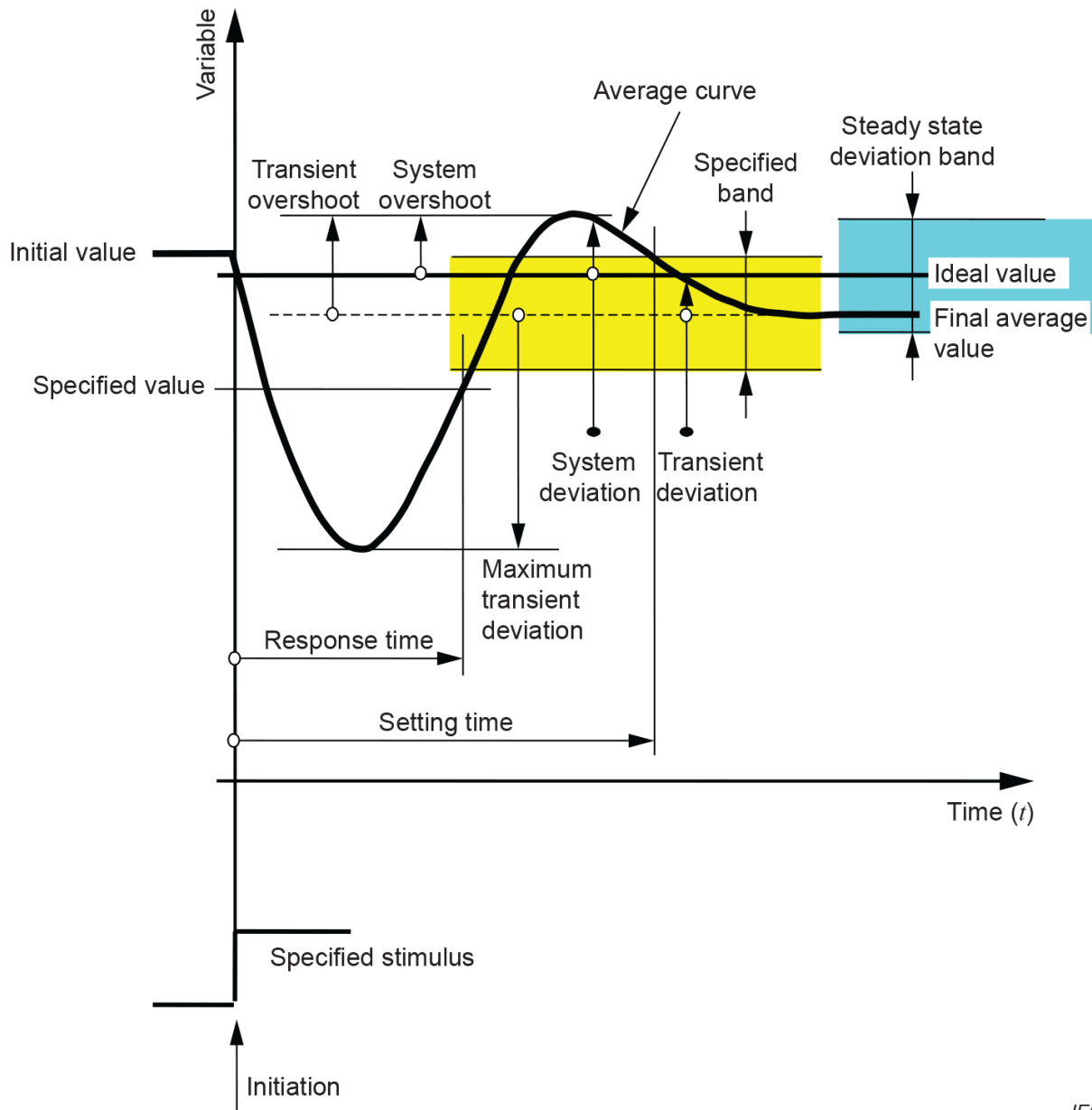
where the maximum transient deviation is given as a percentage of the maximum operating *speed*. Thus, the unit of the load impact speed deviation area is percent seconds (% s).



IEC

**Figure 11 – Time response following a step change of reference input, no change in operating variables**





IEC

**Figure 12 – Time response following a change in an operating variable – No reference change**

#### 4.4.1.3.2.6 Dynamic deviation

Dynamic deviation is the deviation between the reference (ideal value) and actual value when the reference is changed at specified rate (see Figure 13).

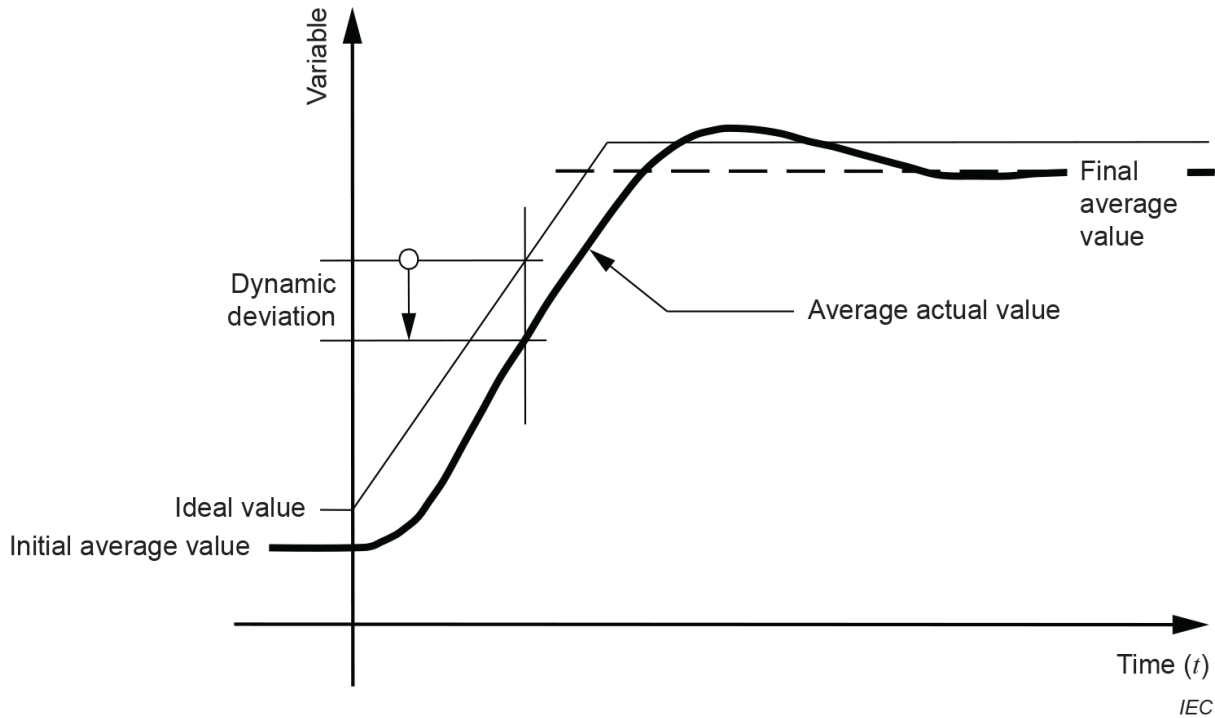


Figure 13 – Time response following a reference change at specified rate

4.4.1.3.3 Frequency response of the control

4.4.1.3.3.1 Frequency analysis

Frequency response represents the amplitude ratio (amplification) and phase difference between the controlled variable and the sinusoidal *stimulus* as a function of the *stimulus* frequency when the feedback loop (if it exists) is closed.

NOTE 1 It is possible to use multi-frequency *stimulus* (noise) instead of the sinusoidal variable frequency *stimulus* when the frequency response is measured using a frequency analyzer.

NOTE 2 It is common to use decibels (dB) with the amplification (see IEC 60027-3). The formula is:

$$G = 20 \log_{10} \left( \frac{F_2}{F_1} \right) \text{ dB} \tag{3}$$

where

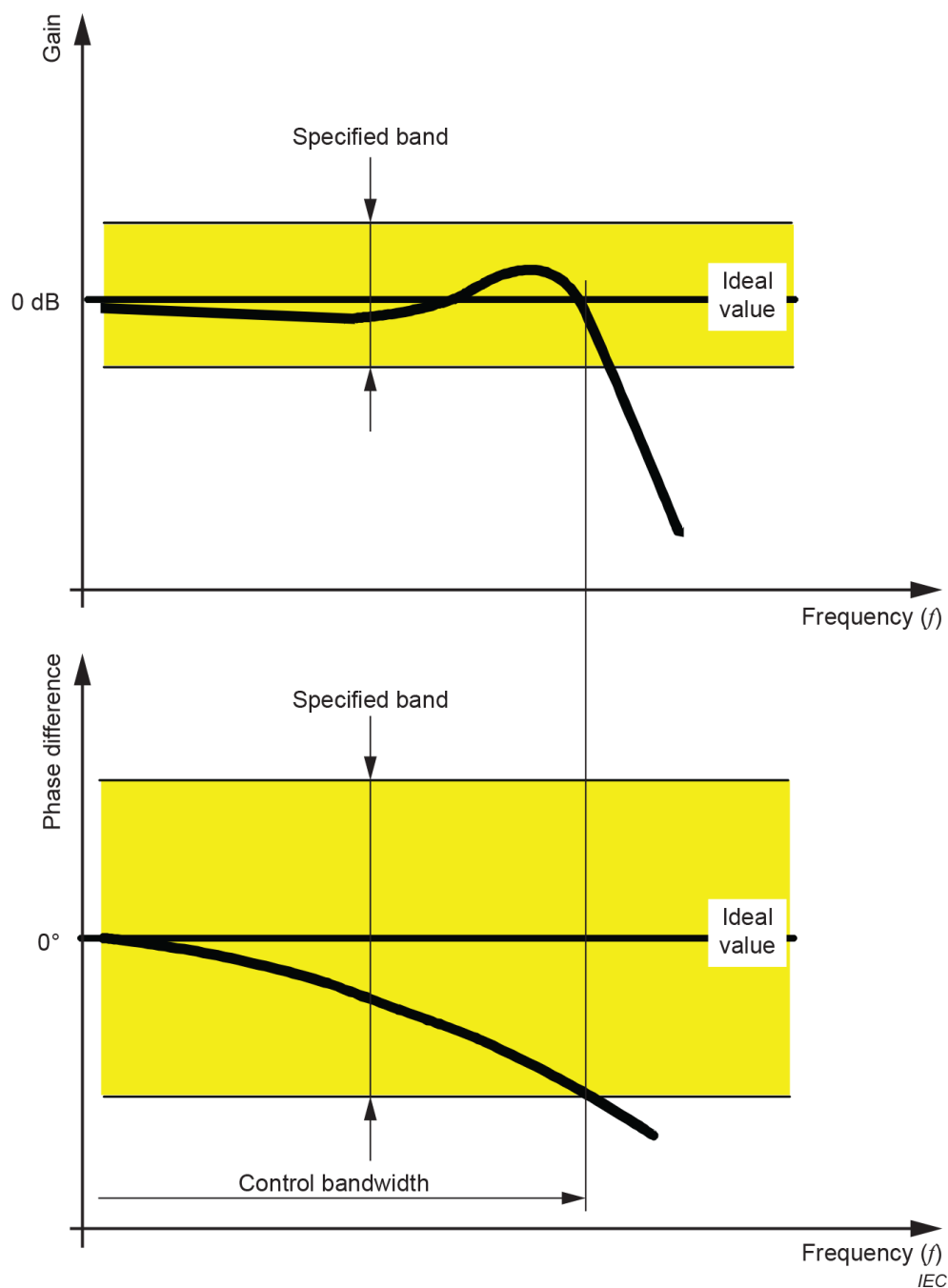
$F_2/F_1$  is the amplitude ratio(output/input);

$G$  is the gain.

For example, if the amplitude ratio is 0,708, the gain is approximately -3 dB.

4.4.1.3.3.2 Control bandwidth

The control bandwidth is the frequency interval where both the amplification (gain) and phase difference of the frequency response with the reference variable as a *stimulus* remain within specified bands centered on 0 dB and 0° values, respectively, see Figure 14. The specified bands shall be ±3 dB and ±90° if not otherwise agreed between the system supplier and customer.



NOTE The control bandwidth of the case shown in the figure is limited by the specified phase band.

**Figure 14 – Frequency response of the control – Reference value as *stimulus***

#### 4.4.1.3.3.3 Disturbance sensitivity

The disturbance sensitivity is the frequency response amplification when the *stimulus* is a specified operating variable. Typical example is the sensitivity of the *motor speed* for pulsating load torque.

NOTE The sensitivity can be expressed in dB only when both the controlled variable amplitude and the *stimulus* amplitude are expressed in per unit (p.u.).

#### 4.4.1.4 Dynamic braking

*Dynamic braking* refers to the use of dissipative elements (resistors) to allow electrical braking of the machine when *converter* or line supply fault.

*Dynamic braking* here is considered to apply only to the use of a resistor across the armature terminal of a *DC motor*.

The characteristics of *dynamic braking* should be agreed upon between the user and the *manufacturer/supplier*. The following subclauses may be subject to modification by negotiation.

When *dynamic braking* 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 the stored rotational energy of the *motor* and the driven equipment at *maximum rated speed* (with the resistor initially at ambient temperature);
- c) the maximum *dynamic braking* armature current at top *speed* is 150 %; and the inertia of the driven equipment shall be provided by the user.

NOTE 1 The figure of current 150 % is typical and can be chosen differently according to other overload conditions (e.g. 110 % for fans).

NOTE 2 *Converter* with 4 quadrants operation can be employed where fast change of motor speed needed, while energy transfer from the motor to the line is called "regenerating operation". Energy transfer from the motor to the line could include energy transfer to other devices connected to the *DC link* of the regenerating device. Many of the topologies are capable of four quadrant operation and therefore, regenerative braking.

#### 4.4.1.5 Other performance requirements

##### 4.4.1.5.1 General

Other performance requirements are to be quantified by the *customer* or by the *manufacturer* together with the *customer*, e.g. considering 4.4.1.5.2 to 4.4.1.5.4.

##### 4.4.1.5.2 Application requirements

Application requirements include:

- Sonic pressure and sound level;
- operating quadrants: the usual combination are quadrants I, I and II, I and IV, or all quadrants;
- torque as a function of *speed* (see Figure 8);
- special mechanical conditions (see D.5.3).

##### 4.4.1.5.3 Supply connection requirements

Supply connection requirements include:

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

NOTE For details, see IEC 61800-3 and IEC 61800-5-1.

##### 4.4.1.5.4 Rating requirements

Rating requirements include:

- *rated output current* ( $I_{dN}$  /  $I_{DN}$ ) (see 4.3.3.1);
- *rated output voltage* ( $U_{dN}$  /  $U_{DN}$ ) (see 4.3.3.1).

#### 4.4.2 Fault supervision and protection

##### 4.4.2.1 Fault supervision

The *BDM/CDM* shall provide specified fault indication and response. This may consist of a common alarm and/or trip signal provided via I/O. The fault indication is normally activated by one or more of the *BDM/CDM* faults, which may include but are not limited to the following:

- external faults;
- output power section fault;
- instantaneous overcurrent;
- field loss;
- overtemperature (*converter*);
- loss of cooling medium;
- *motor* overload;
- auxiliary *power* supply fault;
- supply overvoltage/undervoltage;
- loss of supply phase;
- internal control system fault;
- regulator/power circuit diagnostics;
- current limit or timed acceleration;
- overspeed and loss of *speed* feedback;
- cooling fan failure.

##### 4.4.2.2 Fault protection

The *PDS* should contain the necessary protection functions, system components protection and generally high system availability. Well-designed protection will protect against contingencies internal and external to the drive system. This should include the protections listed in Table 12.

The demand for and the scope of the *PDS* protection system increase typically with the power of the drive system. For large or important drives, a diagnostic system to help the customer in fault conditions is recommended.

**Table 12 – *PDS* protection functions**

Line-side supply	Alarm	Trip	Remark
Outage, phase loss	X	X	
Line overvoltages	X	X	
Line undervoltages	X	X	
Line voltage unbalance	X	X	
<b>Line feeder</b>			
Overcurrent		X	
Overload	X	X	

<b>Transformer</b>	<b>Alarm</b>	<b>Trip</b>	<b>Remark</b>
Gas relay (Buchholz)	X	X	oil-type only
Overtemperature	X	X	
Loss of cooling media	X	X	
Low oil level	X		oil-type only
<b>Converter</b>			
<b>Converter</b>	<b>Alarm</b>	<b>Trip</b>	<b>Remark</b>
Overcurrent	X	X	commutation failure, short circuit, etc.
Overload	X	(X)	thermal
Overvoltage	X	X	
Earth fault	X	(X)	
Loss of cooling	X	(X)	
Overtemperature	X	(X)	
Loss of auxiliary supply	X	X	
Loss of communication to process control	X	(X)	
Loss of <i>speed</i> feedback	X		
Field loss	X	X	
<b>Motor</b>			
<b>Motor</b>	<b>Alarm</b>	<b>Trip</b>	<b>Remark</b>
Armature overvoltage	X	X	
Armature overcurrent	X	X	
Field overvoltage	X	X	
Field overcurrent	X	X	
Overload	X	(X)	thermal
Overspeed	X	X	
Winding overtemperature	X	X	
Bearing overtemperature	X	X	
High vibrations	X	X	
Loss of cooling	X	(X)	
Loss of lubrication	X	X	
NOTE 1 Vibration protection functions can be taken care of by the driven equipment supplier.			
NOTE 2 (X): conditionally applied.			

The impedance of the supply network at the IPC and the input impedance of the *PDS* (see Annex B) shall be considered.

#### 4.4.3 Minimum status indication required

The *BDM/CDM/PDS* should be equipped with a status indication signal for "drive on" (whether *motor* rotating or at standstill), powered on and fault indication. The *BDM/CDM/PDS* may also be equipped with a status indication signal "drive ready for operation".

#### 4.4.4 I/O devices

##### 4.4.4.1 General

Number and nature of I/O shall be stated by the *manufacturer*.

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 also communicated through serial or parallel links according to various communications standards. Both analog and digital variables can be manually set by the use of a control panel and can be read on displays. Variables and parameters are treated in the same manner.

##### 4.4.4.2 Process control interface/port

###### 4.4.4.2.1 General

The process control interface/port and its performance shall be defined and agreed upon between the system supplier and the customer in as early a stage as possible. The following list can be used for the definitions.

###### 4.4.4.2.2 Analog input

The items specified may include, but are not limited to, the following:

- number of analog inputs;
- type of analog input, for example:
  - single-ended voltage input,
  - differential voltage input,
  - current loop input;
- isolation voltage level of the input;
- input voltage or current range depending on the input type;
- input impedance;
- time constant or bandwidth of the hardware low-pass filter;
- gain and offset errors;
- resolution of the *A/D converter*, if it exists;
- sampling interval of the *A/D converter*, if it exists.

NOTE For a more complete list, see IEC 61131-2.

###### 4.4.4.2.3 Analog output

The items specified may include, but are not limited to, the following:

- number of analog outputs;
- type of analog output, for example:
  - single-ended voltage output,
  - differential voltage output,
  - current loop output;
- isolation voltage level of the output;
- output voltage or current range depending on the output type;
- maximum load;
- time constant or bandwidth of the hardware low-pass filter;
- gain and offset errors;

- resolution of the *D/A converter*;
- conversion interval of the *D/A converter*.

NOTE For a more complete list, see IEC 61131-2.

#### **4.4.4.2.4 Digital input**

The items specified may include, but are not limited to, the following:

- number of digital inputs;
- type of digital input, for example:
  - relay input,
  - opto-coupler input;
- isolation voltage level of the input;
- rated control voltage and type (AC or DC);
- input resistance;
- propagation delay of the input.

#### **4.4.4.2.5 Digital output**

The items specified may include, but are not limited to, the following:

- number of digital outputs;
- type of digital output, for example:
  - relay output of normally open contact,
  - relay output of normally closed contact,
  - transistor output with source/sink;
- isolation voltage level of the output;
- maximum voltage and type (AC or DC);
- maximum current and type (AC or DC);
- operation delay of the output;
- propagation delay from input to output.

NOTE For a more complete list, see IEC 61131-2.

#### **4.4.4.2.6 Communication interface/port**

The items specified may include, but are not limited to, the following:

- number of communication interfaces/*ports*;
- type of communication interface/*port*:
  - commissioning and maintenance interface/*port*,
  - automatic system interface;
- type of the physical interface/*port* (connector and cable type);
- protocol used;
- maximum data transfer rate in bits per second;
- maximum length of the cable that can be connected to the interface/*port*;
- maximum number of interfaces/*ports* that can be connected to the same communication cable or communication bus system.

See 4.11 for further information about generic communication interface and profiles.



#### 4.5 General safety

Protection against thermal and electric hazards in *BDM/CDM/PDS* during the act of installing, normal operation and maintenance for the expected lifetime of the *BDM/CDM/PDS*, needs to be addressed during the design and construction of the *BDM/CDM/PDS*. Hazards resulting from reasonably foreseeable misuse should also be included.

Protection against thermal hazards and electric shock is to be maintained in single fault conditions as well as under normal environmental and operating conditions specified by the *manufacturer*.

This document does not give any requirements for the safety evaluation of the *BDM/CDM/PDS* as this is covered by the products safety standard IEC 61800-5-1.

Compliance according to IEC 61800-5-1 shall be shown with respect to protection against thermal and electrical hazards.

#### 4.6 Functional safety

The product safety standard IEC 61800-5-2 provides requirements and guidance to prevent dangerous situations caused by failure in the *BDM/CDM/PDS*.

Examples of safety functions are:

- unexpected start-up;
- *speed*, torque or temperature exceeding the maximum permitted value.

This document does not give any requirements for the functional safety evaluation of the *BDM/CDM/PDS* as this is covered by the functional safety standard IEC 61800-5-2.

#### 4.7 EMC

*BDM/CDM/PDS* are often installed in industrial environments which include both high power equipment and low-power electronic controls. EM (electro-magnetic) disturbances are prevalent in these environments on the AC mains, on conductors used for communications and I/O between equipment, and also radiated through the air.

In other applications in commercial and residential environments, such as meat cutters, ski lifts or elevators, *BDM/CDM/PDS*'s may operate in proximity to computers and consumer electronics. It is important that a *PDS* provide sufficient immunity to EM disturbances present in the application environment in order to operate properly and reliably. It is also important that a *BDM/CDM/PDS* does not generate EM disturbances which interfere with the proper operation of other equipment.

Requirements to ensure EM compatibility of *BDM/CDM/PDS* with different application environments are provided in IEC 61800-3. IEC 61800-3 differentiates between application environments in which the *BDM/CDM/PDS* is powered from:

- the public low-voltage mains (1<sup>st</sup> environment), and
- application environments in which the *BDM/CDM/PDS* is powered from private networks (2<sup>nd</sup> environment).

IEC 61800-3 provides requirements for immunity to both low frequency disturbances as well as high frequency disturbances, and requirements for both low frequency and high frequency emissions.

IEC 61800-3 does not define EM immunity requirements for functional safety in *BDM/CDM/PDS*. Specifications for EM immunity in *BDM/CDM/PDS* associated with functional safety are provided in IEC 61800-5-2.

## 4.8 Ecodesign

### 4.8.1 General

The use of energy during the complete lifetime of the *BDM/CDM/PDS* including manufacturing, transportations, operation and disposal, as well as consideration about the selection, use and recycling of raw materials and substances may be taken into consideration.

### 4.8.2 Energy efficiency and power losses

Direct application of IEC 61800-9 series is not possible for *DC BDM/CDM/PDS*, as the series is dedicated to *AC Motor* Power drive systems. Nevertheless, the extended product approach (EPA) and Semi Analytic Model (SAM) from IEC 61800-9-1 are in principle applicable to *DC PDS*. Also for Power losses calculation, the principle explained and described in IEC 61800-9-2 could be adapted to *DC BDM/CDM/PDS*.

### 4.8.3 Environmental impact

The *manufacturer* may provide environmental product declaration (EPD) information about the environmental impact, including the energy consumption during manufacturing, transportation and disposal of the *BDM/CDM/PDS*. The information concerning energy consumption should be based on a calculation including energy consumption used for manufacturing and transportation of individual components used in the *BDM/CDM/PDS*.

NOTE No IEC standard for *PDS* is available at the time of development of this standard. In Europe, EN 50598-3 is available as a reference document for providing an EPD.

## 4.9 Environmental condition for service, transport and storage

### 4.9.1 General

The product standard committee for the relevant part of the IEC 61800 series or the *manufacturer* shall select the service conditions for operation according to 4.9.3.

The environmental conditions in 4.9.1 to 4.9.4 are minimum requirements. More severe conditions might be specified.

In 4.9, the values of the severity levels of IEC 60721 (all parts) with dated reference are copied and provided in the relevant clause for convenience. The levels are informative and the levels of IEC 60721 (all parts) take precedence in case of deviations.

### 4.9.2 Operation

#### 4.9.2.1 Climatic conditions

##### 4.9.2.1.1 General

The *manufacturer* shall state the environmental service condition for the *BDM/CDM/PDS* according to Table 13.

**Table 13 – Environmental service conditions**

Condition	Indoor conditioned IEC 60721-3-3:1994 and IEC 60721-3-3:1994/ AMD1:1995, AMD2:1996	Indoor unconditioned IEC 60721-3-3:1994 and IEC 60721-3-3:1994/ AMD1:1995, AMD2:1996	Outdoor unconditioned IEC 60721-3-4:1995 and IEC 60721-3-4:1995/ AMD1:1996
Climatic	Class 3K2 (Temperature: 15 °C to 30 °C)  (Humidity: 15 % R.H to 75 % R.H. / non-condensing)	Class 3K3 (Temperature: 5 °C to 40 °C)  (Humidity: 15 % R.H. to 85 % R.H. / non-condensing)	Class 4K6 (Temperature: –20 °C to 55 °C)  (Humidity: 15 % R.H to 100 % R.H. / condensing)  Rain, snow and hail are permitted.
Pollution degree according to IEC 60664-1	3 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	4 <sup>c</sup>
Overvoltage category	See IEC 61800-5-1		
Humidity condition of the human skin	Dry	Water wet <sup>a</sup>	Saltwater wet <sup>a</sup>
Chemically active substances	Class 3C1 (No salt mist)	Class 3C1 (No salt mist)	Class 4C2 (Salt mist) <sup>a</sup>
Mechanically active substances	Class 3S1 (No requirement)	Class 3S1 (No requirement)	Class 4S2 (Dust and sand)
Mechanical	Class 3M1 (Vibration: Table 16) (Shock: Table 17)	Class 3M1 (Vibration: Table 16) (Shock: Table 17)	Class 4M1 (Vibration: Table 16) (Shock: Table 17)
Biological	Class 3B1 (No requirement)	Class 3B1 (No requirement)	Class 4B2 (Mould/fungus/ rodents/termites)
UV resistance	(No requirement)	(No requirement)	Yes <sup>d</sup>
The environmental conditions are guidelines. More severe conditions might be specified. Ultraviolet exposure (sun), food processing industry or other special applications. Marking in manual according to Clause 6.			
<sup>a</sup> Where it is ensured that the equipment will not be used in a salt mist atmosphere, water wet or saltwater wet condition, the <i>manufacturer</i> may choose to rate the equipment for a less severe condition. For information see 6.3.			
<sup>b</sup> Pollution degree 2 may be provided if the conditions in 4.9.2.1.2 are satisfied			
<sup>c</sup> Pollution degree 2 or 3 may be provided if the enclosure provides sufficient protection against conductive pollution and the conditions in 4.9.2.1.2 are satisfied.			
<sup>d</sup> Material evaluated to be UV-resistant shall be used for applications subjected to UV exposure.			

Service conditions should include operation, service and installation.

For an *integrated PDS*, the service conditions should comply with the most severe conditions from Table 13 or with those of the relevant standard for the *motor* from the IEC 60034 series.

The IP rating of *BDM/CDM/PDS* should be in accordance with IEC 61800-5-1.

For compliance, see 5.4.7.3 to 5.4.7.11 relevant according to environmental condition specified by the *manufacturer*.

**Table 14 – Limit of temperature of the cooling medium for indoor equipment**

IEC 60146-1-1 Conditions	Cooling medium	Temperature	
		Minimum	Maximum
Typical temperatures of the cooling medium	Air	0 °C	40 °C
	Water	5 °C	30 °C
	Oil	-5 °C	30 °C
Daily average (testing, specification, verification, to be used for expected lifetime calculation)	Air	--	30 °C
Yearly average (testing, specification, verification, to be used for expected lifetime calculation)	Air	--	25 °C

For outdoor equipment the temperature range has to be specified considering the application.

Where the *BDM/CDM/PDS* complies with the requirements of this document only at conditions below the minimum values or above the maximum values given in Table 14, this shall be by agreement between the *manufacturer* and customer (note that compliance with the requirements only at higher levels is really not relevant). For information, see 6.3.

**4.9.2.1.2 Pollution degree**

Insulation between circuits is affected by pollution, which occurs during the expected lifetime of the *BDM/CDM/PDS*. The effect on the insulation might affect the performance of the *BDM/CDM/PDS* due to malfunctions.

The micro-environmental conditions for insulation shall be applied according to Table 15.

**Table 15 – Definitions of pollution degree**

Pollution degree	Description
1	No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence.
2	Normally, only non-conductive pollution occurs. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation is to be expected.
3	Conductive pollution or dry non-conductive pollution occurs which becomes conductive due to condensation which is to be expected.
4	The pollution generates persistent conductivity caused, for example, by conductive dust or rain or snow.

Table 15 is provided for reference only. See IEC 61800-5-1 for requirements applicable to the selection of pollution degree.

**4.9.2.2 Mechanical *installation* service conditions and requirements**

**4.9.2.2.1 General**

Vibration, shock and free-fall conditions vary widely depending on the *installation* and environment and are very difficult to specify. For the purpose of this document, the service conditions are indirectly defined by the requirements in 4.9.2.2.2 and 4.9.2.2.3 for fixed installed *BDM/CDM/PDS*.

Other *installation* circumstances require special consideration and require agreement between the *manufacturer* and *customer*. For information, see 6.3.

#### 4.9.2.2.2 Fixed installations

Fixed *installations* of *BDM/CDM/PDS* shall be placed on a rigid mounting which does not seriously interfere with the ventilation or cooling system.

Experience shows that equipment meeting the vibration test from 5.4.7.5 or the shock test from 5.4.7.6 is suitable for industrial use in fixed *installations*.

Vibration shall remain within the limits of Table 16 which is considered normal for stationary equipment.

**Table 16 – Environmental vibration limits for fixed installation**

IEC 60721-3-3:1994 and IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995, AMD2:1996 and IEC 60721-3-4:1995 and IEC 60721-3-4:1995/AMD1:1996 3M1 and 4M1		
Frequency	Amplitude	Acceleration
Hz	mm	m/s <sup>2</sup>
$9 \leq f < 200$	frequency dependent	1
NOTE The frequency range 2 Hz to 9 Hz covers earthquake, but this not covered by this document. Earthquake can be specified. IEC 60721-2-6 provides more details.		

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

Compliance is checked by test of 5.4.7.5 which is an accelerating test to demonstrate the ability of the *BDM/CDM* to withstand the mechanical stress during the estimated lifetime.

If shock has to be taken into account the values shall remain within the limits of Table 17.

**Table 17 – Environmental shock limits for fixed installation**

Shock	IEC 60721-3-3:1994 and IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995, AMD2:1996 and IEC 60721-3-4:1995 and IEC 60721-3-4:1995/AMD1:1996 3M1 and 4M1
Peak acceleration	40 m/s <sup>2</sup>
Duration	22 ms

Compliance is checked by test with increased values of 5.4.7.6.

#### 4.9.2.2.3 Fixed installations as part of stationary machine

If the *BDM/CDM/PDS* is part of a stationary machine which create vibrations and shock during operation, the mechanical stress can be higher than shown in Table 16 and Table 17. If these values are known, the *manufacturer* shall use them for testing.

The shock test is recommended, if the *BDM/CDM/PDS* is part of a stationary machine.

If the mechanical stress exceeds the test values in 5.4.7.5 and 5.4.7.6, the values shall be specified by the *customer*, and the *manufacturer* shall use them for testing taking into account a margin.

#### 4.9.2.3 Unusual environmental service conditions

The use of *BDM/CDM/PDS* under conditions exceeding the specified conditions listed 4.9.2.1 and 4.9.2.2 shall be considered unusual.

Unusual service conditions may require special optional construction or protective features.

Examples to consider:

- a) exposure to damaging fumes;
- b) exposure to excessive moisture (relative humidity greater than specified);
- 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 abnormal vibration, shock or tilting;
- h) exposure to unusual transportation or storage conditions exceeding the values from Table 18;
- i) exposure to extreme or sudden changes in temperature;
- j) unusual mounting space limitations;
- k) cooling water containing acid or impurities which cause excessive scale, sludge, electrolysis or corrosion;
- l) unusually high nuclear radiation;
- m) altitude for thermal consideration, if rated for operation above 1 000 m;
- n) altitude for insulation coordination if rated for operation above 2 000 m (see IEC 61800-5-1);
- o) long periods not energized, specified by the supplier;
- p) severe restriction on audible noise.
- q) exposure to explosive mixtures of dust or gases;
- r) exposure to salt air;
- s) outdoor equipment.

The unusual service conditions shall be specified by the *customer* in agreement with the *manufacturer*.

#### 4.9.2.4 The act of installing, commissioning and operation

The act of installing, commissioning, and operation have the same normal and unusual service conditions.

#### 4.9.2.5 Sonic pressure and sound level

Equipment with the *BDM/CDM/PDS* has the potential for increased noise emissions based on a variety of reasons.

Air cooled equipment can have increased noise emissions due to the sound created by the fans and motors cooling the equipment.

Transformers and reactors can have increased noise emission due to the sound created by non-sinusoidal currents.

Motors can have increase noise emissions due to bearing wear and other mechanical friction.

Water cooled equipment can have increased noise emissions due to the motor and pump provided for cooling.

Regardless, these all have a weighted effect on the overall noise created by the system. This is an important consideration in system design for performance, functionality, and safety.

For safety associated with sonic pressure and sound level, see IEC 61800-5-1 for *BDM/CDM/PDS*, IEC 60076-1 for transformers, and refer to IEC 60034-9 and IEC 60034-25 for *DC motors*.

The information associated with sonic pressure and sound level can be obtained from the *manufacturers* of the various equipment used to create the *PDS*. This then can be used to create an estimation of the effect this new equipment will have on the existing sound levels at the site of installation. However, the best result is to measure the sonic pressure and sound level after the equipment is installed to make a final determination on how to follow local laws and ensure the usage of the correct personal protective equipment (PPE), if required.

For compliance see 5.4.2.8.3.

### 4.9.3 Storage and transport of equipment

#### 4.9.3.1 Climatic conditions

The *BDM/CDM/PDS* shall be placed under adequate cover according to the limits in Table 18, immediately upon receipt, if packing coverings are not generally suitable for outdoor or unprotected storage.

**Table 18 – Storage and transport limits**

	Storage according to IEC 60721-3-1:1997 in product packaging up to 6 months	Transport according to IEC 60721-3-2:1997 in shipping packaging for more than 6 months
<b>Climatic class</b>	1K4	2K4
<b>Ambient temperature <sup>c</sup></b>		
<b>Min</b>	–25 °C	–40 °C
<b>Max</b>	55 °C	70 °C
<b>Biological environmental conditions</b>	1B1 <sup>a</sup>	2B1 <sup>a</sup>
<b>Chemically active environmental conditions</b>	1C2	2C2
<b>Maximum permitted temperature changes</b>	0,5 K/min as average value over 5 min; equivalent to 30 K/h	Direct change in air/air: –40 °C to 30 °C at 95 %
<b>Relative/absolute air humidity <sup>d</sup></b>	1K3 (5 % R.H to 95 % R.H.)	2K4 (5 % R.H to 95 % R.H.)
<b>Rain</b>	Not permitted	6 mm/min <sup>b</sup>
<b>Water, but not rain</b>	Not permitted	1 m/s and wet loading surfaces <sup>b</sup>
<b>Air pressure</b>		
<b>Min</b>	Above 70 kPa or below 3 000 m above sea level	
<b>Max</b>	Below 106 kPa or above sea level.	
<b>Condensation, spray water and ice</b>	Permitted	
<b>Salt spray</b>	Permitted	
<b>Solar radiation</b>	1 120 W/m <sup>2</sup>	
<b>Vibration</b>	1M2	2M3

- a Mould, fungus, rodents, termites and other animal vermin not permitted.
- b In sea- and weather-resistant *shipping packaging* (container).
- c Temperature limits refer to the ambient temperature immediately surrounding the equipment (for example, inside a container).  
  
Lower limits for the highest temperature are possible, provided a warning is given.  
  
These limits apply with cooling liquid removed
- d Some combinations of temperature and humidity may cause condensation.

**4.9.3.2 Unusual climatic conditions**

Where transportation temperatures are below the *manufacturer's* recommendation, the use of heated transport, or special thermic protection, or the removal of selected low temperature sensitive components may be required.

**4.9.4 Mechanical conditions**

Equipment should be able to be transported, in the *product packaging* and *shipping packaging*, within the limits of IEC 60721-3-2:1997 class 2M1, or within limits specified by the *manufacturer*.

This includes the following: vibration in Table 19 and free fall in Table 20.

**Table 19 – Transportation vibration limits**

Frequency Hz	Amplitude mm	Acceleration m/s <sup>2</sup>
$2 \leq f < 9$	3,5	frequency dependent
$9 \leq f < 200$	frequency dependent	10
$200 \leq f < 500$	frequency dependent	15

**Table 20 – Transportation limits of free fall**

Shipping weight with packaging kg	Random free-fall drop height mm		Number of falls
	IEC 60721-3-2:1997 (2M1)		
	With <i>product packaging</i>	With <i>shipping packaging</i>	
$w < 20$	250		5
$20 \leq w < 100$	250		5
$w \geq 100$	100		5

NOTE More severe requirement can be found in IEC 61131-2.

If a free fall and vibration environment beyond those limits is anticipated, special packaging or transport is required.

If a less damaging environment is known to exist, packaging may reflect reduced requirements.

The main transformer (if any) and the motor should comply with their applicable product standards. (IEC 60076 series and IEC 60034 series, respectively, or a nationally recognized equivalent.)



#### 4.9.5 Specific storage hazards

The following require particular attention:

- a) water – except for equipment specifically designed for outdoor installation: equipment should be protected from rain, snow, sleet, etc.;
- b) condensation – sudden changes in temperature and humidity should be avoided;
- c) corrosive materials – equipment should 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 of IEC 60721-3-1);
- e) rodents and fungi – when storage conditions are likely to involve rodent or fungus attack, equipment specifications should include protective items:
  - 1) rodents – materials on the outside of the equipment and the size of apertures for cooling, connection, etc. should be specified such as to discourage rodent attack or entry;
  - 2) fungi – materials should be specified for a degree of fungus resistance suitable for the storage and operating environments.

#### 4.9.6 Environmental service tests (type test)

Environmental service testing may be required to demonstrate the function of the *BDM/CDM/PDS* at the extremes of the environmental classification in Table 21 to which it will be subjected.

If size or power considerations prevent the performance of these tests on the complete *BDM/CDM/PDS*, it is permitted to test individual parts that are considered to be relevant to the function of the *BDM/CDM/PDS*.

When testing components or sub-assemblies separately, the temperature during the dry-heat test shall be chosen as to simulate actual use in the end-product. The component or sub-assembly shall be energized simulating the same conditions as in the end-product.

Table 21 shows the standard tests to be performed for the different environmental service conditions.

Product standard committees for the relevant parts of the IEC 61800 series or the *manufacturer* shall select the relevant tests.

Compliance is shown by conducting tests of 5.4.7.3 to 5.4.7.11 according to as applicable for the environmental service conditions specified by the *manufacturer*.

Where the *BDM/CDM/PDS* is required to operate in conditions outside the range of values given in this document, then the test conditions shall be specified, as defined in the particular individual enquiry or purchasing specification. In any case, the test requirements shall not be less demanding than the operating conditions specified.

**Table 21 – Environmental service tests**

Test condition	Indoor conditioned IEC 60721-3-3:1996	Indoor unconditioned IEC 60721-3-3:1996	Outdoor unconditioned IEC 60721-3-4:1995 and IEC 60721-3-4:1995/ AMD1:1996
<b>Climatic</b>	Temperature (see 5.4.7.3) Damp heat (see 5.4.7.4)	Temperature (see 5.4.7.3) Damp heat (see 5.4.7.4)	Temperature (see 5.4.7.3) Damp heat (see 5.4.7.4)
<b>Chemically active substances</b>	-	-	Salt mist <sup>a</sup> (see 5.4.7.7)
<b>Water</b>	-	Water test (see 5.4.7.10)	Water test (see 5.4.7.10)
<b>Mechanically active substances</b>	-	Dust (see 5.4.7.8)	Dust and sand (see 5.4.7.8, and 5.4.7.9)
<b>Mechanical</b>	Vibration (see 5.4.7.5) Shock (see 5.4.7.6)	Vibration (see 5.4.7.5) Shock (see 5.4.7.6)	Vibration (see 5.4.7.5) Shock (see 5.4.7.6)
<b>Biological</b>	-	-	-
<sup>a</sup> Where it is ensured that the equipment will not be used in a salt mist atmosphere, water wet or saltwater wet condition, the <i>manufacturer</i> may choose to rate the equipment for a less severe condition. For information, see 6.2.			

When special environmental conditions are specified, additional tests (e.g. for chemically active substances) shall be considered.

For *integrated PDS*, the test conditions shall comply with the most severe tests from Table 19 or with those of the relevant standard for the *motor* from the IEC 60034 series.

#### 4.10 Types of load duty profiles

The general performance features of the *CDM* are specified in 4.4, which covers the most common applications.

For special applications where other load profiles are requested the IEC TR 61800-6 provides further information about the current rating of the *CDM* for different kinds of load profiles covering equipment, assemblies and system aspects.

This included load profiles like:

- uniform load profiles;
- intermittent peak load profiles;
- intermittent load duty;
- intermittent load duty with no-load intervals;
- repetitive load duty;
- non-repetitive load duty.

IEC TR 61800-6 also specifies duty classes for non-repetitive industrial classes (IG to VG).

Compliance with special duty cycles according to IEC 60034-1 (S1 to S10) for rotating machines may be specified by the *manufacturer* following the guidance of IEC TR 61800-6.

#### 4.11 Generic interface and use of profiles for *PDS*

*BDM/CDM/PDS*'s used in industrial applications typically interface with one or more external control systems which coordinate operation of several *PDS*.

Often the control system is separate from the drive and may consist of

- one or more PLCs (programmable logic controllers), and/or
- a DCS (distributed control system), and/or
- a process controller.

NOTE 1 The control system software can be partially or entirely embedded in the *BDM/CDM/PDS*.

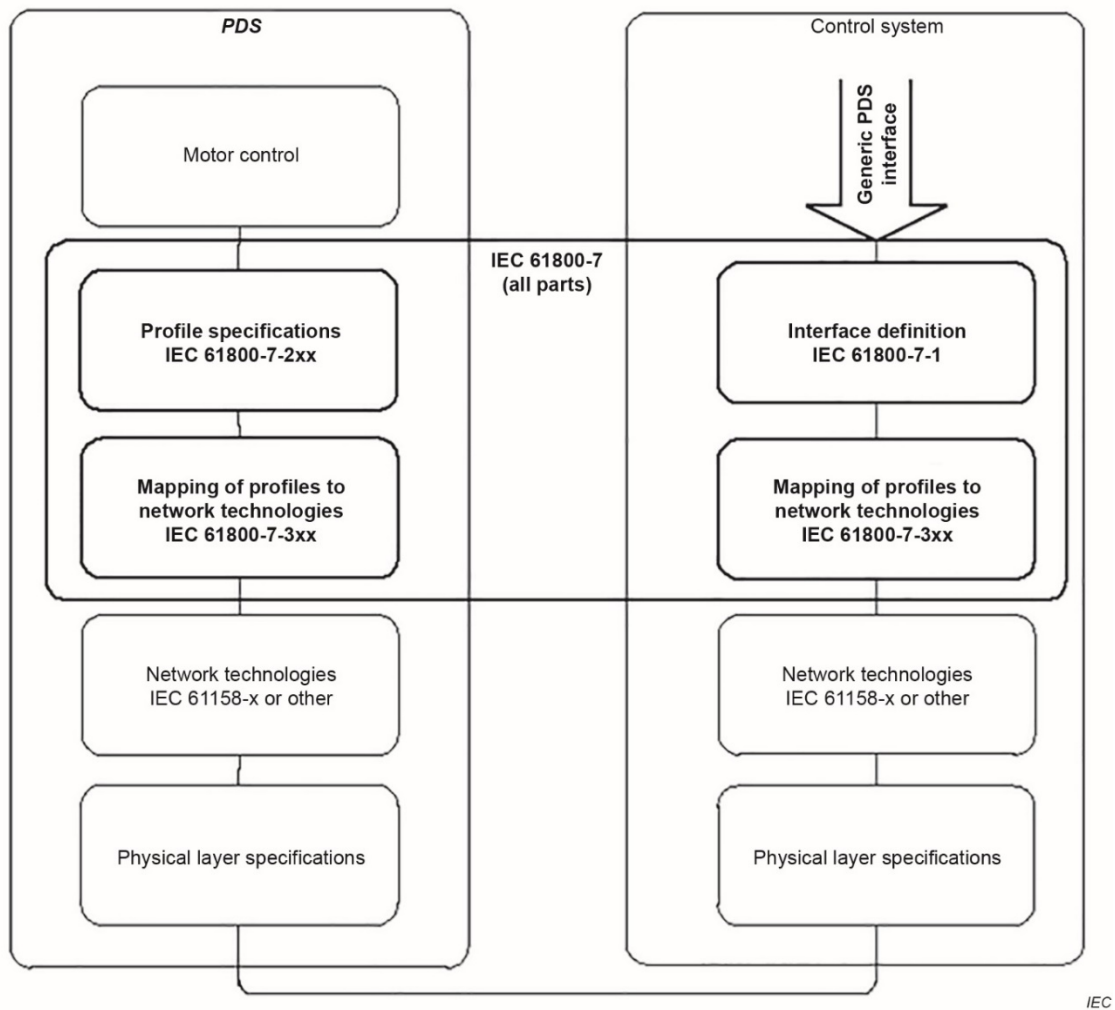
IEC 61800-7 (all parts) define a means to access functions and data in a *BDM/CDM/PDS* by providing a series of well-defined communication profiles and interfaces. The objective is a common drive model with generic functions and objects suitable to be mapped into different communication interfaces/*ports*.

From the perspective of control software, the communication and control functions of a *BDM/CDM/PDS* may be characterized by profiles. A *BDM/CDM/PDS* device profile is a representation of the parameters and behaviour of the *BDM/CDM/PDS* which may be used to facilitate control of the *BDM/CDM/PDS*. This device profile can then be mapped onto different network technologies (e.g. "communication profiles" of the IEC 61158 fieldbus series) to facilitate control of a *BDM/CDM/PDS* over a network.

IEC 61800-7 (all parts) defines a generic interface and profiles for *BDM/CDM/PDS* to be used with a control system and consists of the following parts;

- IEC 61800-7-1 defines requirements for a generic interface with the control software;
- IEC 61800-7-2xx specify different drive profiles;
- IEC 61800-7-3xx specify mappings of the device profiles onto various network technologies.

The relationship of IEC 61800-7 (all parts) to control system software and the *BDM/CDM/PDS* is represented in Figure 15 below.



**Figure 15 – Example of relationship of IEC 61800-7 (all parts) to control system software and the *BDM/CDM/PDS***

NOTE 2 Other network technologies can be applicable (e.g. EN 50325-4 or other).

For compliance, see 5.4.8.

#### **4.12 Voltage on power interface**

The voltage interface between the *CDM* and the *motor* is a topic which might require special consideration, to ensure compatibility between *CDM* and *motor*.

For applications where the voltage interface is of importance, the IEC TS 61800-8 can provide further information about the determination of voltages on the *power interface*.

For compliance, see 5.4.2.8.5.

#### **4.13 Explosive environment**

*PDS*'s may be used in applications involving explosive atmospheres. Considerations include whether the *BDM/CDM* and/or *motor* are located in the explosive atmosphere, and whether the *BDM/CDM* provides a safety control system associated with a hazard related to the explosive atmosphere.

Requirements to achieve the necessary level of safety have been defined in IEC 60079 (all parts).

NOTE 1 The draft of the future IEC 60079-42 provides more information regarding the minimum requirements for safety devices required for the safe functioning of equipment with respect to explosion risks.

NOTE 2 The 2nd edition of IEC 61800-5-2 no longer implements appropriate information about *PDS* used in safety systems related to explosive atmospheres. All this information is now considered in different parts of IEC 60079 series in revision.

## 5 Test

### 5.1 General

Subclauses 5.2 to 5.4 provide guidance for the test to show compliance with the requirement of Clause 4 as agreed between *manufacturer* and *customer* or specified by product standard committees.

### 5.2 Performance of tests

#### 5.2.1 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 *BDM/CDM/PDS* and separate components.

When the customer or its representative desires to witness factory tests, it shall be specified from a particular agreement between parties. The system supplier shall not proceed beyond any witness test without the customer's or his representative's acceptance of the tests or his waiver.

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

#### 5.2.2 Supply system earthing conditions

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

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

NOTE Refer to IEC 60364-1 supply earthing systems.

For information, see 6.3.

### 5.3 Standard tests for *BDM/CDM/PDS*

#### 5.3.1 General

Table 22 provides an overview over applicable test which may be chosen to show compliance with the requirement in Clause 4.

**Table 22 – Tests overview**

Test	Type	Routine	Sample	Requirement(s)	Specification
<b>Visual inspections</b>	X	X	X	4.1	5.4.1
<b>Ratings</b>	X			4.3	5.4.2
<b>Input ratings</b>				4.3.2	5.4.2.4
<i>Input voltage</i> and frequency	X			4.3.2.1	5.4.2.4.2
<i>Input currents</i>	X			4.3.2.2	5.4.2.4.3
<b>Output ratings</b>	X			4.3.3	5.4.2.5
Continuous output ratings	X			4.3.3.2	5.4.2.5.3 5.4.2.5.4
Overcurrent and torque capability	X			4.3.3.3	5.4.2.5.5
<b>Operating quadrants</b>				4.3.4	
Operation in II and IV quadrants	X			4.3.4.2	5.4.2.5.6
<b>Additional test for special ratings</b>				4.3.6	5.4.2.7
<i>Power factor</i> measurement	X				5.4.2.7.2
Current sharing	X				5.4.2.7.3
Voltage division					5.4.2.7.4
Checking of auxiliary devices	X	X			5.4.2.7.5
Checking of protective measures	X				5.4.2.7.6
Functionalities under unusual service conditions	X				5.4.2.7.7
<b>Additional test (effect on motor) for special rating</b>				4.3.6	5.4.2.8
<i>Motor</i> vibration	X				5.4.2.8.2
Sonic pressure and sound level	X			4.9.2.5	5.4.2.8.3
Bearing current	X				5.4.2.8.4
<i>Motor</i> insulation	X				5.4.2.8.5
Spark test					5.4.1
<b>Steady state performance</b>	X			4.4.1.2	5.4.2.9
<b>Dynamic performance and ratings</b>				4.4.1.3	5.4.2.10
Current limit and current loop	X				5.4.2.10.2
Speed loop	X				5.4.2.10.3
Torque pulsation	X				5.4.2.10.4
Automatic restart	X			4.4.1	5.4.2.10.5
Fault supervision	X			4.4.2	5.4.2.11
I/O devices	X			4.4.4	5.4.2.12
<b>General safety</b>	X	X	X	4.5	5.4.3
<b>Functional safety</b>	X			4.6	5.4.4

Test	Type	Routine	Sample	Requirement(s)	Specification
<b>EMC</b>	X			4.7	5.4.5
<b>Ecodesign</b>	X			4.8	5.4.6
<b>Environmental conditions</b>	X			4.9	5.4.7
Temperature test	X			4.9.1, 4.9.2, 4.9.3, 4.9.4,	5.4.7.3
Damp heat test	X				5.4.7.4
Vibration test	X				5.4.7.5
Shock test	X				5.4.7.6
Salt mist test	X				5.4.7.7
Dust test	X				5.4.7.8
Sand test	X				5.4.7.9
Water test	X				5.4.7.10
Hydrostatic pressure test	X	X			5.4.7.11
<b>Communication profiles</b>	X			4.11	5.4.8
<b>Voltage on power interface</b>				4.12	5.4.2.8.5
<b>Explosive environment</b>				4.13	5.4.9

### 5.3.2 Test for mass produced products

Product standard committees for other parts of the IEC 61800 series can select tests from Table 22 and can classify them to become *type*, *sample* or *routine test*.

### 5.3.3 Test for one-off products

Product standard committees for other parts of the IEC 61800 series can select tests from Table 22 under consideration that some tests cannot be performed.

## 5.4 Test specifications

### 5.4.1 Visual inspections (*type test*, *sample test* and *routine test*)

Visual inspections shall be made:

- as *routine tests*, to check features such as adequacy of labelling, warnings and other aspects;
- as acceptance criteria of individual *type tests*, *sample tests* or *routine tests*, to verify that the requirements of this document have been met.

Visual inspections in *routine test* may be part of the production or assembly process.

Before *type test*, a check shall be made that the *BDM/CDM/PDS* delivered for the test is as expected with respect to supply voltage, input and output ranges, etc.

For *DC motor*, classification of commutation is made by visual observation according to Table 23 below.

**Table 23 – 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 %										

**5.4.2 Performance and rating test**

**5.4.2.1 General**

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 *type test*, the function of the equipment is tested at maximum and minimum values of each *input voltage* range.

Under the input and output rating test in 5.4.2.4 and 5.4.2.5, the following data are measured:

- voltage range  $U_L$ , current range  $I_L$  and frequency range  $f_L$  at the input transformer (if any) input;
- voltage range  $U_v$ , current range  $I_v$  and frequency range  $f_v$  at *BDM* input;
- active power range  $P_v$ ,  $P_L$  and input apparent power range  $S_v$ ,  $S_L$  at *BDM/CDM/PDS* input;
- voltage range  $U_d$ , current range  $I_d$  and power  $P_d$  at *BDM* output;
- voltage range  $U_D$ , current range  $I_D$ , field current  $I_F$  and power  $P_D$  at *CDM* output;
- torque range  $M$ , power range  $P_s$ , and speed range  $N$  at the *motor* shaft.

NOTE 1 Voltage  $U_d$  and  $U_D$  is measured with an instrument of type and adequate accuracy to indicate the average value of the *converter* output voltage. Currents  $I_L$ ,  $I_v$  are measured with an AC ammeter of adequate accuracy to indicate the RMS value of the total current. Currents  $I_d$ ,  $I_D$  are measured with a DC ammeter of adequate accuracy to indicate the average value of the total current.

NOTE 2 The load is the driven equipment or, for test purposes, a simulation of the driven equipment.

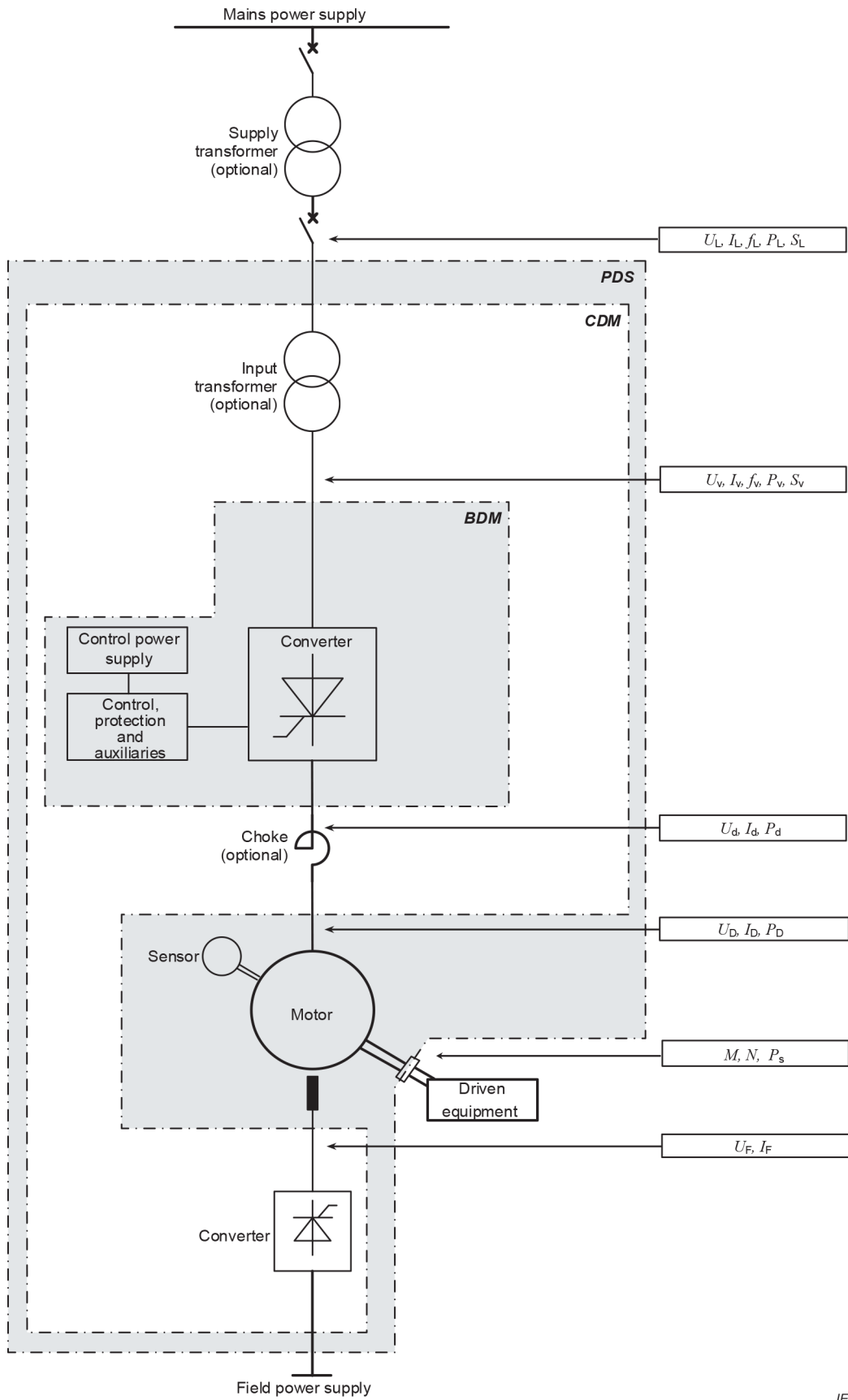
The *BDM/CDM/PDS* shall meet the specified functionality and performance as specified by the *requirement* specification.



The load and functionality as specified in 5.4.2.3 may be used for showing compliance.

In special cases, the *manufacturer* and the *customer* may agree if performance and rating test has to be repeated combined with an *acceptance test* at the *manufacturer* location or with a *commissioning test* on location.

Regarding measuring circuit, see Figure 16. In this figure, physical variables are directly measured or calculated from indirect measurements.



IEC

Figure 16 – Measuring circuit of PDS

### 5.4.2.2 Instrumentation for performance testing

The *output currents* and *output voltages* of the *converters* will have varying amounts of *ripples* depending on convertor topology and electric parameters of *DC motor*.

### 5.4.2.3 Load and functionality/performance

Based on the specification of the *BDM/CDM/PDS*, the *manufacturer* may choose to specify a load and functionality/performance test program, under which the specified performance and functionality can be proven under the conditions specified by the *manufacturer*.

The shaft of the *motor* is coupled to a load, which is able to provide conditions to the tested drive, such that the correct function of the control system can be proven. The *motor* should be selected to require adequate current to prove correct *BDM/CDM* functions.

A no load test can be used.

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

### 5.4.2.4 Input ratings

#### 5.4.2.4.1 General

The specified input rating according to 4.3.2 of the *BDM/CDM/PDS* shall be verified under the rated voltage, current and frequency conditions.

See also Annex B.

#### 5.4.2.4.2 Input voltage and input frequency

Under the *input voltage* and *input frequency* conditions specified by the *manufacturer*, the specified functionality and performance of the *BDM/CDM/PDS* shall be verified.

#### 5.4.2.4.3 Input current

Under the test in 5.4.2.4.2 showing compliance with the *input voltage* and *input frequency* conditions specified by the *manufacturer*, the *input current* range shall be measured and specified for the *BDM/CDM/PDS*.

### 5.4.2.5 Output ratings

#### 5.4.2.5.1 General

The specified output rating according to 4.3.3 of the *BDM/CDM/PDS* shall be verified under the rated conditions.

#### 5.4.2.5.2 Voltage rating

The voltage rating of the *BDM/CDM*, specified by the *manufacturer* according to 4.3.3.1, shall be verified by test.

#### 5.4.2.5.3 Torque and current rating

The torque and current rating of the *BDM/CDM/PDS*, specified by the *manufacturer* according to 4.3.3.2, shall be verified by test.

NOTE Torque can be measured indirectly, for example calculation using power and *speed*, etc.

#### 5.4.2.5.4 Speed range

The operating speed range of the *PDS*, specified by the *manufacturer* according to 4.3.3.2, shall be verified by test.

#### 5.4.2.5.5 Overcurrent / overtorque capability

The overcurrent capability of the *BDM/CDM* and the overtorque capability of the *PDS*, specified by the *manufacturer* according to 4.3.3.3, shall be verified by test.

#### 5.4.2.5.6 Operating quadrants

The operating quadrants of the *BDM/CDM/PDS*, specified by the *manufacturer* according to 4.3.4, shall be verified.

#### 5.4.2.6 Checking the functionalities of the control equipment

It is not possible to verify the functionalities of the control equipment under all load conditions which may prevail in the *end user* application. However, the equipment shall be checked with a *motor* preferably of similar rated power. If this cannot be done, 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 *BDM/CDM* operates in current limit (if supplied) during the acceleration. The checking of the deceleration shall be compatible with the design of the equipment.

For steady state performance, see 5.4.2.9.

For dynamic performance and ratings, see 5.4.2.10.

#### 5.4.2.7 Additional tests for special rating

##### 5.4.2.7.1 General

The additional tests are intended to show compliance with certain functionality related to special applications.

##### 5.4.2.7.2 Power factor

*Power factor* of *BDM/CDM/PDS* input measurements shall be made under rated operating conditions.

##### 5.4.2.7.3 Current sharing

If parallel connected devices or equipment are used in the *PDS*, 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 ensure that no device is stressed beyond design values under worst case conditions.

#### 5.4.2.7.4 Voltage division

If two or more *converters* 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 ensure that no device is stressed beyond design values under normal operating and single failure conditions.

#### 5.4.2.7.5 Checking of auxiliary devices

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

If convenient, this can be done while performing light load test, see 5.4.2.3.

#### 5.4.2.7.6 Checking of protective measures

Protective measures which are relevant for the electrical, thermal, energy or functional safety of the *BDM/CDM/PDS* shall be evaluated according to IEC 61800-5-1 and IEC 61800-5-2.

Examples of protective measures:

- *motor* overspeed;
- *motor* overvoltage;
- *motor* overload;
- overtemperature;
- loss of *speed* feedback;
- mains undervoltage;
- *BDM/CDM* output short circuit;
- *earth* fault;
- *field* loss.

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

When checking the protective measures will be done as part of a *routine test* or commissioning test, it shall be done, as far as possible, without stressing the components of the equipment above their rated values.

#### 5.4.2.7.7 Checking functionalities under unusual service conditions

Unusual climatic conditions may require special coating on electronic assemblies and/or cabinet. In extreme temperature conditions, an air conditioner or heater may be provided.

Unusual service conditions are mainly environmental conditions, such as temperature, humidity, salty air, altitude, etc. beyond IEC standard specifications for the relevant equipment. Such conditions might require special design or rating criteria or extra protective coating, etc.

#### 5.4.2.8 Additional test (effect on *motor*) for special rating

##### 5.4.2.8.1 General

Due to the nature of the *output current* and *output voltage* of the *BDM/CDM*, some additional tests to verify the compatibility between *motor* and *BDM/CDM* can be considered.

As these effects depend on the application, no specific test for 5.4.2.8.2 to 5.4.2.8.5 can be specified in this document.

IEC TS 61800-8 and IEC TS 62578 provide additional information about the use of filter to reduce some of these phenomena.

#### **5.4.2.8.2 Motor vibration**

This test may be carried out at various *speeds* and loads to identify any *BDM/CDM* effects on *motor* vibration.

#### **5.4.2.8.3 Sonic pressure and sound level**

*PDS* may be required to be tested for sonic pressure and sound level (see 4.9.2.5). The test should be done over the operating speed range and load range. Acceptable sonic pressure and sound level are defined by local regulation. For the most relevant standards which define these tests, see 4.9.2.5.

The application of the *PDS* should be evaluated to determine if more stringent local regulations may apply.

#### **5.4.2.8.4 Bearing current**

Bearing currents may result due to common-mode effects and harmonics in *motor* voltage and current. While these currents are small in magnitude, they may cause damage to either anti-friction or sleeve bearings.

#### **5.4.2.8.5 Motor insulation**

IEC TS 61800-8 provides information about determination of the voltage on the *power interface* between *BDM/CDM* and *motor*. *DC PDS* may take this as a reference.

#### **5.4.2.9 Steady state performance**

The *manufacturer* should verify the data given in the documentation.

#### **5.4.2.10 Dynamic performance and rating**

##### **5.4.2.10.1 General**

Under normal operating conditions, the dynamic performance and rating of the *BDM/CDM/PDS* shall be verified.

The *manufacturer* and the *customer* shall agree if this test is carried out as a *type test*, as an *acceptance test* at the *manufacturer* location or as a *commissioning test* on location.

##### **5.4.2.10.2 Current limit and current loop**

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

Two 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) Step response to current reference**

Current loop bandwidth can be measured with a small step change of current reference within a linear or quasi linear area. This test can include nonlinear area.

These tests shall be carried out at different speeds to be chosen near 0, 50 % *rated speed*, 100 % *rated speed*, and *maximum rated speed*.

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

**5.4.2.10.3 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. See 5.4.2.3.

The current limitation and its value are checked with a large step change of speed reference reaching the current limit.

The drive output speed response is measured without reaching any limits (normally done within 50 % *rated speed*, at 100 % *rated speed*, and at *maximum rated speed*).

A step in load may be provided to allow measurement of the consequent speed response. This may be carried out while performing rating test 5.4.2.3. The load step shall be chosen so that no limitations are reached.

**5.4.2.10.4 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.

**5.4.2.10.5 Automatic restart**

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

Restriction on automatic restart may be considered.

**5.4.2.10.6 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 electromagnetic field (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.

**5.4.2.11 Fault supervision**

The *BDM/CDM/PDS* ability to detect internal and external faults shall be tested. This also includes the audible, visual and electronic alarm for the *customer*.

#### 5.4.2.12 I/O devices

The functionality of all input/output *port* shall be proven.

Examples of input output *ports* are:

- analog input/output *ports*;
- digital input/output *ports*;
- power supply input/output *ports*;
- communication *ports*.

#### 5.4.3 General safety

For compliance, see IEC 61800-5-1.

#### 5.4.4 Functional safety

For compliance, see IEC 61800-5-2.

#### 5.4.5 EMC

For compliance, see IEC 61800-3.

#### 5.4.6 Energy *efficiency* and power losses determination

IEC 61800-9-2 is not mandatory in this document, and if energy *efficiency* calculation is needed, please refer to IEC 61800-9-2.

#### 5.4.7 Environmental condition tests

##### 5.4.7.1 General

The climatic tests of 5.4.7.3 to 5.4.7.11 shall be specified with the purpose of showing compliance with the static and dynamic performance and rating of the *BDM/CDM/PDS*.

Tests on sub-parts or sub-assemblies are permitted if it can be verified that the test results will not be affected compared to the tests of the complete assembled *BDM/CDM/PDS*.

The climatic tests of 5.4.7.3 to 5.4.7.11 might be referenced by other parts of the IEC 61800 series, in which case the acceptance criteria shall be specified separately.

In 5.4.7, the values of the severity levels of IEC 60068 (all parts) with dated reference are copied and provided in the relevant clause for convenience. The levels are informative and the levels of IEC 60068 (all parts) take precedence in case of deviations.

##### 5.4.7.2 Acceptance criteria

The following acceptance criteria shall be satisfied after the environmental test:

- no mechanical damage or cracks in the enclosure which will reduce the IP classification;
- show compliance with the static and dynamic performance and rating of the *BDM/CDM/PDS* according to 5.4.2.3.



### 5.4.7.3 Temperature tests

#### 5.4.7.3.1 Temperature rise test

The temperature rise test required in IEC 61800-5-1 may not consider temperature measurement locations that are relevant for evaluating performance or functionality. The test should be done following the requirements set in IEC 61800-5-1 and IEC 61800-5-2 with the addition of any measurement locations required for evaluation of performance or functionality.

For minimum compliance, see IEC 61800-5-1 for safety and IEC 61800-5-2 for functional safety as appropriate.

#### 5.4.7.3.2 Dry heat test (steady state)

Certain application can have requirements for this topic which can be derived from the IEC 60721 series of standards.

For safety compliance, see IEC 61800-5-1.

#### 5.4.7.3.3 Load duty profile

If a specific temperature rating is specified based on a selected load duty profile, the temperature test shall be performed according to the specified load duty profile, see 4.10.

The shaft of the *motor* is coupled to a load, which is capable of providing the specified load duty profile over a long-term run, to verify that the temperature in the equipment reaches stable conditions within ratings.

IEC TR 61800-6 provides further information about load profiles.

#### 5.4.7.4 Damp heat test (steady state)

Certain application can have requirements for this topic which can be derived from the IEC 60721 series of standards.

For safety compliance, see IEC 61800-5-1.

#### 5.4.7.5 Vibration test (*type test*)

To verify the ability against mechanical vibration strength the *BDM/CDM/PDS* in combination with its *installation* shall be evaluated by:

- a) tests according to IEC 61800-5-1;
- b) for *BDM/CDM/PDS* with a mass more than 100 kg, this test may be performed on sub-assemblies.

NOTE For large equipment, the possibility of using a shock test as an alternative to a vibration test is under consideration.

#### 5.4.7.6 Shock test (*type test*)

To verify the ability against mechanical shock strength, it is recommended to evaluate the *BDM/CDM/PDS* for use within machines by:

- a) tests defined in 5.4.7.6 according to the conditions specified in Table 24; for *BDM/CDM/PDS* with a mass more than 100 kg, this test may be performed on sub-assemblies; or
- b) calculation or simulation based on tests, as defined in this section, on a representative model of *BDM/CDM/PDS*.

**Table 24 – Shock test**

Subject	Test conditions
Test reference	Test Ea of IEC 60068-2-27: 2008
Requirement reference	Table 21 – Environmental service tests
Preconditioning	According to 5.4.1
Conditions	Power supply disconnected
Motion	Half-sine pulse
Shock amplitude/time	50 m/s <sup>2</sup> (5 g) 30 ms
Number of shocks	3 per axis on each of three mutually perpendicular axes
Detail of mounting	According to <i>BDM/CDM/PDS manufacturer's</i> specification
Acceptance criteria	5.4.7.2
Where the <i>manufacturer</i> specifies shock levels that are greater than those above, the higher levels shall be used for the test. The acceptance criteria shall not be changed.	
Where the environmental conditions are known to be lower, the <i>BDM/CDM/PDS manufacturer</i> might specify lower level or no vibration levels test than those specified in this table. The acceptance criteria shall not be changed.	

**5.4.7.7 Salt mist test (*type test*)**

Certain application can have requirements for this topic which can be derived from the IEC 60721 series of standards.

For safety compliance, see IEC 61800-5-1.

**5.4.7.8 Dust test (*type test*)**

Certain application can have requirements for this topic which can be derived from the IEC 60721 series of standards.

For safety compliance, see IEC 61800-5-1.

**5.4.7.9 Sand test (*type test*)**

Certain application can have requirements for this topic which can be derived from the IEC 60721 series of standards.

For safety compliance, see IEC 61800-5-1.

**5.4.7.10 Water test (*type test*)**

Water test is relevant for second character of IP classification.

For safety compliance, see IEC 61800-5-1.

**5.4.7.11 Hydrostatic pressure test (*type test and routine test*)**

For safety compliance, see IEC 61800-5-1.

**5.4.8 Communication profiles**

Test to show compliance with commonly used bus communication profiles are defined in IEC 61800-7 (all parts).

#### **5.4.9 Explosive atmosphere environment**

Requirement for *DC PDS* for use in explosive atmosphere environment can be directly issued from or derived from the requirement of IEC 60079 (all parts). Especially IEC TS 60079-42, which suggests requirements for functional safety of *DC PDS* operating *BDM/CDM* as electrical safety devices for the control of potential ignition sources from the equipment.

## **6 Information and marking requirements**

### **6.1 General**

This document provides a minimum number of information and markings (see Table 25), but several other standards in the IEC 61800 series provide further requirements for marking which should be taken into consideration if applicable:

- general safety information according to IEC 61800-5-1;
- functional safety information according to IEC 61800-5-2, if applicable;
- EMC information according to IEC 61800-3, if applicable;
- ecodesign according to specified standard (see 4.8).

In case of conflicting requirements, the requirements from a specific standard in other parts of the IEC 61800 series takes precedence.

**NOTE** In general, marking and information can be provided by marking on product and/or information in paper form or electronic form (web, CD-ROM or similar).

**Table 25 – Information requirements**

Information	Subclause reference	Location <sup>a, b</sup>					Technical reference
		1	2	3	4	5	
<b>Marking on product</b>	6.2						
Manufacturer's name or trademark		X					See IEC 61800-5-1
Equipment identification		X					See IEC 61800-5-1
Input/output ratings		X					See IEC 61800-5-1
<b>Information to be supplied with the PDS or BDM/CDM</b>	6.3						
EMC information according to IEC 61800-3							See IEC 61800-3
General safety information according to IEC 61800-5-1							See IEC 61800-5-1
Functional safety information according to IEC 61800-5-2							See IEC 61800-5-2
Ecodesign according to IEC 61800-9 (all parts)							See IEC 61800-9 (all parts)
Acceptable supply systems earthing conditions				X			
Operating instructions					X		
Device substitution				X			
Environmental rating				X	X		
<b>Information to be supplied or made available</b>	6.4						
Maintenance and service instructions						X	
Energy absorption rating					X		
Speed range					X		
<b>Safety and warning information</b>	6.5						
Warning labels	6.5.1	X					
Additional safety consideration of a PDS	6.5.2			X	X	X	
<sup>a</sup> Location: 1. On product (see 6.2); 2. On packaging; 3. In <i>installation</i> manual; 4. In user's manual; 5. In maintenance manual. <sup>b</sup> The <i>installation</i> , user's and maintenance manuals may be combined as appropriate and, if acceptable to the <i>customer</i> , may be supplied in electronic format. When more than one of any product is supplied to a single <i>customer</i> , it is not necessary to supply a manual with each unit, if acceptable to the <i>customer</i> .							

**6.2 Marking on product**

Marking on the product shall provide the necessary information needed to make a safe act of installing the *BDM/CDM/PDS* and ensure full identification and traceability of the *manufacturer*.

The following minimum information shall be supplied on the rating plate of the *BDM/CDM/ PDS*:

- the *manufacturer's* name and location;
- equipment identification (model number, serial number, and year of manufacture).

Input and output ratings:

- as specified by IEC 61800-5-1;
- for *PDS* in addition the *rated output power* ( $P_{sN}$ ), *rated torque* ( $M_N$ ) and *rated speed* ( $N_N$ ) shall be marked.

NOTE The word "marking" also includes labelling on the product.

### 6.3 Information to be supplied with the PDS or BDM/CDM

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 *end user*;
- operating instructions, including all information necessary to operate the *BDM/CDM/PDS*;
- acceptable supply systems earthing conditions for the *BDM/CDM/PDS*. The unacceptable systems shall be indicated as:
  - forbidden; or
  - with modification of performance, which should be quantified through *type test*;
- device substitution;
- environmental rating.

If required by Table 13, the environmental rating shall be indicated in the documentation.

If required by 4.9.2.1.1 or 4.9.2.2.1, the specific environmental conditions shall be identified in the operating manual.

### 6.4 Information to be supplied or made available

The following information shall be supplied or made available:

- maintenance and service instructions, including information for locating and replacing faulty components or subassemblies;
- energy absorption rating of the *dynamic braking* (slowdown) and *dynamic braking* (stop) circuits.

For *PDS speed*, information shall be supplied, including:

- *rated speed* ( $N_N$ ) [r/min];
- *maximum rated speed* ( $N_{NMax}$ ) [r/min];
- *maximum rated safe speed* ( $N_{SNMax}$ ) [r/min].

Information may be supplied by an electronic media if specified.

### 6.5 Safety and warning information

#### 6.5.1 Warning labels

Safety labels shall meet the requirement in:

- IEC 61800-5-1 for general safety
- IEC 61800-5-2 for functional safety (only if applicable)
- IEC 61800-3 EMC (only if applicable)

#### 6.5.2 Additional safety considerations of a PDS

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

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

For these reasons, the *BDM/CDM/PDS* shall comply with IEC 61800-5-1.

Compliance with IEC 61800-5-1 does not, in itself, ensure compliance with all safety requirements for the final system or application. Detailed safety requirements for the final system or application are defined in their products standards.

The following standards may be applicable:

- IEC 60204-1 for electrical equipment on machinery
- IEC 60364 (all parts) for low-voltage electrical *installations*
- IEC 61439-1 for switchgears.

## Annex A (informative)

### **Motor considerations**

#### **A.1 General**

The *BDM/CDMs* covered by this document are all intended to be used with DC *motors* (one or more).

The purpose of Annex A 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 Annex A is advisory or tutorial in nature.

The *motor* enclosures include all recognized types (open drip proof, totally enclosed, explosion proof, etc.).

Standards for DC *motors* are defined in IEC 60034 (all parts).

#### **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 <i>motor</i> 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
<i>Motor</i> 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

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 *ripple* considerations**

#### **A.3.1 General**

The *ripple* 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:

- the magnitude and number of the *ripples* produced;
- the connected driven equipment;
- the *motor* parameters.

Generally, these are relatively high-frequency phenomena, which are of little importance in DC *motors*.

#### **A.3.2 Converter topologies**

All the *converters* to which this document is applicable (see 4.2.3) contain *ripples* in the output current and voltage. The *ripple* distribution and magnitude depend upon the type of *converter* and the *motor* parameters.

The *motor* shall be used with the proper *converter* type to avoid *motor* failure problems.

#### **A.3.3 Potentials to earth**

The output voltage *ripples* 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

### A.4.1 General

*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.6.4, D.6.5, Figure D.6 and Figure D.7).

### A.4.2 Torsional analysis

The existence of the above conditions can be determined by a comprehensive torsional analysis, if necessary.

### A.4.3 Remedies to torsional problems (rare with DC 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 (e.g. add band stop filters).

### A.4.4 Torque pulsation

The knowledge of the relative *ripple* content of *motor* voltages and/or currents is also important in determining the repetitive pulsating torques excited by *ripples*.

It is noticeable that these torque pulsations occur at relatively high frequencies. They are well filtered by the mechanism itself. Effects may occur mainly with single-phase *converters*.

## A.5 Operational modes

### A.5.1 General

The drive system may be designed to operate in one or more of the operating modes given below:

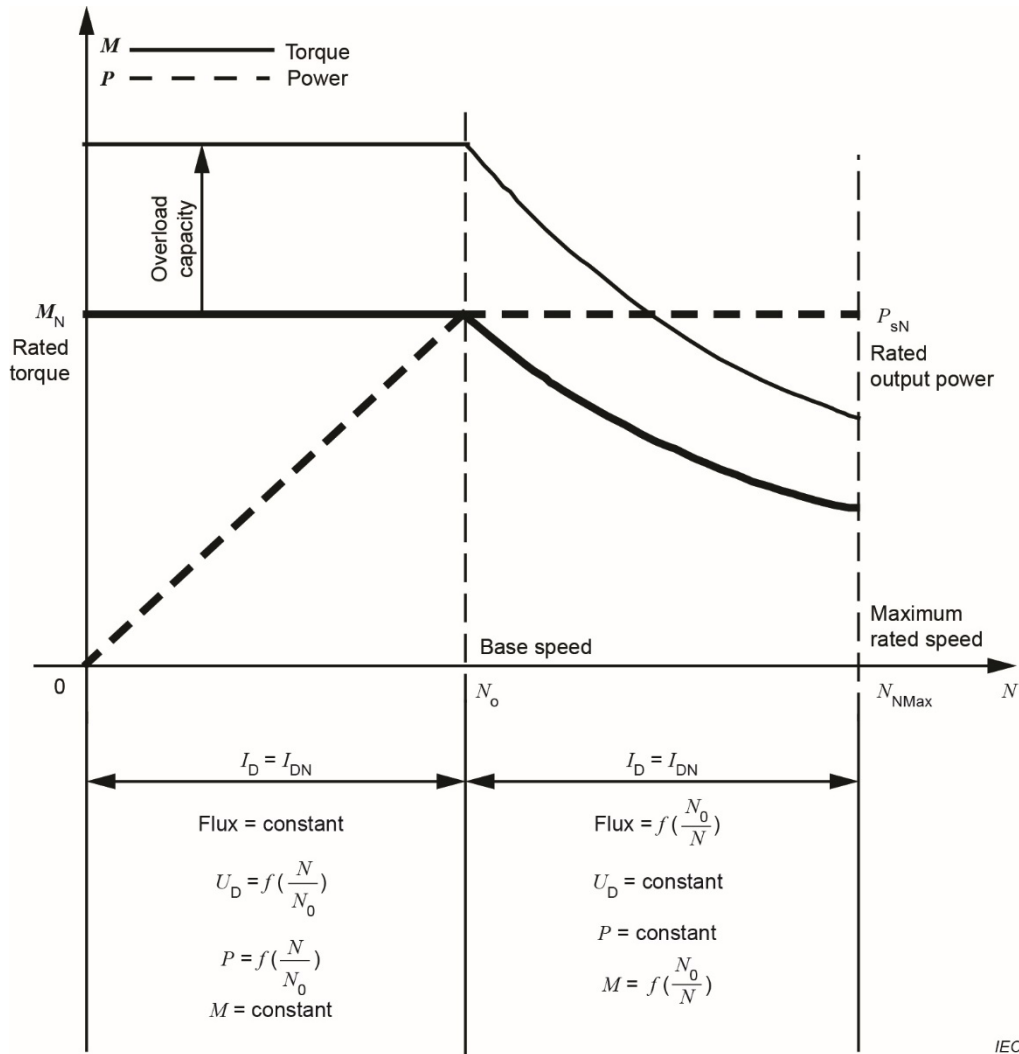
- a) variable torque changing as a function of speed, for example speed squared (as may be found in pump, fan and compressor applications);
- b) constant torque over a specific speed range;
- c) constant power over a specific speed range where the torque decreases when speed increases;
- d) regenerative 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 and 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.5.2 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 *BDM/CDM*, the torque which can be transmitted is reduced by the reduction of ventilation with reduction in speed.



- NOTE 1 In the example, the rated voltage and current of the *motor* are equal to those of the *CDM*.
- NOTE 2 Reducing overload capacity can be necessary for *speed* range over the *base speed*.
- NOTE 3 Operation below the *base speed* can necessitate the use of a blower for correct cooling of the *motor*.
- NOTE 4 This figure can be extended to four quadrant operation.
- NOTE 5 Reducing load capacity can be necessary for operation above *base speed*.

Figure A.1 – Torque and power output of a DC motor

### A.5.3 Considerations of drive regeneration

Some adjustable speed drives, covered by this document, 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 *BDM/CDM* then returns to the input supply.

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 3.3). 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 *AC ripple* voltage inherent in this power source.

These *ripple* voltages produce corresponding *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 dependent upon several factors including power supply type, armature circuit inductance and thyristors conduction angle.

The noise which results from these current 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 DC 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 DC 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:

$$U_{\text{peak}} \leq 2 \times U_{\text{ins}} ;$$

$$dv/dt \leq 500 \text{ V}/\mu\text{s}$$

where

$U_{\text{peak}}$  is the peak voltage of a *motor*;

$U_{\text{ins}}$  is the rated voltage of a *motor*.

## A.8 Shaft voltages

Shaft voltages may result from operation on a *converter*.

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 shall 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;
- AC supply harmonics, commutation notches, voltage overshoot.

NOTE See Clause D.4 for additional information.

## Annex B (informative)

### Line-side considerations

#### B.1 General

The connection of a *BDM/CDM* 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 Std 519<sup>TM</sup> 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 AC input lines known as a line notch. The line notch transient is described in IEEE Std 597<sup>TM</sup>. Acceptable limits for notch and methods of reducing the notch area are given in IEEE Std 519<sup>TM</sup> 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 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 AC 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 manual is to be consulted for guidance on permissible AC power system earth configurations. Section 12 of IEEE Std 597<sup>TM</sup>:1983 contains a more rigorous discussion on earthing methods. Table 6 of Section 12 of IEEE Std 597<sup>TM</sup>:1983 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 60364-1, IEC 60364-51 and IEC 60364-55.

### B.3 Introduction to harmonics and inter-harmonics

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 inter-harmonic when order  $h$  is not an integer).

There are two basic types of *converters* connected to the AC line:

- type 1: those thyristor *converters* with large inductance in the DC 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 DC 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 IEC TR 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.

**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.	$R_{sc}$	$A_E$
0,01	231	0,25	0,004 1	150	0,19	0,004 3	106	0,18	0,005 5	99	0,14	0,005 4
0,015	154	0,40	0,006 2	100	0,29	0,006 5	71	0,27	0,008 1	66	0,22	0,008 1
0,03	77	0,74	0,012 3	50	0,57	0,013 0	35	0,55	0,016 5	33	0,43	0,016 3
0,05	46	1,24	0,020 6	30	0,93	0,021 7	21	0,91	0,027 5	20	0,72	0,026 8
0,08	29	1,98	0,032 7	19	1,51	0,034 2	13	1,47	0,044 4	12	1,19	0,044 7
0,1	23	2,48	0,040 9	15	1,89	0,042 8	10	1,84	0,055 5	9	1,49	0,055 9

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 inter-harmonics 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 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;
- 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

### B.4.1 General

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 *DC 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;  
 $\alpha$  is the delay angle of *converter*.

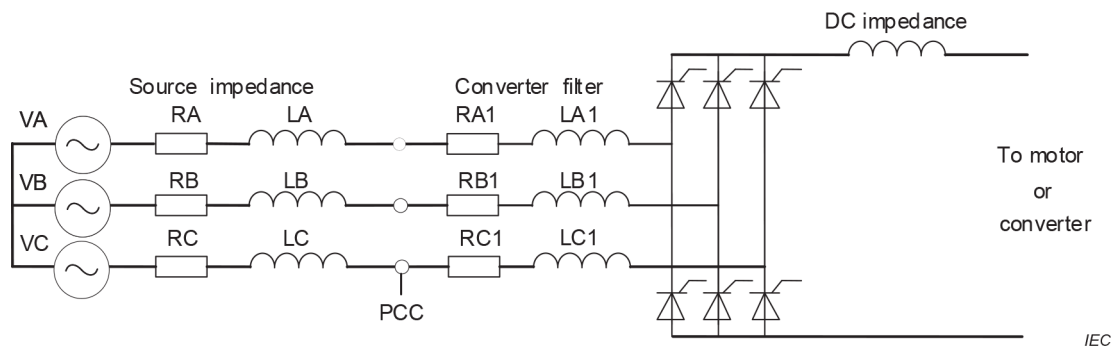
NOTE 2 The magnitude of these harmonic currents in 12-pulse *converters* is normally taken to be 10 % of the 6-pulse values.

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 DC/AC ratio (angle approaching  $90^\circ$ ), and decreasing commutating reactance.



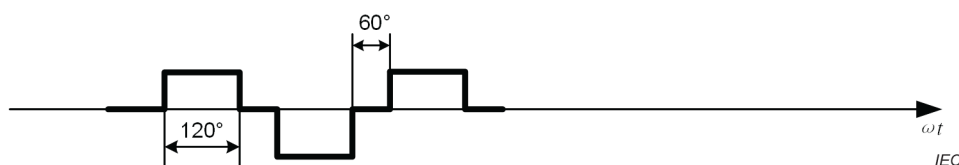
Different approximations of harmonic current calculation have been given for this basic three-phase bridge *converter* (see Figure B.1).



**Figure B.1 – Thyristor *rectifier* with a large DC inductance**

#### B.4.2 Square wave line current

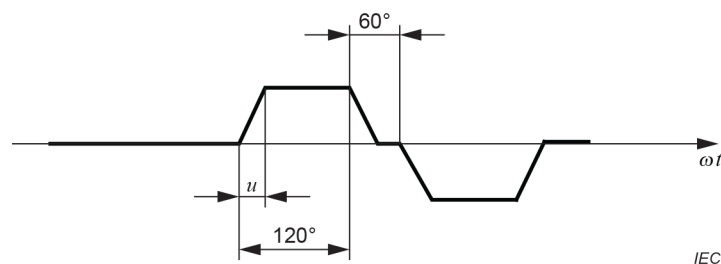
Figure B.2 shows a square wave line current.



**Figure B.2 – Square wave line current**

#### B.4.3 Trapezoidal line current

Figure B.3 shows a trapezoidal line current.



**Figure B.3 – Trapezoidal line current**

Approximation (see IEC TR 60146-1-2) gives a mathematical formula with graphic representation.

#### B.4.4 Current harmonic with *DC current ripple*

##### B.4.4.1 General

These three preceding approximations assume the *DC current* is without *ripple*. This is not necessarily true, particularly for drives where line-side diode *rectifiers* are used without a reactor.

##### B.4.4.2 Square wave line current with ideal DC *ripple*

The idealized *DC current ripple* consists of parts of sine wave.

$$r = \frac{I_{pp}}{I_d}$$

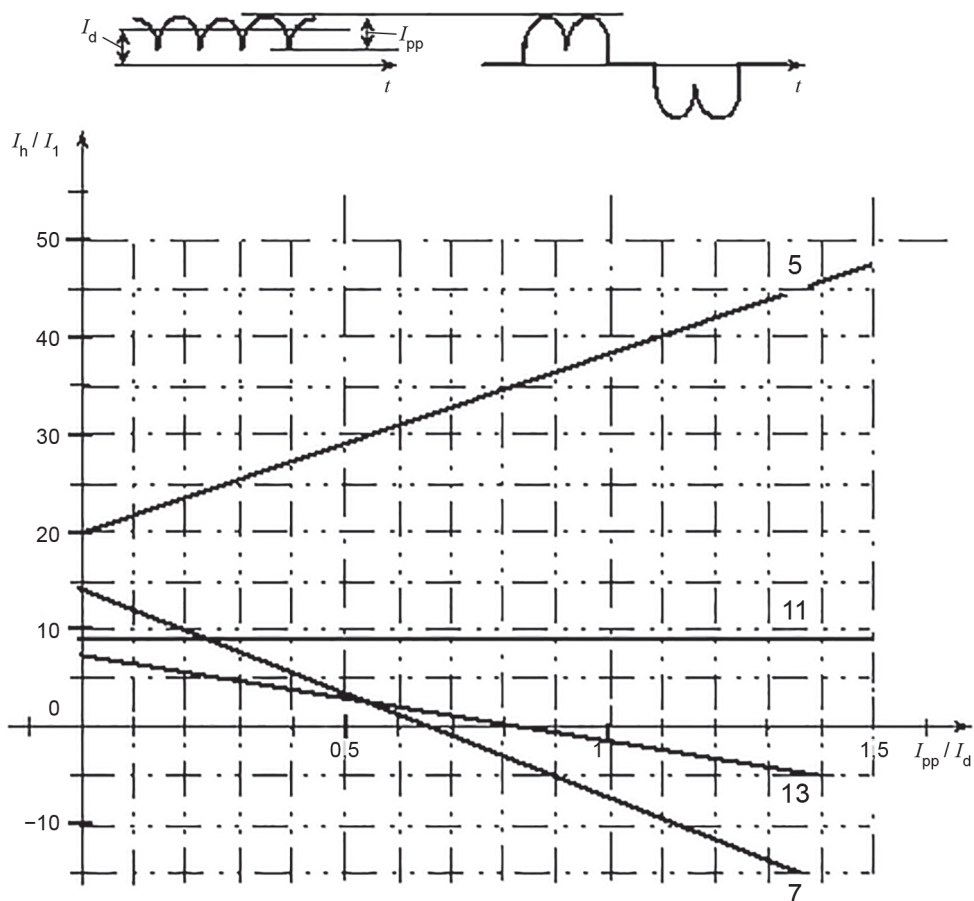
$$I_1 = I_d \left( \frac{3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} + 0,014 r \right)$$

harmonics orders  $h = 6 k \pm 1 = 6 k + \varepsilon$

$$\frac{I_h}{I_1} = (-1)^\varepsilon \left( \frac{1}{h} + \frac{6,46 r}{h-1} - \frac{7,13 r}{h} \right)$$

This result is graphically presented in Figure B.4, and generally gives a practical approximation, particularly for drives with large inductance in the DC 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

**Figure B.4 – Major harmonic components of supply current considering square wave line current with idealized DC ripple**

#### B.4.4.3 Trapezoidal line current with ideal DC ripple

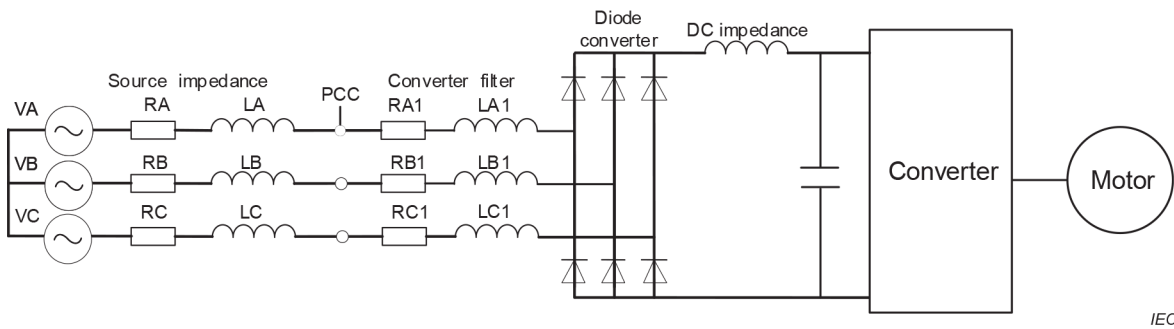
An extension of the above case, taking into account the commutation angle, has also been described and leads to more complex representations (IEEE Transactions on Industry Applications No. 1, Jan./Feb. 83).

**B.4.5 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 dependent on the conduction time of the diodes, i.e. dependent upon the total equivalent reactance  $X_L$ .

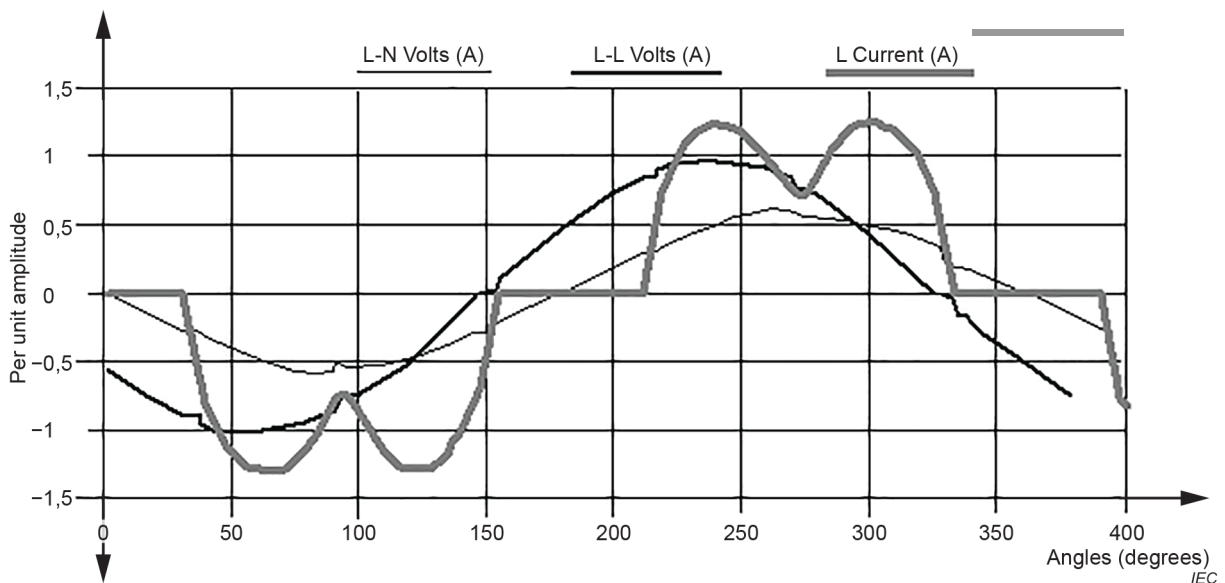
Figure B.5 shows a power *converter* with a diode *converter* on the line-side. The *converter* is shown with a three-phase line impedance, a *converter* filter (impedance) and a *DC link* impedance. *Converter* impedance can be defined as two times the *converter* filter impedance summed with the DC 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.

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.



IEC

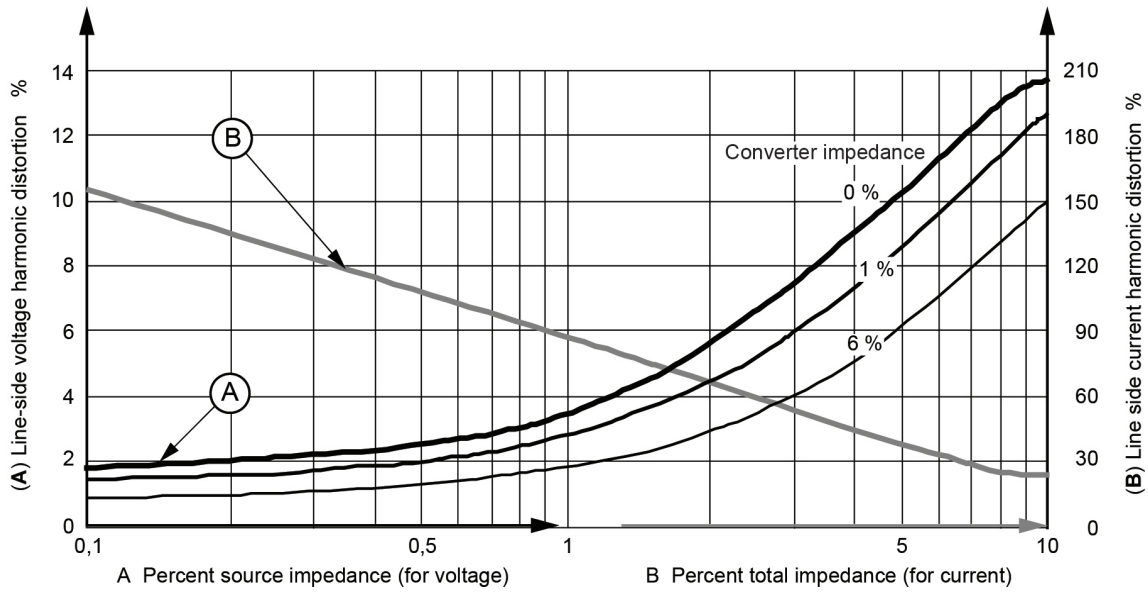
**Figure B.5 – Power converter with a diode rectifier on the line-side and a DC/DC converter**



IEC

NOTE Source impedance = 2 %, *converter* impedance = 6 %.

**Figure B.6 – Input voltage and current waveforms of the diode rectifier**



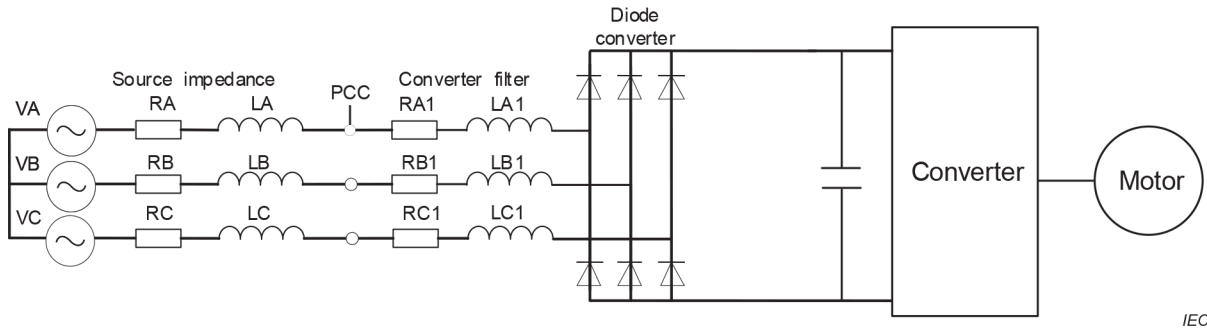
IEC

**Figure B.7 – Line-side voltage and current distortion factors of a diode *rectifier***

**B.4.6 Diode *rectifiers* without *DC link* inductance**

A particular case arises with *converters* which have no inductance in the *DC 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

**Figure B.8 – Diode *rectifier* without *DC 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  $\chi_c$  in p.u.

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.

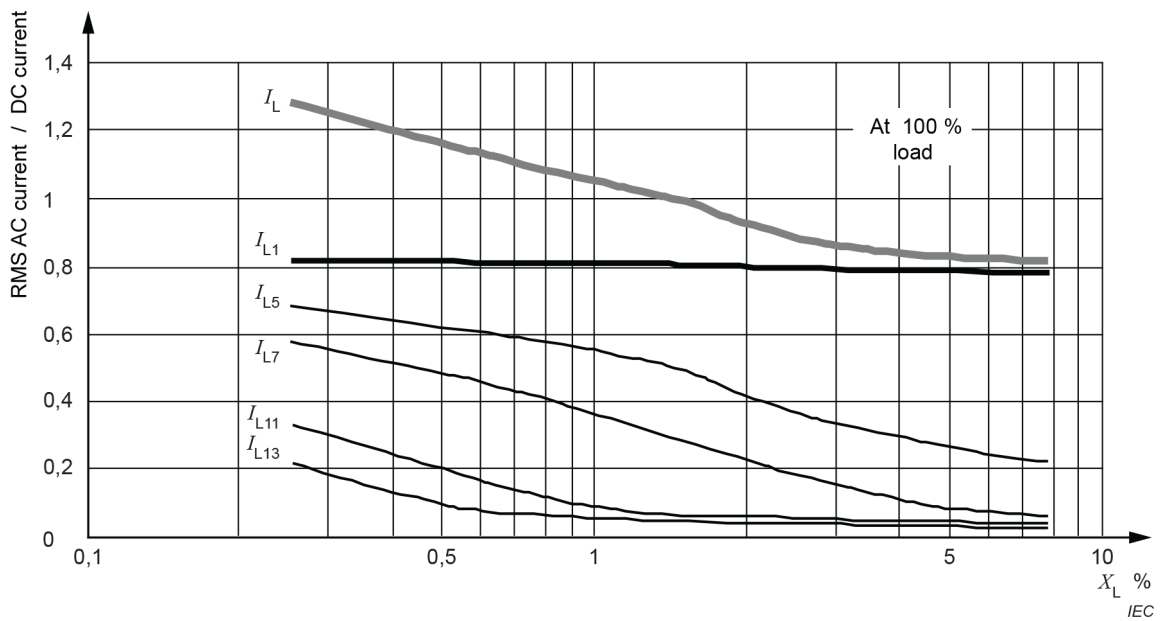


Figure B.9 – Input harmonic current (AC and DC)

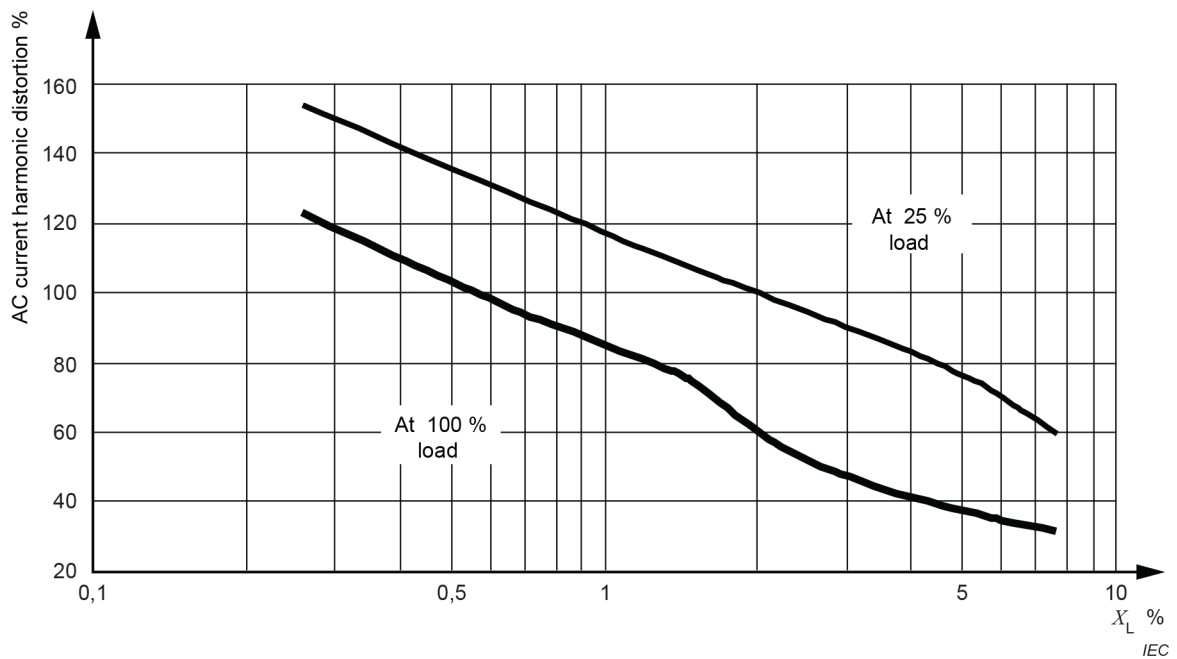


Figure B.10 – Input current distortion

#### B.4.7 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 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, see also Figure B.11.

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 *DC 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 IEC TR 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).

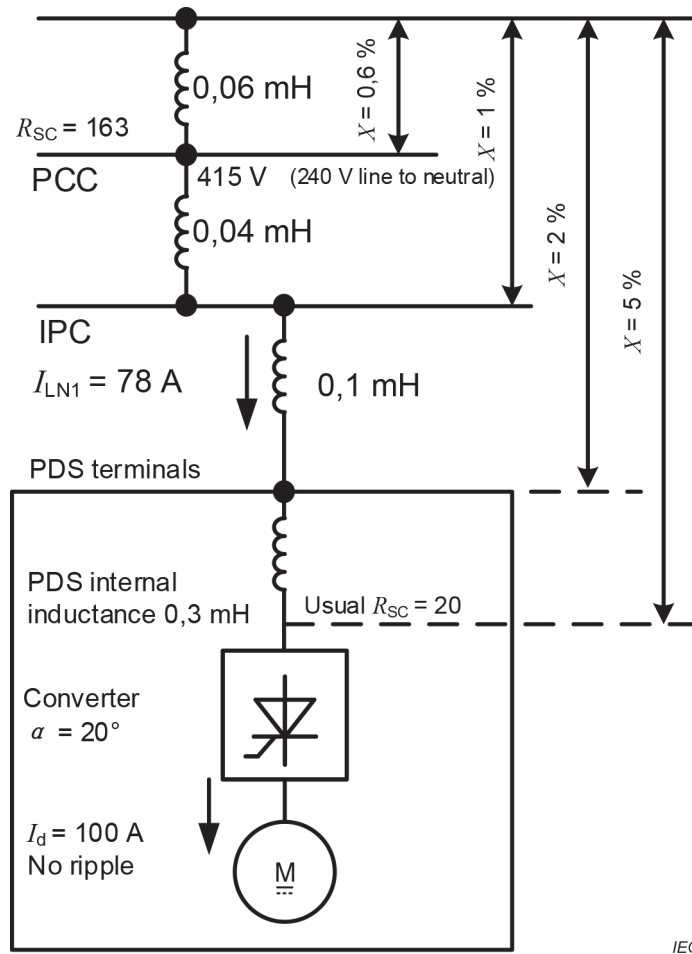


Figure B.11 – Example of simple structure

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 IEC 61800-3 can be applied to obtain a rough assessment of the resulting distortion.

## 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 act of installing 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. Figure B.4 and Figure B.6 for 12-pulse operation would need to be modified. In Figure B.6, the total RMS 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 of IEC TR 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).

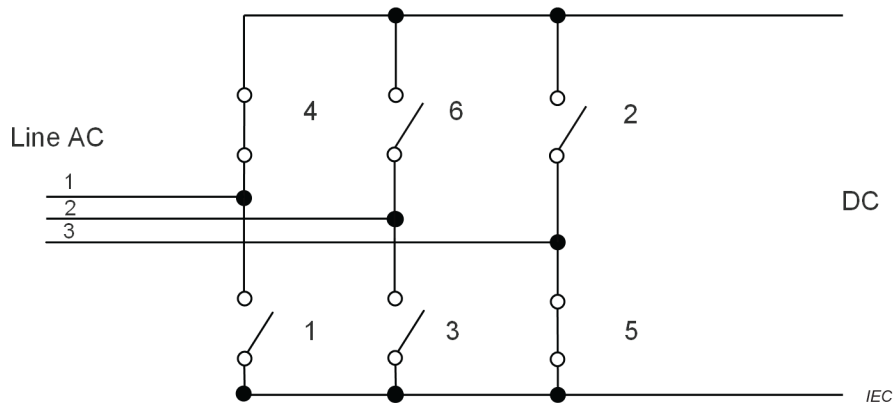
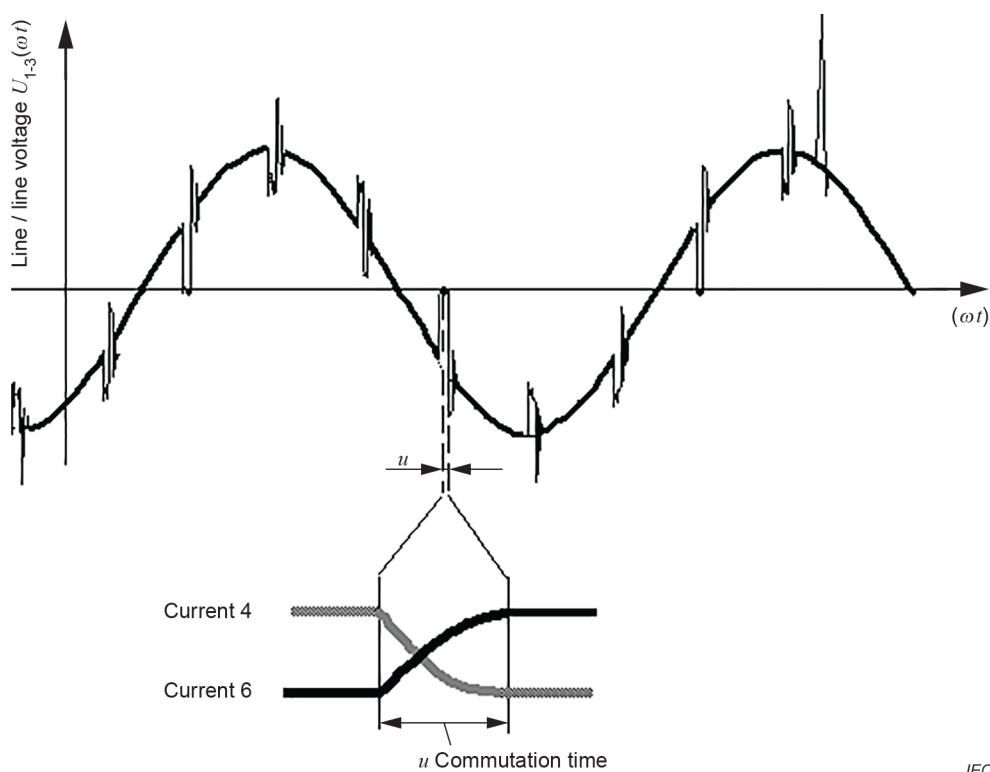


Figure B.12 – 3-phase, 6-pulse bridge *converter*





IEC

**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 AC 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.

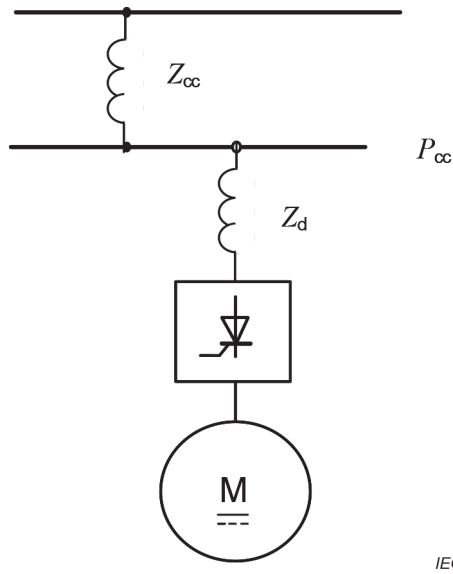
The maximum commutation notch occurs during current limit mode of operation.

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 percent.



**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 document 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 overcurrent (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 shall be established between the user and the supplier/*manufacturer*.

Several solutions are possible.

### a) 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.

b) Voltage dip compensation (ride-through 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.

c) 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.

## Annex C (informative)

### Auxiliary equipment

#### C.1 General

Various electrical equipment, well identified, may be exposed to unusual conditions when used with *power drive systems (PDSs)*. For example, transformers and reactors may operate at various harmonic currents and winding impulse loading, etc. Annex C is intended to assist in identifying such areas for this type of auxiliary equipment.

#### C.2 Transformers

##### C.2.1 General

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.2.2 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.2.3 Codes

Local or plant codes may specify electrical isolation, which could require the use of input transformers.

##### C.2.4 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 *BDM/CDM* 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 *BDM/CDM* branch circuit from the overall distribution system. In this manner, continued *BDM/CDM* 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* earth fault protection. *Converter* earth fault protection will protect the *converter* under earth fault conditions specified by the *manufacturer* but may not provide the continuity of service desired.

### **C.2.5 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 AC line. An isolation transformer equipped with taps may be used to compensate the voltage unbalance at all rated load conditions.

### **C.2.6 Reduction of *converter* input harmonic currents**

The *BDM/CDM 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 *BDM/CDM*, 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.2.7 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.2.8 Pulse number**

In some cases, transformers or auto-transformers are used in order to increase the pulse number and hence reduce the voltage and/or current harmonic distortion.

## **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.

## Annex D (informative)

### Control strategies

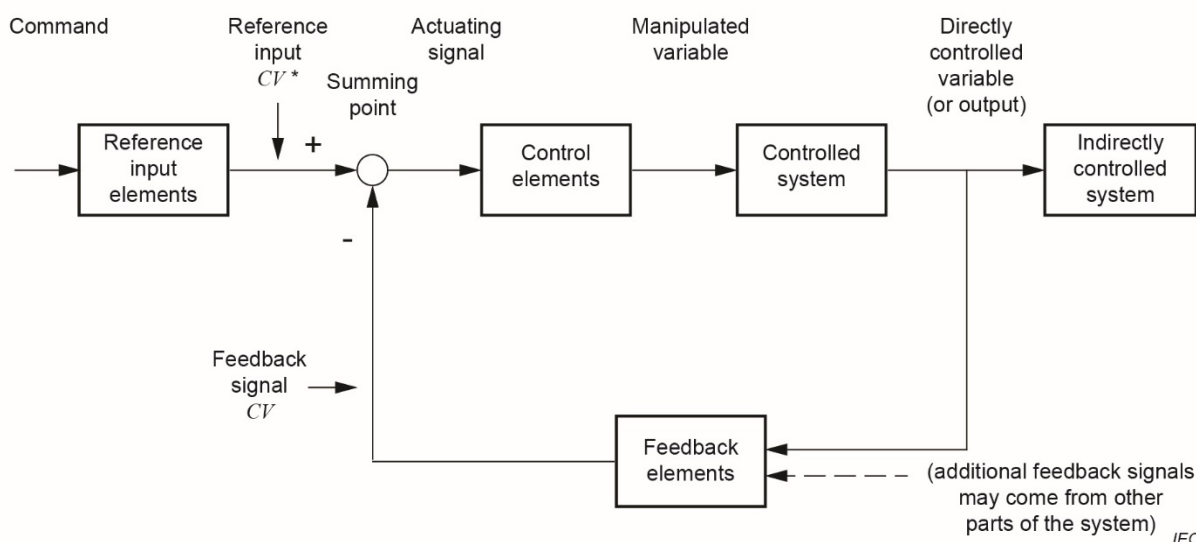
#### D.1 General

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.2 Control configurations

##### D.2.1 General

The ultimate scope of an adjustable speed DC 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, which 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 *DC 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 *DC motor* control system. The function of the *DC motor* control system is to regulate the value of a specified parameter of the *DC motor* to the value requested by the master controller.

The configuration and performance of the master controller are outside the scope of this document.

This annex deals with the configuration of *DC motor* control systems.

### D.2.2 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 DC voltage (speed control with DC 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 *DC 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
Variants	Feedback device	Speed sensor						DC voltage transducer		
	Without/with field weakening	Without			With			Without*		
	Without/with armature current reversal	Without	With		Without	With		Without	With	
	Armature current reversal without/with circulating current		With-out	With		With-out	With		With-out	With
	Without/with field current reversal	A1 with out; A2 with			D1 with out; D2 with			G1 with out; G2 with		

\* When a DC 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 DC 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 speed sensor or a DC 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.2.3 Optional facilities

Besides the basic structure, a *DC 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).



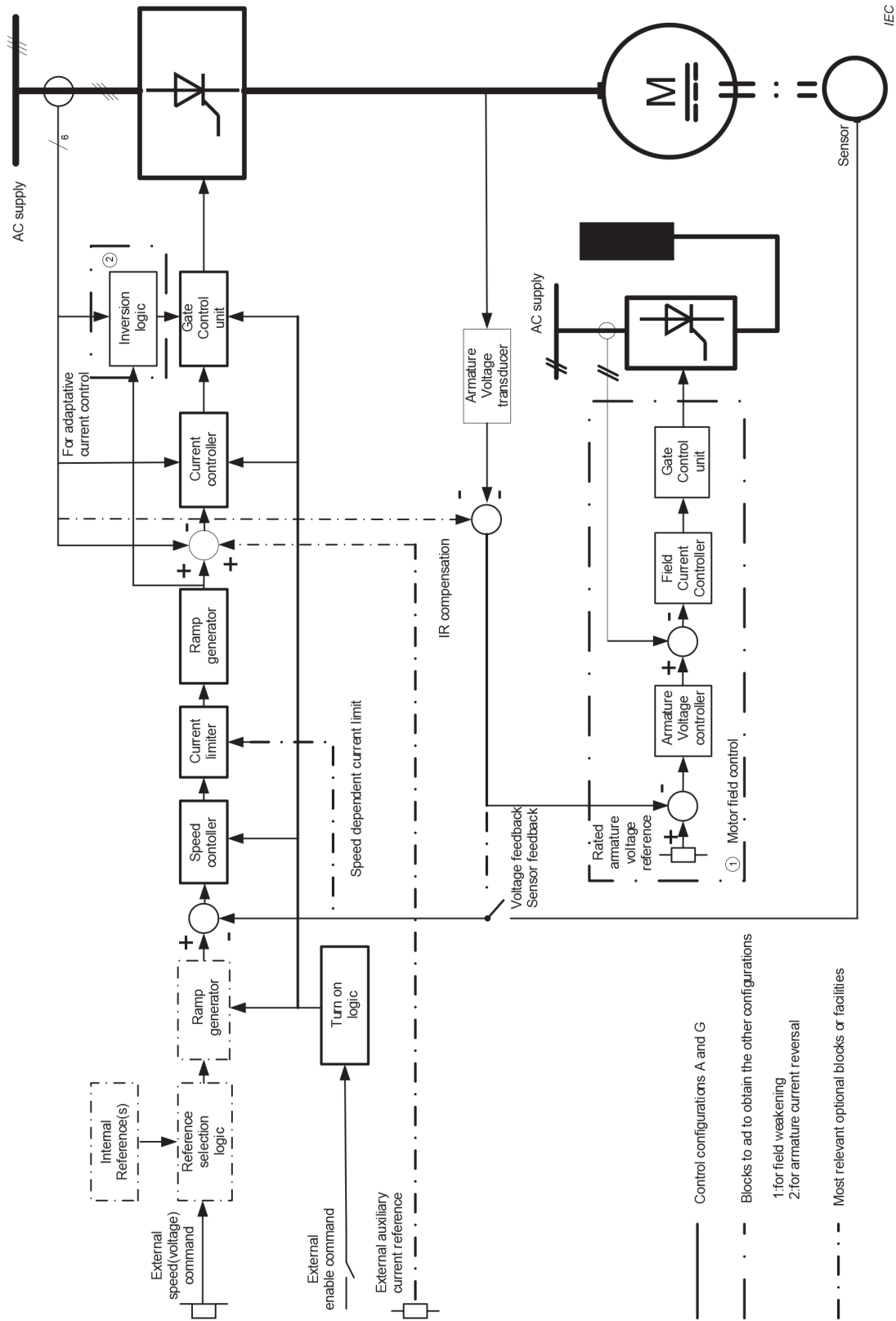


Figure D.2 – Functional block diagram

**Table D.2 – Composition of the typical control configurations**

		Control configurations								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Basic blocks</b>	Speed sensor	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	≠	≠	≠
	DC armature voltage	≠	≠	≠	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Speed controller	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Current limiter	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Current controller	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Gate control unit	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Turn on logic	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Field control	≠	≠	≠	⊗	⊗	⊗	≠	≠	≠
	Inversion logic	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠
<b>Optional</b>	Internal references	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Reference selection logic	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Ramp generator	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Speed dependant current limit	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	IR compensation	≠	≠	≠	○	○	○	○	○	○
	External auxiliary current reference	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Adaptive current controller	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Circulating circuit regulator	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗
	Speed controller gain correction during field weakening	≠	≠	≠	○	○	○	≠	≠	≠
	Minimum and full field limit	≠	≠	≠	○	○	○	≠	≠	≠
⊗ The block is always present in the configuration. ≠ The block is never present in the configuration. ○ The block is optionally present in the configuration.										

### D.2.4 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.3 Control modes

#### D.3.1 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.3.2 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, DC, AC 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.3.3 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.

**Table D.3 – Drive system control strategies**

Operating mode	Feedback type	Static behaviour (accuracy/deviation band)				Dynamic behaviour (settling 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 Clause D.3).

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.4 Steady state and transient performance

### D.4.1 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.4.2 Response time

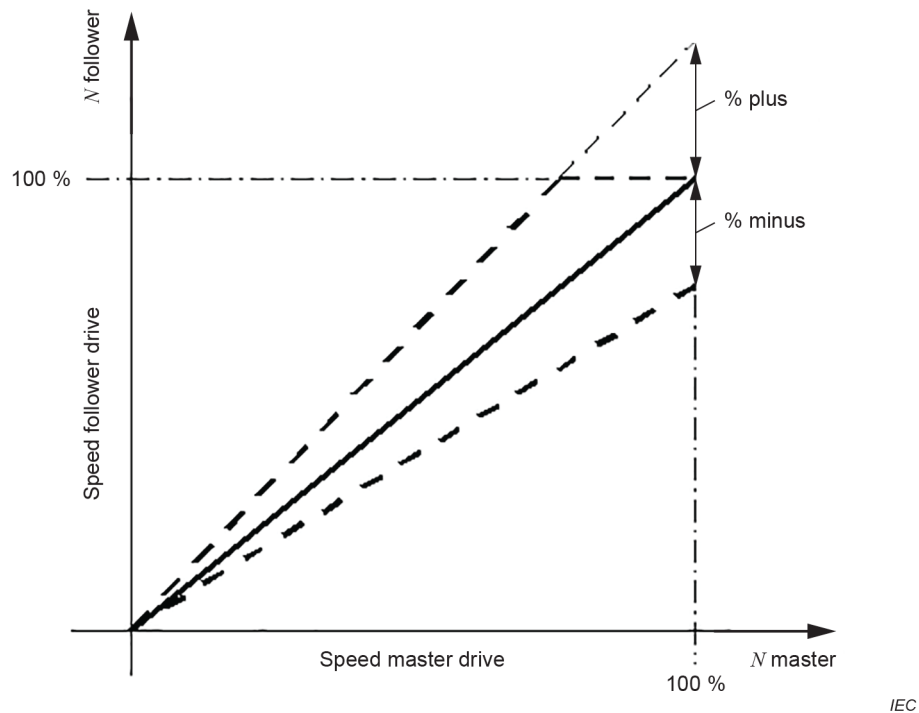
See 4.4.1.3.2.

### D.4.3 Performances of particular functions

Additional information may be requested about particular functions.

### D.4.4 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.3, is usually expressed as plus or minus percentage with respect to the master drive *speed*.



**Figure D.3 – Master/follower drive system**

- **Speed ramp generator**

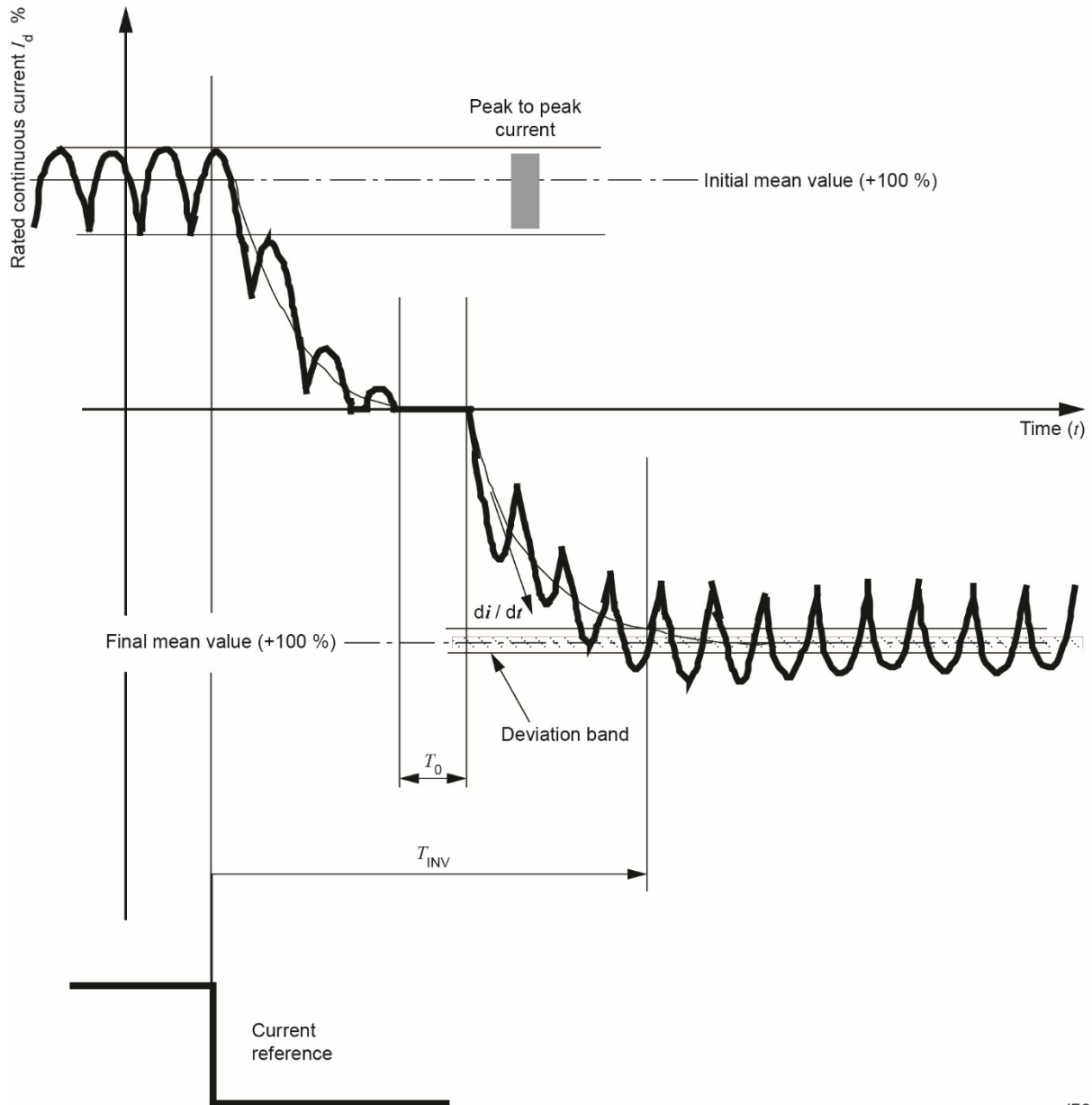
The performance of the ramp generator, if provided, is defined by the range of acceleration or deceleration rate that may be set. In addition, the application of fast deceleration for emergency stopping should be considered.

- **Current limiter – Torque limiter**

The characteristics of the current/torque limiter are defined by the range in which the current limit may be set.

- **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.4, 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

**Key**

$T_0$  zero current inversion time

$T_{INV}$  inversion time

NOTE The inversion time  $T_{INV}$  starts with the initial step signal, and lasts until the average value of the current remains in its operating deviation band. The rate of change of current influences, of course, the inversion time.

**Figure D.4 – Zero current inversion time**

**D.5 List of relevant control parameters**

**D.5.1 BDM/CDM control parameters**

According to Figure D.2, the basic *BDM/CDM* 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);
- DC voltage limitation;
- gain of flux controller;
- constant time of flux controller, etc.

#### **D.5.2 Motor parameters**

*Motor* parameters include:

- armature resistance;
- armature inductance;
- field circuit resistance;
- field circuit inductance.

#### **D.5.3 Mechanical parameters**

Mechanical parameters include:

- inertia (including the part of the rotor of the *motor*);
- elasticity;
- backlash;
- others.

#### **D.5.4 Supply parameters**

Supply parameters include:

- $R_{SC}$  short-circuit ratio;
- harmonic impedance;
- line impedance (fundamental) or continuous current capacity.

### **D.6 Structures**

#### **D.6.1 Functional structures**

Variables involved in a drive are speed and torque.

Reference is made to Figure D.5.

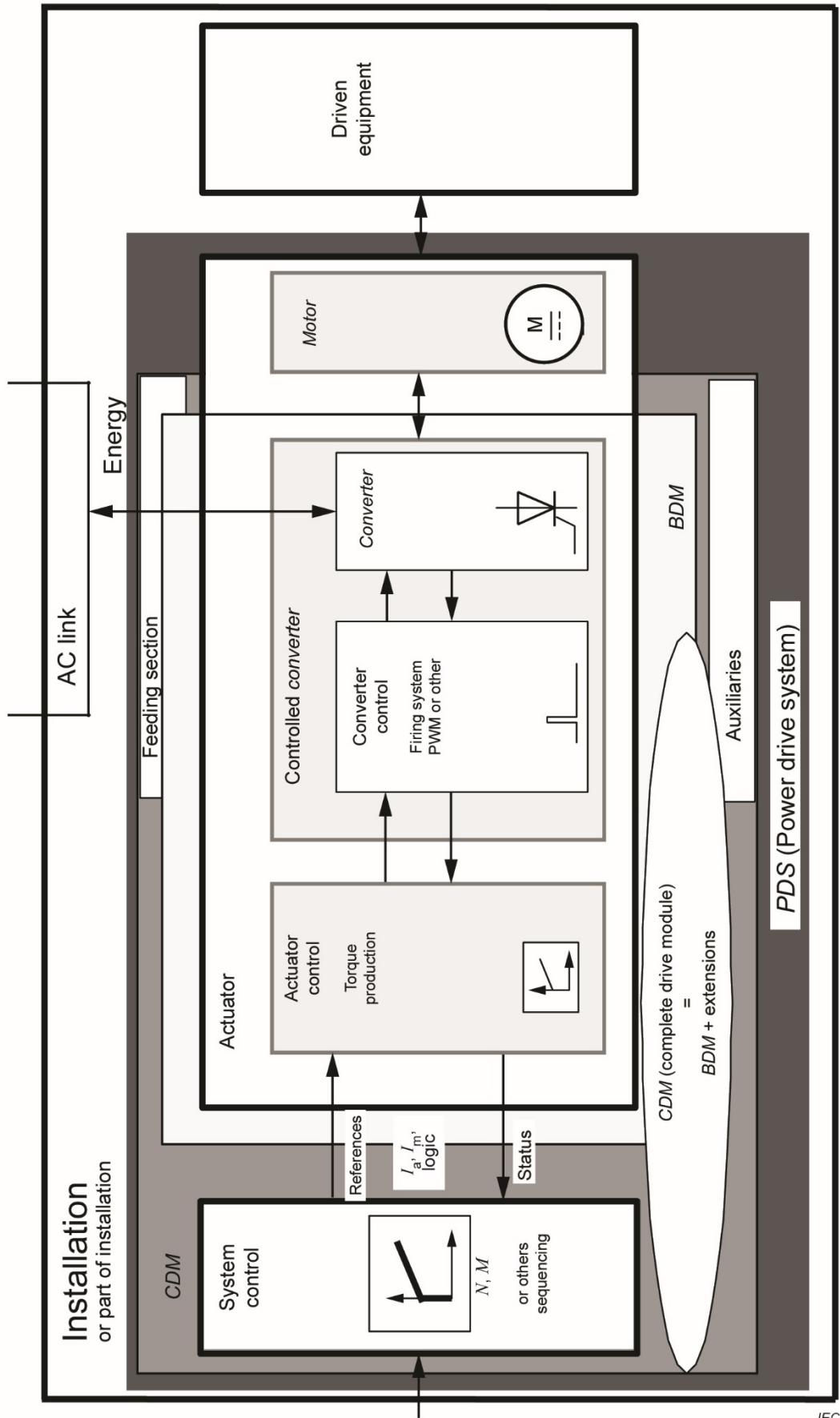


Figure D.5 – Structure of a drive system



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.6.2 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 Figure 2, the *CDM* can be divided into a basic drive module (*BDM*) and its extensions. This *BDM* may or may not include the speed controller.

Standalone products are basic or complete drive modules (*BDM* or *CDM*). When connected to a *motor*, they become a drive system (*PDS*).

### D.6.3 Important drive performances issues

The performance which is specific to the *BDM/CDM* only concerns the torque producing *motor* current.

Speed performance depends on the *BDM/CDM*, the *motor*, and the driven equipment. They are not specific to the *BDM/CDM* 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.

### D.6.4 Effect of torsional elasticity

The connection of a *motor* to a driven equipment, by a shaft and/or gearing, generates a natural torsional frequency ( $f_{NT}$ ) depending on the mass inertia and the transmission elasticity as follows:

$$f_{NT} = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{K(J_M + J_D)}{J_M \cdot J_D} \right]^{1/2}$$

where

$f_{NT}$  is the natural torsional frequency;

$J_M$  is the *motor* inertia;  
 $J_D$  is the driven equipment inertia;  
 $K$  is the transmission spring constant ( $1/K =$  elasticity).

This formula refers to a two-mass system.

NOTE A system with three or more masses presents two or more  $f_{NT}$ .

In many cases the  $f_{NT}$  frequency is very high.

If we have:

$$f_{NT} \gg 10 / T_r$$

where

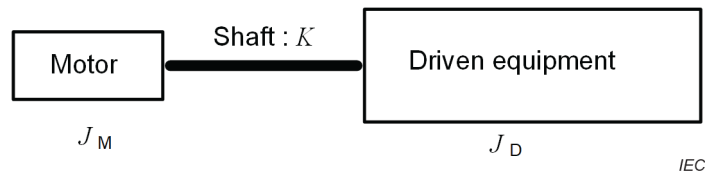
$T_r$  is the requested response time of the speed controller.

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.

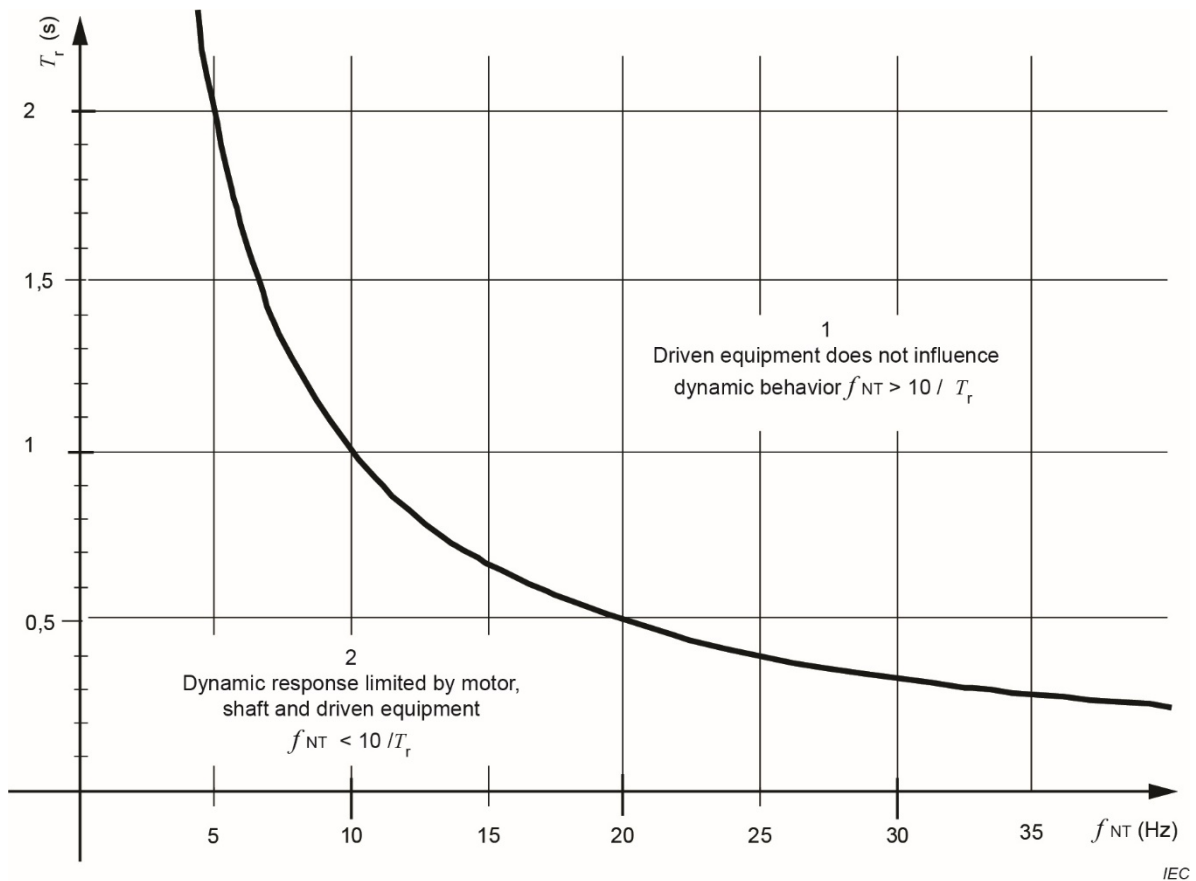
Also, the maximum speed transient deviation will depend on the inertia of the drive system and/or the magnitude of the step when a step load is applied.

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  $f_{NT}$  frequency of the drive can be less than  $10 / T_r$ .

In this case, to avoid vibration during operation, the speed controller response time shall be tuned to a higher value with respect to the  $f_{NT}$ , 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  $f_{NT} > 10 / T_r$ . See Figure D.6 and Figure D.7.



**Figure D.6 – Mechanical diagram**

**Key**

$T_r$  requested speed controller response time

$f_{NT}$  natural torsional frequency

**Figure D.7 – Simple stability criterion**

### D.6.5 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 4).

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.

## **Annex E** (informative)

### **Protection**

#### **E.1 General**

Annex E helps the user understand how to protect *BDM/CDM/PDS* 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. Annex E gives only general information for availability of the equipment.

#### **E.2 Equipment availability**

##### **E.2.1 General**

Equipment availability refers to continuing performance of the equipment. These protection circuits react primarily to external factors which influence the drive system.

##### **E.2.2 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.2.3 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 shall 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 shall be agreed upon between the user and *manufacturer* according to the production schedule, for example stop of production without loss of produced material.

c) Light fault 2

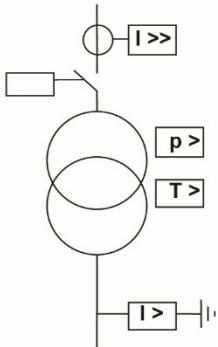
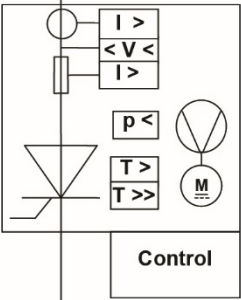
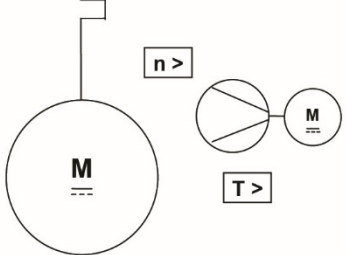
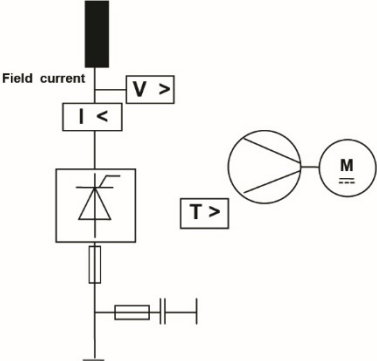
Production is continued for a short, reasonable time to be agreed upon between user and *manufacturer* according to the process. Material can be stored before tripping of the equipment.

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.2.4 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 *PDS* utilizing high performance drives. Simple drive applications may provide alarm and trip functions only.

Message	Categories				
	Alarm	Light fault 1	Light fault 2	Heavy fault	
 <p>Short-circuit</p> <p>Gas relay</p> <p>Overtemperature</p> <p>Earth fault (single/double)</p>				■	CDM circuit
 <p>Overcurrent</p> <p>Undervoltage/overvoltage(AC/DC)</p> <p>Fuses trip</p> <p>Phase loss</p> <p>Fan loss</p> <p>Semiconductor overtemperature level</p> <p>Overspeed</p> <p>Loss of speed feedback</p>			■	■	
 <p>Individual overload</p> <p>Overspeed</p> <p>Fan loss</p> <p>Winding overtemperature</p>			■	■	Motor
 <p>Field overvoltage</p> <p>Field current loss</p> <p>Fan loss</p> <p>Thyristors overtemperature</p> <p>Fuses trip</p> <p>Overspeed protection</p>			■	■	Excitation circuit (if any)

**Figure E.1 – Protection classification**

### E.3 System protection (features and devices)

The purpose of Clause E.3 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 equipment, 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 *BDM/CDM*

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) overspeed of *motors*;
- g) excessive vibration of *motors*;
- h) loss of *motor* lubrication.

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. Earth 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.

## **Annex F** (informative)

### **Monitoring features**

#### **F.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 standalone 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 *BDM* or *CDM*), either by LED, or alphanumeric code on LED or LCD or terminal (hand held programmer, personal computer).

#### **F.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 field bus.



## Bibliography

IEC 60027-3, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 3: Logarithmic and related quantities, and their units*

IEC 60034-6, *Rotating electrical machines – Part 6: Methods of cooling (IC Code)*

IEC 60050-131:2002, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 131: Circuit theory*

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-411:1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 411: Rotating machinery*

IEC 60050-551-20:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551-20: Power electronics – Harmonic analysis*

IEC TR 60146-1-2, *Semiconductor converters – General requirement and line commutated converters – Part 1-2: Application guide*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 61131-2, *Industrial-process measurement and control – Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*

IEC 61439-1, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules*

IEC 61800-9 (all parts), *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 9: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven application*

IEC 61800-9-1, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 9-1: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications – General requirements for setting energy efficiency standards for power driven equipment using the extended product approach (EPA) and semi analytic model (SAM)*

IEC 61800-9-2, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 9-2: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications – Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters*

EN 50325-4: *Industrial communications subsystem based on ISO 11898 (CAN) for controller-device interfaces – Part 4: CANopen*

EN 50598-3:2015, *Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications – Part 3: Quantitative eco design approach through life cycle assessment including product category rules and the content of environmental declarations*

IEEE-519, *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*

IEEE 597, *IEEE Standard Practices and Requirements for General Purpose Thyristor DC Drives*

IEEE Transactions on Industry Applications N°1 Jan/Feb 83

---



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	140
INTRODUCTION .....	142
0.1 Généralités .....	142
0.2 Cohérence des exigences .....	142
0.3 Éléments d'un accord entre le <i>client</i> et le <i>fabricant</i> .....	142
1 Domaine d'application .....	144
2 Références normatives .....	145
3 Termes et définitions .....	146
3.1 Composants du système .....	146
3.2 Convertisseurs et éléments du circuit (voir Tableau 2) .....	152
3.3 Caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'entraînement (voir Tableau 3) .....	154
3.4 Caractéristiques assignées en entrée du <i>BDM/CDM/PDS</i> (voir Tableau 4) .....	156
3.5 Caractéristiques assignées en sortie du <i>BDM/CDM</i> (voir Tableau 5) .....	160
3.6 Caractéristiques assignées du <i>moteur</i> (voir Tableau 6) .....	162
3.7 Systèmes de commande (voir Tableau 7) .....	165
3.8 Essais (voir Tableau 8) .....	166
4 Caractéristiques assignées et spécifications pour l'installation, la mise en service et le fonctionnement .....	167
4.1 Généralités .....	167
4.2 Caractéristiques et topologie des <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	168
4.2.1 Généralités .....	168
4.2.2 Caractéristiques des <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	168
4.2.3 Topologie de base des <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	169
4.3 Caractéristiques assignées .....	173
4.3.1 Généralités .....	173
4.3.2 Caractéristiques assignées en entrée .....	174
4.3.3 Caractéristiques assignées en sortie .....	175
4.3.4 Quadrants de fonctionnement .....	179
4.3.5 Caractéristiques assignées, propriétés et fonctionnalités du <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	179
4.3.6 Caractéristiques assignées spéciales relatives au <i>BDM/CDM/PDS</i> ou au <i>moteur</i> .....	179
4.4 Performances .....	180
4.4.1 Fonctionnement .....	180
4.4.2 Traitement et protection contre les défauts .....	190
4.4.3 Indications d'état minimales exigées .....	191
4.4.4 Dispositifs d'entrée/sortie (E/S) .....	192
4.5 Sécurité générale .....	194
4.6 Sécurité fonctionnelle .....	194
4.7 CEM .....	194
4.8 Écoconception .....	195
4.8.1 Généralités .....	195
4.8.2 <i>Efficacité</i> énergétique et pertes de puissance .....	195
4.8.3 Impact environnemental .....	195

4.9	Conditions d'environnement pour le service, le transport et l'entreposage .....	195
4.9.1	Généralités .....	195
4.9.2	Fonctionnement .....	196
4.9.3	Entreposage et transport du matériel .....	200
4.9.4	Conditions mécaniques .....	201
4.9.5	Dangers spécifiques d'entreposage .....	202
4.9.6	Essais d'environnement de service (essai de type) .....	203
4.10	Types de profils de régime de charge .....	204
4.11	Interface générique et utilisation de profils pour les <i>PDS</i> .....	204
4.12	Tension sur l' <i>interface de puissance</i> .....	206
4.13	Environnement explosif .....	206
5	Essai .....	206
5.1	Généralités .....	206
5.2	Exécution des essais .....	206
5.2.1	Conditions générales .....	206
5.2.2	Conditions de mise à la terre du système d'alimentation .....	207
5.3	Essais normalisés pour le <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	207
5.3.1	Généralités .....	207
5.3.2	Essai des produits de masse .....	209
5.3.3	Essai de produits en exemplaire unique .....	209
5.4	Spécifications d'essai .....	209
5.4.1	Inspections visuelles ( <i>essai de type, essai sur prélèvement et essai individuel de série</i> ) .....	209
5.4.2	Essais de performances et essais de dimensionnement .....	210
5.4.3	Sécurité générale .....	218
5.4.4	Sécurité fonctionnelle .....	218
5.4.5	CEM .....	218
5.4.6	Calcul de l' <i>efficacité</i> énergétique et des pertes de puissance .....	218
5.4.7	Essais de condition d'environnement .....	218
5.4.8	Profils de communication .....	221
5.4.9	Environnement à atmosphère explosive .....	221
6	Informations et exigences de marquage .....	221
6.1	Généralités .....	221
6.2	Marquage sur le produit .....	222
6.3	Informations à fournir avec le <i>PDS</i> ou le <i>BDM/CDM</i> .....	223
6.4	Informations à fournir ou à mettre à disposition .....	223
6.5	Informations de sécurité et de mise en garde .....	223
6.5.1	Étiquettes de mise en garde .....	223
6.5.2	Considérations supplémentaires relatives à la sécurité d'un <i>PDS</i> .....	224
Annexe A (informative) Compléments côté <i>moteur</i> .....		225
A.1	Généralités .....	225
A.2	Refroidissement .....	225
A.3	<i>Ondulations</i> des formes d'ondes .....	226
A.3.1	Généralités .....	226
A.3.2	Configuration du <i>convertisseur</i> .....	226
A.3.3	Tension par rapport à la terre .....	226

A.4	Aspects relatifs à la torsion .....	227
A.4.1	Généralités .....	227
A.4.2	Analyse de torsion .....	227
A.4.3	Remèdes aux problèmes de torsion (rares avec des dispositifs d'entraînement à courant continu) .....	227
A.4.4	Pulsations de couple .....	227
A.5	Modes de fonctionnement .....	227
A.5.1	Généralités .....	227
A.5.2	Caractéristiques couple/vitesse .....	228
A.5.3	Récupération d'énergie .....	229
A.6	Bruit.....	230
A.7	Durée de vie de l'isolement .....	230
A.8	Tensions sur l'arbre .....	231
A.9	Entraînements nouveaux .....	231
Annexe B (informative)	Compléments côté réseau .....	232
B.1	Généralités .....	232
B.2	Mise à la terre de l'alimentation alternative .....	232
B.3	Introduction aux harmoniques et interharmoniques .....	233
B.4	Résultats du contrôle de phase des <i>convertisseurs</i> types .....	235
B.4.1	Généralités .....	235
B.4.2	Courant de ligne en créneaux rectangulaires .....	236
B.4.3	Courant de ligne en créneaux trapézoïdaux .....	236
B.4.4	Harmoniques de courant avec <i>ondulation</i> du <i>courant continu</i> .....	237
B.4.5	<i>Redresseurs</i> à diodes .....	238
B.4.6	<i>Redresseurs</i> à diodes sans inductance de la <i>liaison continue</i> .....	240
B.4.7	Généralités .....	242
B.5	Exemple d'évaluation de l'effet harmonique d'un <i>PDS</i> .....	242
B.6	Atténuation de l'émission harmonique .....	243
B.7	Encoches de commutation .....	244
B.8	Protection contre les creux de tension et coupures brèves .....	246
Annexe C (informative)	Équipements auxiliaires .....	248
C.1	Généralités .....	248
C.2	Transformateurs .....	248
C.2.1	Généralités .....	248
C.2.2	Tension .....	248
C.2.3	Règlements .....	248
C.2.4	Fournir un service continu pour les installations sujettes à des défauts d'isolement à la terre .....	249
C.2.5	Déséquilibre de la tension du réseau .....	249
C.2.6	Réduction des courants harmoniques d'entrée du <i>convertisseur</i> .....	249
C.2.7	Limitation du courant de court-circuit présumé à l'entrée du <i>convertisseur</i> .....	249
C.2.8	Augmentation de l'indice de pulsation .....	249
C.3	Bobines d'inductance .....	250
C.4	Appareillage.....	250

Annexe D (informative) Stratégies de commande.....	251
D.1 Généralités .....	251
D.2 Configurations de commande.....	251
D.2.1 Généralités .....	251
D.2.2 Structure de base .....	252
D.2.3 Aménagements facultatifs.....	253
D.2.4 Commande analogique et commande numérique .....	255
D.3 Modes de commande.....	256
D.3.1 Modes de fonctionnement.....	256
D.3.2 Système de commande en boucle .....	256
D.3.3 Exactitude et performances .....	256
D.4 Performances en régime permanent et transitoire .....	257
D.4.1 Réponse temporelle.....	257
D.4.2 Temps de réponse .....	257
D.4.3 Performances des fonctions particulières.....	257
D.4.4 Suiveur de vitesse .....	257
D.5 Liste de paramètres de commande utiles .....	259
D.5.1 Paramètres de commande du <i>BDM/CDM</i> .....	259
D.5.2 Paramètres du moteur .....	260
D.5.3 Paramètres mécaniques .....	260
D.5.4 Paramètres du réseau (source).....	260
D.6 Structures .....	260
D.6.1 Structures fonctionnelles .....	260
D.6.2 Configurations matérielles .....	262
D.6.3 Conséquences importantes sur les performances de l'entraînement .....	262
D.6.4 Effets de la souplesse de torsion .....	263
D.6.5 Effets des jeux.....	264
Annexe E (informative) Protection.....	265
E.1 Généralités .....	265
E.2 Disponibilité de l'équipement .....	265
E.2.1 Généralités .....	265
E.2.2 Circuits de protection de l'équipement .....	265
E.2.3 Types d'alarmes et de défauts de l'équipement.....	265
E.2.4 Liste des alarmes et défauts .....	266
E.3 Protection du système (fonctions et dispositifs).....	268
E.4 Protection de l'entraînement .....	268
E.4.1 Protection comprise dans le <i>BDM/CDM</i> .....	268
E.4.2 Protection spécifique du <i>moteur</i> .....	269
E.4.3 Protection spécifique du transformateur.....	269
Annexe F (informative) Caractéristiques de surveillance .....	270
F.1 Généralités .....	270
F.2 Technologie .....	270
Bibliographie.....	271

Figure 1 – Configuration des matériels du <i>PDS</i> dans une <i>installation</i> .....	148
Figure 2 – Exemple de schéma fonctionnel d'un <i>entraînement électrique de puissance à courant continu</i> .....	149
Figure 3 – Relations entre le fabricant et le client <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	151
Figure 4 – Quadrants de fonctionnement .....	155
Figure 5 – Principales configurations pour <i>convertisseurs</i> commutés par le réseau.....	170
Figure 6 – Principales configurations pour <i>convertisseurs</i> autocommutés (hacheurs).....	171
Figure 7 – Vue d'ensemble des caractéristiques assignées en entrée et en sortie du <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	174
Figure 8 – Exemple de zone de fonctionnement d'un <i>PDS</i> .....	177
Figure 9 – Exemple de cycle de surcharge.....	178
Figure 10 – Bande de précision .....	181
Figure 11 – Réponse temporelle suivant la réponse à un échelon d'une entrée de référence sans modification des variables opérationnelles .....	185
Figure 12 – Réponse temporelle suivant la modification d'une variable opérationnelle sans changement de référence .....	186
Figure 13 – Réponse temporelle suivant un changement de référence à la vitesse spécifiée .....	187
Figure 14 – Réponse en fréquence de la commande – Valeur de référence en tant qu' <i>excitation</i> .....	188
Figure 15 – Exemple de relation de l'IEC 61800-7 (toutes les parties) avec le logiciel de système de commande et le <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	205
Figure 16 – Circuit de mesure d'un <i>PDS</i> .....	212
Figure A.1 – Couple et puissance de sortie d'un <i>moteur à courant continu</i> .....	229
Figure B.1 – <i>Convertisseur</i> à thyristors avec forte inductance dans la boucle de courant continu .....	236
Figure B.2 – Courant de ligne en créneaux rectangulaires .....	236
Figure B.3 – Courant de ligne en créneaux trapézoïdaux .....	236
Figure B.4 – Composante harmonique principale du courant d'alimentation avec forme d'onde en créneaux rectangulaires et <i>ondulation</i> théorique du courant continu .....	238
Figure B.5 – <i>Convertisseur</i> de puissance équipé d'un <i>redresseur</i> à diodes côté réseau et d'un <i>convertisseur</i> continu-continu .....	239
Figure B.6 – Formes d'onde de courant et de tension d'entrée d'un <i>redresseur</i> à diodes.....	239
Figure B.7– Facteurs de distorsion de courant et de tension côté réseau d'un <i>redresseur</i> à diodes .....	240
Figure B.8 – <i>Redresseur</i> à diodes sans inductance de la <i>liaison continue</i> .....	240
Figure B.9 – Harmonique du courant d'entrée (courant alternatif et courant continu).....	241
Figure B.10 – Distorsion du <i>courant d'entrée</i> .....	241
Figure B.11 – Exemple de structure simple .....	243
Figure B.12 – <i>Convertisseur</i> en pont de Graetz triphasé d'indice de pulsation 6 .....	244
Figure B.13 – Encoches de commutation – <i>Convertisseur</i> en pont de Graetz triphasé d'indice de pulsation 6 .....	245
Figure B.14 – Circuit équivalent pour évaluer la réduction des encoches de commutation .....	246
Figure D.1 – Schéma fonctionnel simplifié d'un système bouclé d'asservissement – Éléments de base .....	251



Figure D.2 – Schéma fonctionnel simplifié des aménagements facultatifs .....	254
Figure D.3 – Entraînement maître–esclave en vitesse.....	258
Figure D.4 – Temps de bande morte .....	259
Figure D.5 – Structure d'un entraînement .....	261
Figure D.6 – Diagramme mécanique .....	263
Figure D.7 – Critère de stabilité simple .....	264
Figure E.1 – Classification des protections .....	267
Tableau 1 – Composants du système .....	147
Tableau 2 – Convertisseurs et éléments du circuit .....	152
Tableau 3 – Caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'entraînement .....	154
Tableau 4 – Caractéristiques assignées en entrée du <i>BDM/CDM/PDS</i> .....	156
Tableau 5 – Caractéristiques assignées en sortie du <i>BDM/CDM</i> .....	160
Tableau 6 – Caractéristiques assignées du <i>moteur</i> .....	162
Tableau 7 – Systèmes de commande et variables.....	165
Tableau 8 – Types d'essais .....	166
Tableau 9 – Tensions normales assignées spécifiées dans l'IEC 60038.....	175
Tableau 10 – Exemple de charge continue maximale réduite en fonction d'une surcharge .....	178
Tableau 11 – Bandes de précision maximales (%) .....	182
Tableau 12 – Fonctions de protection du <i>PDS</i> .....	190
Tableau 13 – Conditions d'environnement de service.....	196
Tableau 14 – Limite de température de l'agent de refroidissement pour les équipements intérieurs.....	197
Tableau 15 – Définitions du degré de pollution.....	197
Tableau 16 – Limites de vibrations pour les <i>installations</i> fixes .....	198
Tableau 17 – Limites de chocs pour les <i>installations</i> fixes .....	199
Tableau 18 – Limites d'entreposage et de transport.....	201
Tableau 19 – Limites de vibrations au cours du transport.....	202
Tableau 20– Limites de chute libre au cours du transport .....	202
Tableau 21 – Essais d'environnement de service .....	203
Tableau 22 – Présentation générale des essais .....	207
Tableau 23 – Classification de la commutation réalisée par une observation visuelle.....	210
Tableau 24 – Essai de chocs .....	220
Tableau 25 – Exigences d'informations .....	222
Tableau B.1 – Limites minimales du rapport $R_{SC}$ pour les systèmes basse tension .....	234
Tableau B.2 – Harmoniques de courant – Convertisseur d'indice de pulsation 6 .....	235
Tableau B.3 – Résultats de la contribution harmonique de l'entraînement.....	243
Tableau D.1 – Exemples types de configurations de commande .....	252
Tableau D.2 – Composition des configurations types de commande .....	255
Tableau D.3 – Stratégies d'asservissement de l'entraînement.....	257

## 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 Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61800-1 a été établie par le sous-comité 22G: Systèmes d'entraînement électrique de puissance à vitesse variable (PDS), du comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1997. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) la structure des articles a été harmonisée avec celle de l'IEC 61800-2;
- b) l'Article 2 a été mis à jour;

- c) l'Article 3 a été mis à jour, y compris les définitions de base à utiliser dans l'IEC 61800 (toutes les parties);
- d) l'Article 4 a été mis à jour concernant:
- 1) la description de la topologie de base des *BDM/CDM/PDS* (4.2);
  - 2) les caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement (4.3 et 4.4);
  - 3) la référence aux normes applicables dans la série IEC 61800 relatives à la CEM (IEC 61800-3), la sécurité générale (IEC 61800-5-1), la sécurité fonctionnelle (IEC 61800-5-2), les aspects liés au régime de charge (IEC TR 61800-6), les profils de communication (série IEC 61800-7), la tension d'*interface de puissance* (IEC TS 61800-8) et l'efficacité énergétique en matière d'écoconception (IEC 61800-9) afin d'éviter les exigences contradictoires (4.5, 4.6, 4.7, 4.10, 4.11, 4.12);
  - 4) la mise à jour des exigences d'écoconception (4.8);
  - 5) la mise à jour des exigences d'évaluation environnementale (4.9);
  - 6) l'application des exigences relatives aux atmosphères explosives (4.13).
- e) l'Article 5 a été mis à jour avec les exigences d'essai afin d'associer clairement les exigences de conception et les exigences d'essai;
- f) l'Article 6 a été mis à jour afin d'harmoniser les exigences de marquage et de documentation dans l'IEC 61800 (toutes les parties);
- g) les Annexes ont été mises à jour.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22G/430/FDIS	22G/433/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61800, publiées sous le titre général *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Dans le présent document, les termes en *italique* sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

### 0.1 Généralités

Le présent document fait partie de la série IEC 61800 spécifiant les exigences relatives aux *entraînements électriques de puissance (PDS)* à vitesse variable. Depuis la publication de la première édition de l'IEC 61800-1, plusieurs documents de la série IEC 61800 ont été élaborés et maintenus, révélant ainsi des références obsolètes et des exigences contradictoires dans la série IEC 61800.

Le présent document contient les exigences générales relatives aux *PDS* destinés à alimenter des *moteurs* à courant continu, dont les tensions d'entrée assignées du *convertisseur* (tension entre phases) atteignent 1 000 V en courant alternatif.

### 0.2 Cohérence des exigences

Le présent document spécifie les exigences relatives aux *PDS* entrant dans le cadre de son domaine d'application pour les rubriques identifiées non couvertes par les autres normes de la série IEC 61800.

Les exigences suivantes sont couvertes par d'autres normes de la série IEC 61800:

- les exigences relatives aux *PDS* à courant alternatif sont traitées dans l'IEC 61800-2;
- les exigences CEM sont traitées dans l'IEC 61800-3;
- les exigences de sécurité générale sont traitées dans l'IEC 61800-5-1;
- les exigences de sécurité fonctionnelle sont traitées dans l'IEC 61800-5-2;
- les recommandations concernant le type de régime de charge sont traitées par l'IEC TR 61800-6;
- les exigences d'interface et d'utilisation de profils sont traités dans l'IEC 61800-7 (toutes les parties);
- la spécification de la tension d'*interface de puissance* est traitée dans l'IEC TS 61800-8;
- les exigences d'*efficacité* énergétique en matière d'écoconception des entraînements sont traitées dans l'IEC 61800-9 (toutes les parties).

NOTE Les exigences spécifiées par la série IEC 61800-9 ne concernent que les *PDS* à courant alternatif. Les exigences concernant la classification de l'*efficacité* énergétique, l'ensemble des limites de pertes de puissance et des méthodes de mesure de l'IEC 61800-9-2 ne peuvent donc s'appliquer directement aux *PDS* à courant continu. En principe, l'approche produit étendu (EPA) et le modèle semi-analytique (SMA) de l'IEC 61800-9-1 s'appliquent au *PDS* à courant continu.

Généralement, le présent document donne une description de base des rubriques et fait référence à la norme pertinente concernant les exigences spécifiques. Il s'agit d'assurer la cohérence, d'éviter les exigences contradictoires dans l'IEC 61800 (toutes les parties) et d'optimiser la maintenance future des documents.

Après l'élaboration de la série de normes IEC 61800, il s'est révélé moins nécessaire de faire référence à des documents hors de la série.

### 0.3 Éléments d'un accord entre le *client* et le *fabricant*

Le présent document est destiné à être utilisé pour créer une liste exhaustive d'exigences à utiliser comme spécification entre le *client* et le *fabricant*. Par nature, les exigences du présent document ne s'appliquent pas aux *BDM/CDM/PDS*. En revanche, il convient que le *client* spécifie chaque rubrique comme étant une exigence de conformité.

Le document peut être un outil de spécification utile, lorsque les *BDM/CDM/PDS* sont intégrés dans une *installation* ou application finale en tant que composant. Les applications suivantes sont considérées comme pertinentes: ascenseur et élévateur, machines, tapis roulant, applications d'appareillages industriels, chauffage et ventilation, pompe, systèmes d'excitation, applications marémotrices et marines.

Dans chaque application, il est essentiel d'identifier les conditions d'environnement dans lesquelles le produit est entreposé, transporté et utilisé pour la spécification correcte des *BDM/CDM/PDS*. Il convient que les conditions d'environnement examinées incluent des conditions électriques, mécaniques, thermiques, de pollution, d'atmosphère explosive et d'humidité.

# 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 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61800 s'applique aux *entraînements électriques de puissance à vitesse variable* en courant continu, incluant les convertisseurs à semiconducteurs et les moyens permettant de les commander, de les protéger, de les surveiller, de les mesurer, ainsi que les *moteurs à courant continu*.

Elle s'applique aux *entraînements électriques de puissance à vitesse variable* destinés à alimenter les *moteurs à courant continu* d'un *BDM/CDM* connecté à des tensions entre phases jusqu'à et y compris 1 kV en courant alternatif, 50 Hz ou 60 Hz et/ou à des tensions jusqu'à et y compris 1,5 kV en courant continu côté entrée.

NOTE 1 Les *entraînements électriques de puissance à vitesse variable* en courant alternatif destinés à alimenter les *moteurs à courant alternatif* sont traités par l'IEC 61800-2.

NOTE 2 Le présent document peut servir de référence aux *entraînements électriques de puissance à vitesse variable* destinés à alimenter les *moteurs à courant continu* d'un *BDM/CDM* connecté à des tensions entre phases jusqu'à et y compris 1,5 kV en courant alternatif, 50 Hz ou 60 Hz et/ou à des tensions jusqu'à et y compris 2,25 kV en courant continu côté entrée.

Les applications de traction et les véhicules électriques sont exclus du domaine d'application du présent document.

Le présent document est destiné à définir les aspects suivants d'un *entraînement électrique de puissance (PDS)* à courant continu:

- parties principales du *PDS*;
- caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement;
- spécifications de l'environnement d'installation et de fonctionnement prévu du *PDS*;
- autres spécifications susceptibles d'être applicables lors de la spécification d'un *PDS* complet.

Le présent document fournit les exigences minimales qui peuvent être utilisées pour l'élaboration d'une spécification entre le *client* et le *fabricant*.

La conformité au présent document est possible uniquement lorsque chacune de ses rubriques est spécifiée individuellement par le *client* développant des spécifications ou par les comités de normes de produit développant des normes correspondantes.

Pour certains aspects couverts par les normes de produit *PDS* spécifiques de la série IEC 61800, le présent document fournit une brève introduction et des références aux exigences détaillées dans ces normes de produit.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60034 (toutes les parties), *Machines électriques tournantes*

IEC 60034-1:2017 *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60034-9, *Machines électriques tournantes – Partie 9: Limites de bruit*

IEC TS 60034-25, *Machines électriques tournantes – Partie 25: Machines électriques à courant alternatif utilisées dans les entraînements électriques de puissance – Guide d'application*

IEC 60038, *Tensions nominales de la CEI*

IEC 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

IEC 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60076 (toutes les parties), *Transformateurs de puissance*

IEC 60076-1, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

IEC 60076-6, *Transformateurs de puissance – Partie 6: Bobines d'inductance*

IEC 60079 (toutes les parties), *Atmosphères explosives*

IEC TS 60079-42, *Atmosphères explosives – Partie 42: Dispositifs électriques de sécurité pour la commande des sources potentielles d'inflammation des appareils Ex*

IEC 60146-1-1:2009, *Convertisseurs à semiconducteurs – Exigences générales et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécification des exigences de base*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les réseaux d'énergie électrique à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60721-2-6, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Vibrations et chocs sismiques*

IEC 60721-3-1:1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 1: Stockage*

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

IEC 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*

IEC 60721-3-3:1994/AMD1:1995

IEC 60721-3-3:1994/AMD2:1996

IEC 60721-3-4:1995, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

IEC 60721-3-4:1995/AMD1:1996

IEC 61158 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*

IEC 61378 (toutes les parties), *Transformateurs de conversion*

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

IEC 61800-3, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 3: Exigences de CEM et méthodes d'essai spécifiques*

IEC 61800-5-1, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 5-1: Exigences de sécurité – Électrique, thermique et énergétique*

IEC 61800-5-2, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 5-2: Exigences de sécurité – Fonctionnelle*

IEC TR 61800-6, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 6: Guide de détermination du type de régime de charge et de dimensionnement en courant correspondant*

IEC 61800-7 (toutes les parties), *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 7: Interface générique et utilisation de profils pour les entraînements électriques de puissance*

IEC TS 61800-8, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 62578, *Systèmes et équipements électroniques de puissance – Conditions de fonctionnement et caractéristiques des convertisseurs à alimentation active (AIC), y compris les recommandations de conception pour leurs valeurs d'émission inférieures à 150 kHz*

### **3 Termes et définitions**

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

#### **3.1 Composants du système**

Le Tableau 1 répertorie les composants du système.



**Tableau 1 – Composants du système**

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.1.1	entraînement électrique de puissance	PDS		b	
3.1.2	entraînement électrique de puissance à courant continu	DC PDS		b	
3.1.3	module d'entraînement principal	BDM		b	
3.1.4	module d'entraînement complet	CDM		b	
3.1.5	installation			a	
3.1.6	PDS intégré			b	
3.1.7	client <BDM/CDM/PDS>			a	
3.1.8	<i>fabricant</i> <BDM/CDM/PDS>			a	
3.1.9	utilisateur final			a	
3.1.10	intégrateur système			a	
3.1.11	équipementier	OEM			
3.1.12	emballage produit				
3.1.13	emballage d'expédition				
3.1.14	efficacité <CDM>			b	
3.1.15	efficacité <PDS>			b	
<p><sup>a</sup> Définitions utilisées dans plusieurs normes de la série IEC 61800.</p> <p><sup>b</sup> Définition de base dans l'IEC 61800 (toutes les parties).</p>					

### 3.1.1 entraînement électrique de puissance PDS

système comprenant un ou plusieurs *modules d'entraînement complets (CDM)* avec un ou plusieurs *moteurs*; tous les capteurs, mécaniquement couplés à l'arbre du moteur en font également partie, toutefois les matériels entraînés ne sont pas inclus

Voir Figure 2.

Note 1 à l'article: L'abréviation "PDS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "power drive system".

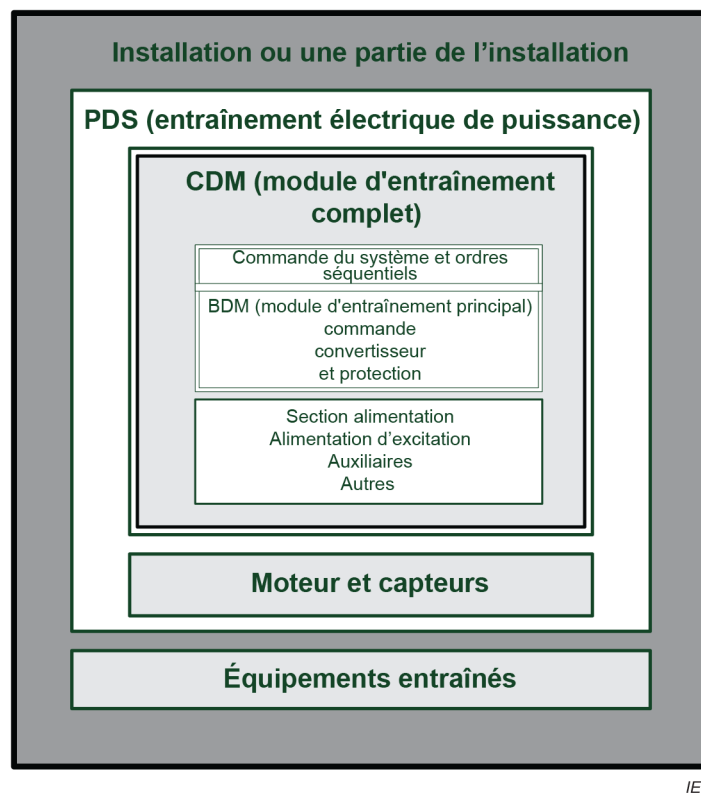


Figure 1 – Configuration des matériels du *PDS* dans une *installation*

### 3.1.2

#### entraînement électrique de puissance à courant continu

PDS à courant continu

DC PDS

système comprenant un équipement de puissance et un équipement de commande

Voir Figure 2.

Note 1 à l'article: L'équipement de puissance est 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; l'équipement de commande est composé des séquenceurs de contrôle – marche/arrêt par exemple – de l'asservissement de vitesse, de l'asservissement de courant, du système de déclenchement des semiconducteurs de puissance, de l'asservissement de flux, des protections, des dispositifs de surveillance, des dispositifs de communication, des dispositifs d'essai et de diagnostic, des interfaces et accès procédé, etc.

Note 2 à l'article: L'abréviation "DC PDS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "direct current power drive system"

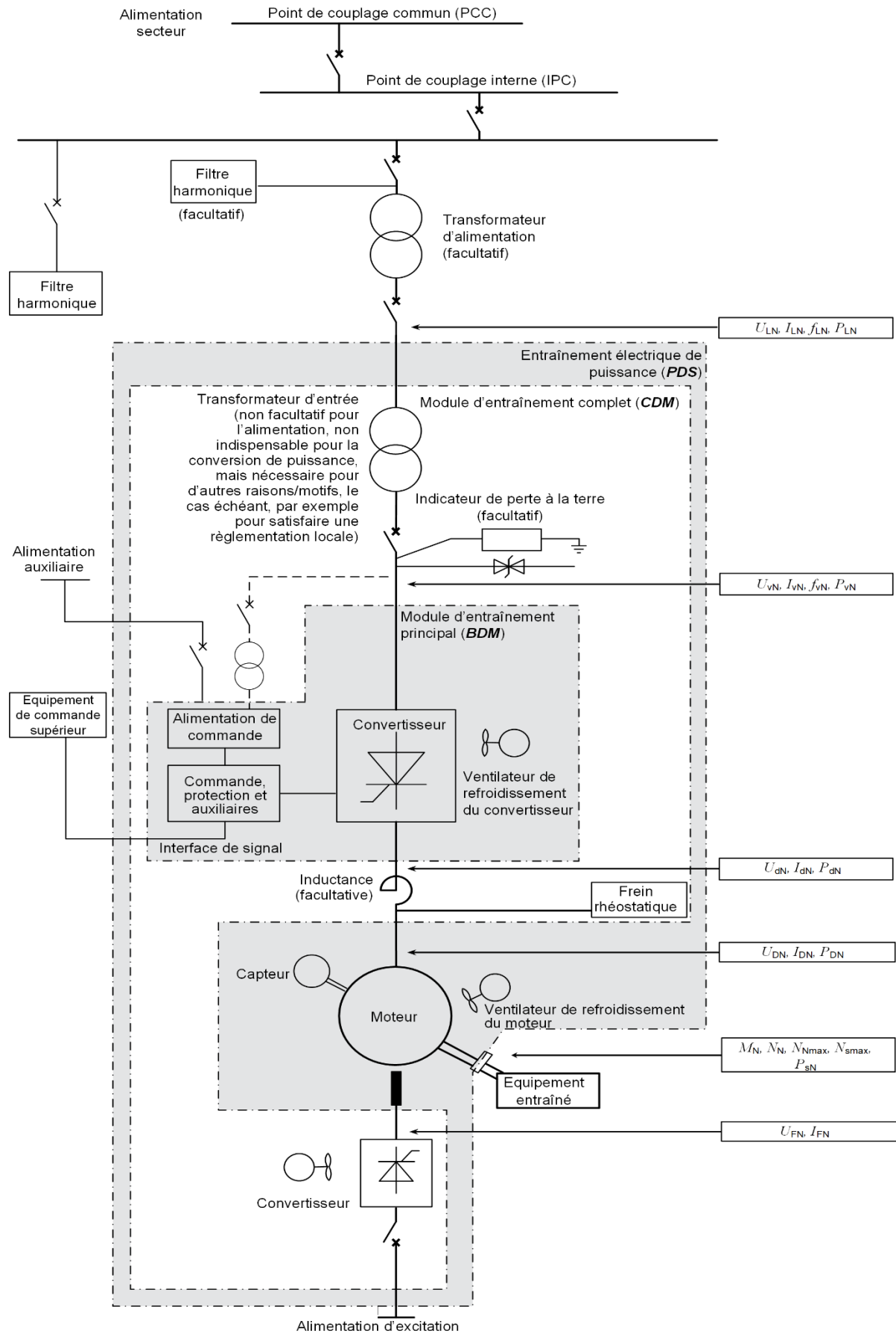


Figure 2 – Exemple de schéma fonctionnel d'un entraînement électrique de puissance à courant continu

### 3.1.3

#### **module d'entraînement principal**

##### **BDM**

*convertisseur* électronique de puissance et commande associée, connecté entre une source d'alimentation électrique et un *moteur*

Voir Figure 2.

Note 1 à l'article: Le *BDM* est capable de transmettre l'énergie de la source d'alimentation électrique au *moteur* et peut être également capable de transmettre l'énergie produite par le *moteur* à la source d'alimentation électrique.

Note 2 à l'article: Le *BDM* commande tout ou partie des paramètres suivants relatifs à l'énergie transmise au *moteur* et à celle fournie par celui-ci: courant, tension, vitesse et couple.

Note 3 à l'article: L'abréviation "BDM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "basic drive module".

### 3.1.4

#### **module d'entraînement complet équipement variateur CDM**

##### **CDM**

module d'entraînement comprenant, entre autres, le *BDM* et des composants associés, tels que des *convertisseurs* d'excitation des dispositifs de protection, des transformateurs et des dispositifs auxiliaires, à l'exclusion toutefois du *moteur* et des capteurs mécaniquement couplés à l'arbre du *moteur*

Voir Figure 2.

Note 1 à l'article: L'abréviation "CDM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "complete drive module".

### 3.1.5

#### **installation**

appareil unique ou ensemble de dispositifs ou d'appareils associés en vue d'une application déterminée et situés en un emplacement donné, y compris les moyens nécessaires à leur fonctionnement correct

Voir Figure 1.

Note 1 à l'article: Le terme "installation" est également utilisé dans le présent document pour désigner le processus d'installation d'un *PDS*.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151.11.26, modifiée – La note à l'article a été ajoutée.]

### 3.1.6

#### **PDS intégré**

*entraînement électrique de puissance* dont le *moteur* et les *BDM/CDM* sont combinés dans un seul équipement

Note 1 à l'article: L'abréviation "PDS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "drive system".

### 3.1.7

#### **client**

<*BDM/CDM/PDS*> *équipementier (OEM), intégrateur système* ou *utilisateur final* spécifiant et achetant un *BDM/CDM/PDS* auprès du *fabricant* de *BDM/CDM/PDS*

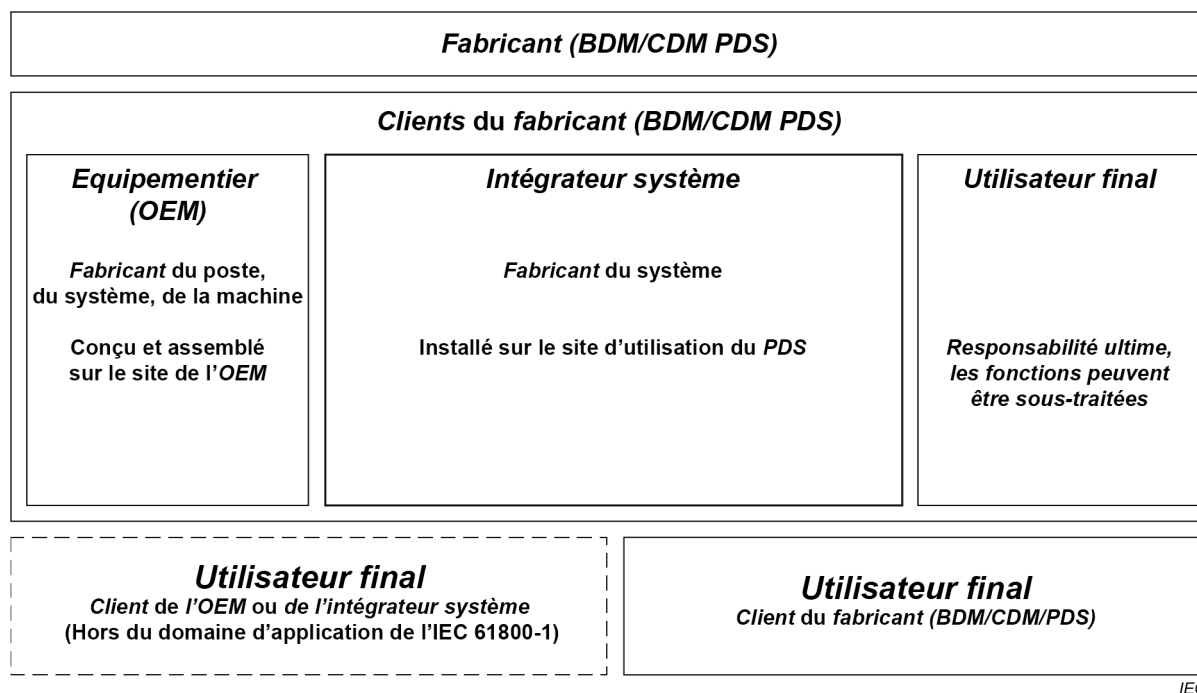
Voir Figure 3.

### 3.1.8

#### **fabricant**

<*BDM/CDM/PDS*> entité qui conçoit et fabrique tout ou partie d'un *BDM/CDM/PDS*

Voir Figure 3.



IEC

**Figure 3 – Relations entre le fabricant et le client BDM/CDM/PDS**

### 3.1.9

#### **utilisateur final**

entité qui a la responsabilité ultime de l'installation, du fonctionnement et de la maintenance du PDS

Voir Figure 3.

### 3.1.10

#### **intégrateur système**

entité chargée de la conception du système complet de l'application intégrant un ou plusieurs PDS

Voir Figure 3.

### 3.1.11

#### **équipementier**

OEM

entité qui conçoit et fabrique des séries de machines, de postes ou de systèmes intégrant un ou plusieurs PDS

Voir Figure 3.

Note 1 à l'article: L'abréviation "OEM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "original equipment manufacturer".

### 3.1.12

#### **emballage produit**

protection provisoire de tout ou partie du BDM/CDM/PDS lors de l'entreposage et de l'acheminement interne identifié

**3.1.13  
emballage d'expédition**

protection provisoire destinée à prévenir tout dommage lors d'un transport aérien, maritime et terrestre dans le monde entier

Note 1 à l'article: *L'emballage d'expédition* peut être conçu comme emballage de transport spécifique au produit ou comme *emballage produit* comportant d'autres emballages de transport.

**3.1.14  
efficacité**

<CDM> rapport de la puissance électrique totale à l'*interface de puissance du CDM* aux bornes du *moteur* sur la puissance électrique totale de l'*accès d'alimentation secteur*

Note 1 à l'article: La puissance aux bornes du *moteur* inclut celle des circuits d'induit, d'excitation et d'auxiliaires (ventilation du *moteur*, etc.).

**3.1.15  
efficacité**

<PDS> rapport de la puissance mécanique de l'arbre du *moteur* sur la puissance électrique totale de l'*accès d'alimentation secteur*

Note 1 à l'article: L'*efficacité* est habituellement exprimée en pourcentage.

**3.2 Convertisseurs et éléments du circuit (voir Tableau 2)**

**Tableau 2 – Convertisseurs et éléments du circuit**

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.2.1	convertisseur à alimentation active	AIC		a	
3.2.2	convertisseur <BDM>			b	
3.2.3	redresseur <BDM>			a	
3.2.4	liaison continue			b	
3.2.5	interface de puissance			a	
3.2.6	accès de puissance			a	
3.2.7	réseau d'alimentation				
<p><sup>a</sup> Définitions utilisées dans plusieurs normes de la série IEC 61800.</p> <p><sup>b</sup> Définition de base dans l'IEC 61800 (toutes les parties).</p>					

**3.2.1  
convertisseur à alimentation active  
AIC**

*convertisseur* électronique de puissance autocommuté qui peut convertir la puissance électrique dans les deux sens et commander la puissance réactive ou le *facteur de puissance*

Note 1 à l'article: Un convertisseur à alimentation active peut être d'une technologie, d'une topologie, d'une tension et d'une dimension quelconques et équipé d'une source de courant ou d'une source de tension côté courant continu qui fonctionnent en génération et en récupération.

Note 2 à l'article: Certains de ces convertisseurs peuvent en outre contrôler les harmoniques afin de réduire la distorsion d'une tension ou d'un courant appliqué(e).

Note 3 à l'article: Les topologies de base peuvent être mises en place en tant que *convertisseur* de source de tension (voltage source converter – VSC) ou que *convertisseur* de source de courant (current source converter – CSC).

Note 4 à l'article: Dans l'IEC 60500, ces termes (VSC et CSC) sont définis comme *convertisseur* alternatif/continu imposant la tension [551-12-03] et *convertisseur* alternatif/continu imposant le courant [551-12-04]. La plupart des AIC sont des *convertisseurs* bidirectionnels dont les sources se trouvent côté courant continu.

Note 5 à l'article: Dans certains ouvrages de référence, les *convertisseurs à alimentation active* sont également appelés convertisseurs AFE (active front end).

Note 6 à l'article: L'abréviation "AIC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "active infeed converter".

[SOURCE: IEC TS 62578:2015, 3.5, modifiée – Certains termes de la définition ont été déplacés vers la Note 1 à l'article.]

### 3.2.2

#### **convertisseur**

<BDM> unité qui change la nature de la puissance électrique fournie par le *réseau d'alimentation* en la nature exigée par le ou les *moteur(s)* en transformant la tension et/ou le courant appliqués au(x) moteur(s)

Voir Figure 3.

Note 1 à l'article: Le *convertisseur* comprend les dispositifs de commutation électroniques et leurs circuits de commutation associés. Il est commandé par des transistors ou des thyristors ou par tout autre composant de commutation de puissance à semiconducteurs

Note 2 à l'article: Le *convertisseur* peut être commuté par le réseau ou autocommuté et peut être composé, par exemple, d'un ou de plusieurs *redresseurs*.

### 3.2.3

#### **redresseur**

<BDM> *convertisseur* d'énergie électrique qui transforme un courant électrique alternatif ou un système polyphasé de courants alternatifs en un courant unidirectionnel

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-13-45]

### 3.2.4

#### **liaison continue**

circuit de puissance à courant continu reliant, dans un *convertisseur* indirect, le *convertisseur* d'entrée et le *convertisseur* de sortie, constitué de condensateurs et/ou de bobines d'inductance afin de réduire l'*ondulation de la tension continue* ou l'*ondulation du courant continu*

### 3.2.5

#### **interface de puissance**

raccordements nécessaires à la distribution de puissance électrique à l'intérieur de l'entraînement (*PDS*)

### 3.2.6

#### **accès de puissance**

accès par lequel l'entraînement (*PDS*) est raccordé à l'alimentation de puissance qui alimente aussi d'autres équipements

### 3.2.7

#### **réseau d'alimentation**

système de distribution d'énergie électrique à basse ou haute tension destiné à alimenter un *BDM/CDM/PDS*

### 3.3 Caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'entraînement (voir Tableau 3)

**Tableau 3 – Caractéristiques de fonctionnement des systèmes d'entraînement**

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.3.1	fonctionnement un quadrant			b	
3.3.2	fonctionnement deux quadrants			b	
3.3.3	fonctionnement quatre quadrants			b	
3.3.4	freinage rhéostatique			a	
3.3.5	récupération			b	
3.3.6	redressement				
3.3.7	fonctionnement onduleur				
<sup>a</sup> Définitions utilisées dans plusieurs normes de la série IEC 61800.					
<sup>b</sup> Définition de base dans l'IEC 61800 (toutes les parties).					

#### 3.3.1 fonctionnement un quadrant

fonctionnement d'un *convertisseur* d'une machine en *moteur* dans un sens de rotation

Voir Figure 4.

#### 3.3.2 fonctionnement deux quadrants

fonctionnement d'un *convertisseur* d'une machine en *moteur* dans un sens de rotation ou en génératrice dans le sens opposé; il implique un fonctionnement dans les quadrants I et II ou I et IV

Voir Figure 4.

#### 3.3.3 fonctionnement quatre quadrants

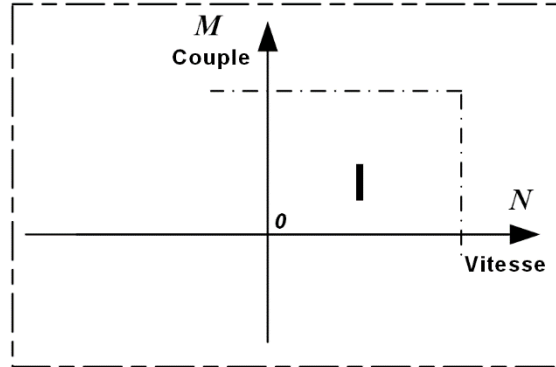
fonctionnement d'un *convertisseur* d'une machine en *moteur* ou en génératrice dans les deux sens de rotation

Voir Figure 4.

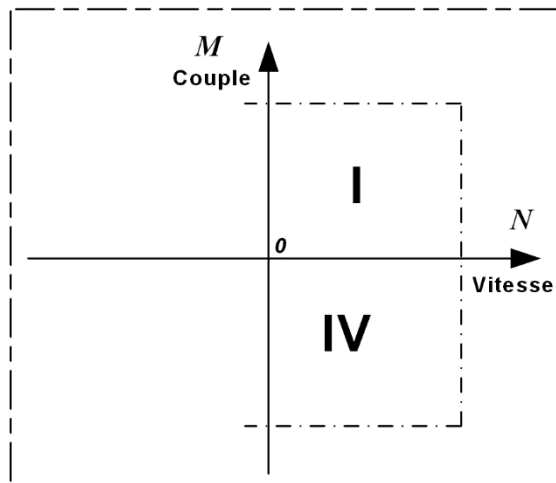
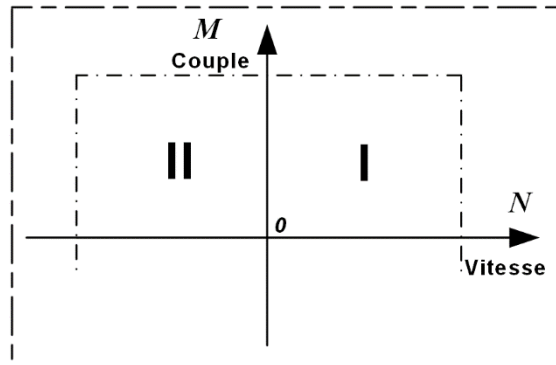
Note 1 à l'article: Cela implique un fonctionnement dans les quadrants I, II, III et IV comme cela est représenté à la Figure 4



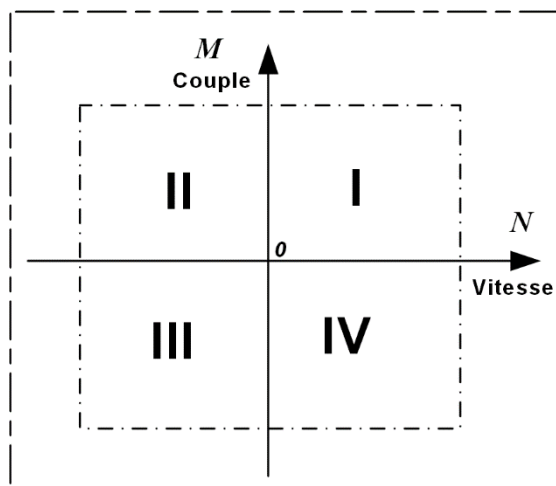
**Un  
quadrant**



**Deux  
quadrants**



**Quatre  
quadrants**



**Figure 4 – Quadrants de fonctionnement**

**3.3.4 freinage rhéostatique**

méthode utilisée pour transférer l'énergie générée lorsque la charge contrôlée par un PDS est ralentie ou arrêtée

Note 1 à l'article: *Le freinage rhéostatique* comprend le freinage résistif, le freinage en récupération, etc.

**3.3.5 récupération**

processus de conversion de l'énergie mécanique de l'arbre du *moteur* du PDS en énergie électrique

**3.3.6 redressement**

processus de conversion de courant alternatif en courant continu

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, le *convertisseur* côté réseau fonctionne normalement en *redresseur*.

**3.3.7 fonctionnement onduleur**

processus de conversion de courant continu en courant alternatif

**3.4 Caractéristiques assignées en entrée du BDM/CDM/PDS (voir Tableau 4)**

**Tableau 4 – Caractéristiques assignées en entrée du BDM/CDM/PDS**

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.4.1	facteur de puissance		$\lambda$	a	
3.4.2	rapport de court-circuit		$R_{SC}$		
3.4.3	taux de distorsion harmonique total	<i>THD</i>		a	
3.4.4	puissance active d'entrée <BDM>		$P_v$		W,kW
3.4.5	puissance active d'entrée assignée <BDM>		$P_{vN}$		W,kW
3.4.6	puissance active d'entrée <CDM/PDS>		$P_L$		W,kW
3.4.7	puissance active d'entrée assignée <CDM/PDS>		$P_{LN}$		W,kW
3.4.8	puissance apparente d'entrée <BDM>		$S_v$		VA,kVA
3.4.9	puissance apparente d'entrée assignée <BDM>		$S_{vN}$		VA,kVA
3.4.10	puissance apparente d'entrée <CDM/PDS>		$S_L$		VA,kVA
3.4.11	puissance apparente d'entrée assignée <CDM/PDS>		$S_{LN}$		VA,kVA
3.4.12	courant d'entrée <BDM>		$I_v, I_{dc}$		A
3.4.13	courant d'entrée assigné <BDM>		$I_{vN}, I_{dcN}$		A
3.4.14	courant d'entrée <CDM/PDS>		$I_L, I_{dc}$		A

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.4.15	courant d'entrée assigné <CDM/PDS>		$I_{LN}, I_{dcN}$		A
3.4.16	courant continu		$I_{DC}$		A
3.4.17	fréquence d'entrée <BDM>		$f_v$		Hz
3.4.18	fréquence d'entrée assignée <BDM>		$f_{vN}$		Hz
3.4.19	fréquence d'entrée <CDM/PDS>		$f_L$		Hz
3.4.20	fréquence d'entrée assignée <CDM/PDS>		$f_{LN}$		Hz
3.4.21	tension d'entrée <BDM>		$U_v, U_{DC}$		V
3.4.22	tension d'entrée assignée <BDM>		$U_{vN}, U_{DCN}$		V
3.4.23	tension d'entrée <CDM/PDS>		$U_L, U_{DC1}$		V
3.4.24	tension d'entrée assignée <CDM/PDS>		$U_{LN}, U_{DC1N}$		V
<p>NOTE Les indices suivent le concept donné dans l'IEC 60146-1-1.</p> <p><sup>a</sup> Définitions utilisées dans plusieurs normes de la série IEC 61800.</p> <p><sup>b</sup> Définition de base dans l'IEC 61800 (toutes les parties).</p>					

### 3.4.1 facteur de puissance

$\lambda$

en régime périodique, rapport de la valeur absolue de la puissance active  $P$  à la puissance apparente  $S$

$$\lambda = \frac{|P|}{S}$$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-46, modifiée – La note à l'article a été supprimée.]

### 3.4.2 rapport de court-circuit

$R_{SC}$

rapport de la puissance de court-circuit de la source au point de couplage commun (PCC ou *point of common coupling*) sur la puissance apparente assignée du BDM/CDM/PDS

### 3.4.3 taux de distorsion harmonique total

THD

rapport de la valeur efficace du résidu harmonique d'une grandeur alternative à la valeur efficace de la composante fondamentale de la grandeur

Note 1 à l'article: L'abréviation "THD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "total harmonic distortion".

[SOURCE: IEC 60050-551-20:2001, 551-20-13, modifiée – La définition a été reformulée et les notes à l'article ont été remplacées.]

**3.4.4****puissance active d'entrée** $P_V$ 

<BDM> puissance déterminée par les composantes fondamentales de tension et de courant aux bornes d'alimentation du *BDM*

**3.4.5****puissance active d'entrée assignée** $P_{VN}$ 

<BDM> puissance assignée déterminée par les composantes fondamentales de tension et de courant aux bornes d'alimentation du *BDM*

**3.4.6****puissance active d'entrée** $P_L$ 

<CDM/PDS> puissance déterminée par les composantes fondamentales de tension et de courant aux bornes d'alimentation du *CDM/PDS*

**3.4.7****puissance active d'entrée assignée** $P_{LN}$ 

<CDM/PDS> puissance assignée déterminée par les composantes fondamentales de tension et de courant aux bornes d'alimentation du *CDM/PDS*

**3.4.8****puissance apparente d'entrée** $S_V$ 

<BDM> puissance déterminée par les valeurs efficaces de tension et de courant aux bornes d'alimentation du *BDM*

**3.4.9****puissance apparente d'entrée assignée** $S_{VN}$ 

<BDM> puissance assignée déterminée par les valeurs efficaces de tension et de courant aux bornes d'alimentation du *BDM*

**3.4.10****puissance apparente d'entrée** $S_L$ 

<CDM/PDS> puissance déterminée par les valeurs efficaces de tension et de courant aux bornes d'alimentation du *CDM/PDS*

**3.4.11****puissance apparente d'entrée assignée** $S_{LN}$ 

<CDM/PDS> puissance assignée déterminée par les valeurs efficaces de tension et de courant aux bornes d'alimentation du *CDM/PDS*

**3.4.12****courant d'entrée** $I_V, I_{Vdc}$ 

<BDM> valeur efficace du courant alternatif ou valeur moyenne du *courant continu* aux bornes d'alimentation du *BDM*

### 3.4.13 courant d'entrée assigné

 $I_{vN}, I_{vdcN}$ 

<BDM> valeur efficace maximale du courant alternatif ou valeur moyenne maximale du *courant continu* dans les conditions assignées aux bornes d'alimentation du *BDM*

Note 1 à l'article: Elle tient compte de la charge assignée et de la combinaison la plus sévère de toutes les autres conditions dans leurs plages spécifiées, par exemple, variations de tension et de fréquence du réseau.

### 3.4.14 courant d'entrée

 $I_L, I_{LDC}$ 

<CDM/PDS> valeur efficace du courant alternatif ou valeur moyenne du *courant continu* aux bornes d'alimentation du *CDM/PDS*

### 3.4.15 courant d'entrée assigné

 $I_{LN}, I_{LDCN}$ 

<CDM/PDS> valeur efficace maximale du courant alternatif ou valeur moyenne maximale du *courant continu* dans les conditions assignées aux bornes d'alimentation du *CDM/PDS*

Note 1 à l'article: Elle tient compte de la charge assignée et de la combinaison la plus sévère de toutes les autres conditions dans leurs plages spécifiées, par exemple, variations de tension et de fréquence du réseau.

### 3.4.16 courant continu

 $I_{dc}$ 

valeur du courant d'entrée continu ou valeur moyenne du courant dans la *liaison continue* pendant une période complète de la fréquence du réseau d'alimentation

Note 1 à l'article: Le *courant continu*  $I_{dc}$  peut aussi désigner le courant de la *liaison continue* intermédiaire dans le cas d'un *convertisseur* indirect à hacheur.

### 3.4.17 fréquence d'entrée

 $f_v$ 

<BDM> fréquence de la puissance d'entrée du *BDM*

### 3.4.18 fréquence d'entrée assignée

 $f_{vN}$ 

<BDM> valeur assignée de la fréquence aux bornes d'alimentation en courant alternatif du *BDM*

### 3.4.19 fréquence d'entrée

 $f_L$ 

<CDM/PDS> fréquence de la puissance d'entrée du *CDM/PDS*

### 3.4.20 fréquence d'entrée assignée

 $f_{LN}$ 

<CDM/PDS> valeur assignée de la fréquence aux bornes d'alimentation en courant alternatif du *CDM/PDS*

**3.4.21  
tension d'entrée**

$U_V, U_{Vdc}$

<BDM> valeur efficace de la tension composée alternative entre phases d'entrée ou valeur moyenne de la tension continue aux bornes d'alimentation du *BDM*

**3.4.22  
tension d'entrée assignée**

$U_{VN}, U_{VdcN}$

<BDM> valeur efficace de la tension composée alternative entre phases d'entrée assignée ou valeur moyenne de la tension continue assignée aux bornes d'alimentation du *BDM*

**3.4.23  
tension d'entrée**

$U_L, U_{LDC}$

<CDM/PDS> valeur efficace de la tension composée alternative entre phases d'entrée ou valeur moyenne de la tension continue aux bornes d'alimentation du *CDM/PDS*

**3.4.24  
tension d'entrée assignée**

$U_{LN}, U_{LDCN}$

<CDM/PDS> valeur efficace de la tension composée alternative entre phases d'entrée assignée ou valeur moyenne de la tension continue assignée aux bornes d'alimentation du *CDM/PDS*

**3.5 Caractéristiques assignées en sortie du BDM/CDM (voir Tableau 5)**

**Tableau 5 – Caractéristiques assignées en sortie du BDM/CDM**

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.5.1	courant de sortie <BDM>		$I_d$		A
3.5.2	courant de sortie assigné <BDM>		$I_{dN}$		A
3.5.3	courant de sortie <CDM>		$I_D$		A
3.5.4	courant de sortie assigné <CDM>		$I_{DN}$		A
3.5.5	tension de sortie <BDM>		$U_d$		V
3.5.6	tension de sortie assignée <BDM>		$U_{dN}$		V
3.5.7	tension de sortie <CDM>		$U_D$		V
3.5.8	tension de sortie assignée <CDM>		$U_{DN}$		V
3.5.9	ondulation <tension>		$U_{pp}$		V
3.5.10	ondulation <courant>		$I_{pp}$		A
3.5.11	puissance de sortie assignée <BDM>		$P_{dN}$		W, kW
3.5.12	puissance de sortie assignée <CDM>		$P_{DN}$		W, kW
3.5.13	capacité de surcharge en sortie <BDM/CDM>		$I_{dM}$		A
3.5.14	tension d'excitation assignée		$U_{FN}$		V
3.5.15	courant d'excitation assigné		$I_{FN}$		A
NOTE Les indices suivent le concept donné dans l'IEC 60146-1-1.					

### 3.5.1 courant de sortie

 $I_d$ 

<BDM> valeur moyenne du courant aux bornes de sortie du *BDM*

### 3.5.2 courant de sortie assigné

 $I_{dN}$ 

<BDM> valeur moyenne du *courant de sortie* du côté *moteur* du *BDM* qui peut être fourni de manière permanente sans dépasser les limites définies, dans les conditions de fonctionnement spécifiées

### 3.5.3 courant de sortie

 $I_D$ 

<CDM> valeur moyenne du courant du côté *moteur* du *CDM*

### 3.5.4 courant de sortie assigné

 $I_{DN}$ 

<CDM> valeur moyenne du *courant de sortie* du côté *moteur* du *BDM* qui peut être fourni de manière permanente sans dépasser les limites définies, dans les conditions de fonctionnement spécifiées

### 3.5.5 tension de sortie

 $U_d$ 

<BDM> valeur moyenne de la tension aux bornes de sortie du *BDM*

### 3.5.6 tension de sortie assignée

 $U_{dN}$ 

<BDM> valeur moyenne de la *tension de sortie* qui peut être fournie de manière permanente sans dépasser les limites définies, dans les conditions de fonctionnement spécifiées

Note 1 à l'article: Il s'agit de la valeur moyenne disponible de la tension continue dans les conditions de service habituelles.

### 3.5.7 tension de sortie

 $U_D$ 

<CDM> valeur moyenne de la tension du côté *moteur* du *CDM*

### 3.5.8 tension de sortie assignée

 $U_{DN}$ 

<CDM> valeur moyenne de la *tension de sortie* qui peut être fournie de manière permanente sans dépasser les limites définies, dans les conditions de fonctionnement spécifiées

Note 1 à l'article: Il s'agit de la valeur moyenne disponible de la tension continue dans les conditions de service habituelles.

### 3.5.9 ondulation

 $U_{pp}$ 

<tension> valeur de la tension périodique alternative, superposée à la valeur permanente de la tension continue, exprimée habituellement en valeur crête à crête

**3.5.10  
ondulation**

$I_{pp}$

<courant> valeur du courant périodique alternatif, superposée à la valeur permanente du courant continu, exprimée habituellement en valeur crête à crête

Note 1 à l'article: 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  $I_{ppN}$ .

**3.5.11  
puissance de sortie assignée**

$P_{dN}$

<BDM> puissance assignée déterminée par la valeur moyenne de tension et de courant du côté moteur du BDM

**3.5.12  
puissance de sortie assignée**

$P_{DN}$

<CDM> puissance assignée déterminée par la valeur moyenne de tension et de courant du côté moteur du CDM

**3.5.13  
capacité de surcharge en sortie**

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

**3.5.14  
tension d'excitation assignée**

$U_{FN}$

valeur moyenne assignée de la tension d'excitation du moteur à connecter au *convertisseur* d'excitation

**3.5.15  
courant d'excitation assigné**

$I_{FN}$

<*moteur*> valeur du courant d'excitation attribuée par le *fabricant* du *moteur*, qui est égale au courant d'excitation permettant au moteur de fonctionner à la *vitesse assignée*, à la *tension d'induit assignée* et au *courant d'induit assigné*

**3.6 Caractéristiques assignées du *moteur* (voir Tableau 6)**

**Tableau 6 – Caractéristiques assignées du *moteur***

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.6.1	moteur <électrique>			a	
3.6.2	moteur à courant continu				
3.6.3	vitesse <moteur>		$N$		r/min (Note 1)
3.6.4	vitesse de base		$N_0$		r/min (Note 1)
3.6.5	vitesse assignée <moteur>		$N_N$		r/min (Note 1)
3.6.6	vitesse maximale assignée <moteur>		$N_{NMax}$		r/min (Note 1)
3.6.7	vitesse maximale de sécurité d'un moteur		$N_{SMax}$		r/min (Note 1)
3.6.8	couple <moteur>		$M$		Nm



N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.6.9	couple assigné <moteur>		$M_N$		Nm
3.6.10	puissance de sortie <PDS>		$P_s$		kW
3.6.11	puissance de sortie assignée<PDS>		$P_{sN}$		kW
3.6.12	tension d'induit assignée		$U_{AN}$		V
3.6.13	courant d'induit assigné		$I_{AN}$		A
3.6.14	courant d'excitation assigné		$I_{FR}$		A
3.6.15	vitesse maximale de sécurité assignée <moteur>		$N_{SNMax}$		r/min (Note 1)
NOTE 1 Voir également la Figure 8.					
NOTE 2 Les indices suivent le concept donné dans l'IEC 60146-1-1.					
<sup>a</sup> Définitions utilisées dans plusieurs normes de la série IEC 61800.					

### 3.6.1 moteur

<électrique> machine destinée à transformer de l'énergie électrique en énergie mécanique

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, le *moteur* comprend tous les capteurs qui y sont montés et qui sont utiles pour le mode de fonctionnement et pour l'interaction avec un *CDM*.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-13-41, modifiée – La note à l'article a été ajoutée.]

### 3.6.2 moteur à courant continu

*moteur* dont le rotor est alimenté en *courant continu* au moyen d'un collecteur à balai

Note 1 à l'article: Les *moteurs à courant continu* sont, dans la plupart des cas, équipés d'un circuit d'excitation séparé (voir Figure 2). Ce type de *moteur* peut être ou ne pas être compensé. Le but de la compensation est de réduire le plus possible la réaction magnétique d'induit et d'accroître la qualité de commutation du *moteur*.

Note 2 à l'article: Les autres types de *moteurs* 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).

### 3.6.3 vitesse

$N$

<*moteur*> vitesse de rotation du *moteur*

### 3.6.4 vitesse de base

$N_0$

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

### 3.6.5 vitesse assignée

$N_N$

<*moteur*> *vitesse* maximale à laquelle le *moteur* est capable de continuer à délivrer le *couple assigné* à la *tension d'induit assignée* et au *courant d'induit assigné*

### 3.6.6 vitesse maximale assignée

 $N_{NMax}$ 

<*moteur*> vitesse maximale spécifiée par le *fabricant* du *PDS*

Note 1 à l'article: Cela peut inclure le fonctionnement en régime défluxé, à une *vitesse* supérieure à la *vitesse assignée*, mais avec un couple inférieur au *couple assigné* (région de puissance constante).

Note 2 à l'article: Lorsque le *moteur* fonctionne à des vitesses supérieures à la *vitesse assignée*, la contrainte mécanique augmente et la durée de vie prévue des paliers peut diminuer. Il convient de prévoir un équilibrage fin, ainsi qu'un service du *moteur*. Voir également l'IEC 60034-1.

Note 3 à l'article: Voir également Figure 8.

### 3.6.7 vitesse maximale de sécurité d'un moteur

 $N_{SMax}$ 

*vitesse* maximale permise, déterminée à la conception, n'entraînant pour le *moteur* aucune déformation mécanique ou faiblesse anormale permanentes

Note 1 à l'article: Voir l'IEC 60034-1.

Note 2 à l'article: La *vitesse* maximale de sécurité de l'équipement entraîné peut être plus restrictive.

Note 3 à l'article: Cette *vitesse* n'est pas la fonction de sécurité SSM (Contrôle sûr de la vitesse) ou SLS (Limitation sûre de la vitesse) définie dans l'IEC 61800-5-2.

### 3.6.8 couple

 $M$ 

<*moteur*> composante du moment de force par rapport à l'axe longitudinal de l'arbre du *moteur*

### 3.6.9 couple assigné

 $M_N$ 

<*moteur*> couple que développe le *moteur* sur son bout d'arbre d'entraînement aux *puissance* et *vitesse de sortie assignées*

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-48-05, modifiée – Les mots "puissance et vitesse assignées" ont été remplacés par "puissance et vitesse de sortie assignées".]

### 3.6.10 puissance de sortie

 $P_s$ 

<*PDS*> puissance (mécanique) du *PDS* déterminée par le couple et la *vitesse* au niveau de l'arbre du *moteur*

### 3.6.11 puissance de sortie assignée

 $P_{sN}$ 

<*PDS*> puissance (mécanique) assignée du *PDS* déterminée par le couple et la *vitesse* au niveau de l'arbre du *moteur*

### 3.6.12 tension d'induit assignée

 $U_{AN}$ 

<*moteur*> valeur de la tension d'induit attribuée par le *fabricant* du *moteur*, qui est égale à la tension d'induit maximale à laquelle le *moteur* peut fonctionner en continu dans les conditions assignées

### 3.6.13 courant d'induit assigné

 $I_{AN}$ 

<moteur> valeur du courant d'induit attribuée par le *fabricant* du *moteur*, qui est égale au courant d'induit maximal auquel le moteur peut fonctionner en continu dans les conditions assignées

### 3.6.14 courant d'excitation assigné

 $I_{FN}$ 

<moteur> valeur du courant d'excitation attribuée par le *fabricant* du *moteur*, qui est égale au courant d'excitation permettant au moteur de fonctionner à la *vitesse assignée*, à la *tension d'induit assignée* et au *courant d'induit assigné*

### 3.6.15 vitesse maximale de sécurité assignée

 $N_{SNMax}$ 

<moteur> vitesse maximale à laquelle le *moteur* peut fonctionner en continu

Note 1 à l'article: Un fonctionnement au-dessus de la *vitesse maximale de sécurité assignée* peut entraîner un danger.

## 3.7 Systèmes de commande (voir Tableau 7)

Tableau 7 – Systèmes de commande et variables

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.7.1	variable contrôlée				
3.7.2	variable de service				
3.7.3	variable opérationnelle				
3.7.4	excitation				
3.7.5	couple pulsatoire				
3.7.6	accès				
3.7.7	accès mesure et commande de processus				
3.7.8	interface de signal				

#### 3.7.1 variable contrôlée

variable du système d'entraînement à courant continu contrôlée en boucle fermée

Note 1 à l'article: Exemples de variables contrôlées: la vitesse, la tension d'induit, les courants d'induit et d'excitation.

#### 3.7.2 variable de service

variable spécifiée, usuellement relative aux conditions ambiantes (par exemple, la température), pour laquelle le système bouclé introduit une correction en vue de maintenir la valeur idéale de la variable contrôlée

#### 3.7.3 variable opérationnelle

variable spécifiée (par exemple, couple de charge pour un entraînement asservi en vitesse), autre que celle résultant des conditions de service et d'un décalage, pour laquelle le système bouclé introduit une correction en vue de maintenir la valeur idéale de la variable contrôlée

**3.7.4  
excitation**

changement, variation ou fluctuation de paramètre qui peut occasionner un écart de performance ou de comportement du *PDS*

Note 1 à l'article: Exemples d'excitation: changement de référentiel de vitesse, charge du *PDS*, tension d'entrée ou température.

**3.7.5  
couple pulsatoire**

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

**3.7.6  
accès**

point d'un dispositif ou d'un réseau où de l'énergie électromagnétique ou des signaux optiques peuvent être fournis ou recueillis ou bien où l'on peut observer ou mesurer des grandeurs

[SOURCE: IEC 60050-131:2002,131-12-60, modifiée –La note à l'article supprimée.]

**3.7.7  
accès mesure et commande de processus**

accès d'entrée ou de sortie (E/S) pour la connexion d'un conducteur ou d'un câble reliant le processus et l'entraînement (*PDS*)

**3.7.8  
interface de signal**

borne d'entrée ou de sortie (E/S) pour une ligne de connexion entre le *module d'entraînement principal* ou le *module d'entraînement complet (BDM/CDM)* et une autre partie du *PDS*

**3.8 Essais (voir Tableau 8)**

**Tableau 8 – Types d'essais**

N°	Termes	Acronyme	Symboles	Note	Unité
3.8.1	essai de réception (essai d'acceptation)			a	
3.8.2	essai de mise en service (essai de recette)			a	
3.8.3	essai individuel de série			a	
3.8.4	essai sur prélèvement			a	
3.8.5	essai spécial			a	
3.8.6	essai de type			a	
3.8.7	essai certifié			a	
<sup>a</sup> Définitions utilisées dans plusieurs normes de la série IEC 61800.					

**3.8.1  
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

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23, modifiée – Les mots "l'entité" ont été remplacés par "le dispositif".]

### 3.8.2

#### **essai de mise en service (essai de recette)**

essai 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

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-24 et IEC 60050-411:1996, 411-53-06, modifiées – Les deux définitions ont été combinées ici.]

### 3.8.3

#### **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

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-02, modifiée – Le mot "machine" a été remplacé par "dispositif".]

### 3.8.4

#### **essai sur prélèvement**

essai effectué sur un certain nombre de dispositifs prélevés au hasard dans un lot

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-05, modifiée – Dans le terme, les mots "de série" ont été supprimés. Dans la définition, le mot "machines" a été remplacé par "dispositifs".]

### 3.8.5

#### **essai spécial**

essai supplémentaire aux *essais de type* ou *individuels de série*, réalisé soit à la discrétion du *fabricant* ou selon un accord entre le *fabricant* et le *client* ou le représentant du *client*

### 3.8.6

#### **essai de type**

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications

[SOURCE: IEC 60050-411:1996, 411-53-01, modifiée – Les mots "une ou plusieurs machines réalisées" ont été remplacés par "un ou plusieurs dispositifs réalisés".]

### 3.8.7

#### **essai certifié**

essai réalisé en présence du *client* ou de son représentant

## **4 Caractéristiques assignées et spécifications pour l'installation, la mise en service et le fonctionnement**

### **4.1 Généralités**

Les paragraphes 4.3 à 4.13 fournissent une liste des exigences en matière de spécification d'un *BDM/CDM/PDS*. Des exigences plus sévères peuvent être spécifiées, si cela s'avère pertinent pour l'application à l'étude.

Un *BDM/CDM/PDS* est en général utilisé pour une application spécifique, dans un environnement particulier et des conditions précises, dans lesquelles le produit doit être utilisé, transporté ou entreposé. Ces conditions incluent, entre autres, les environnements électrique, électromagnétique, mécanique, thermique et chimique, ainsi que les exigences relatives à la fonctionnalité, la sécurité générale et la sécurité fonctionnelle. Ces conditions sont connues du *client* ou des comités de normes de produit utilisant le présent document en référence et ont besoin d'être spécifiées.

Le *fabricant* du *BDM/CDM/PDS* doit spécifier quelles exigences du présent document s'appliquent à ses équipements.

Afin d'assurer la cohérence et d'éviter les conflits d'exigences entre les normes de l'IEC 61800 (toutes les parties), certains paragraphes de 4.3 à 4.13 font directement référence à d'autres parties de la série IEC 61800.

NOTE Une inspection visuelle peut être effectuée au moment de la fabrication pour vérifier le processus de montage et d'installation.

## 4.2 Caractéristiques et topologie des *BDM/CDM/PDS*

### 4.2.1 Généralités

Les paragraphes 4.2.2 et 4.2.3 fournissent des informations relatives aux caractéristiques communes et à la topologie des *PDS à courant continu*. Ces informations ne doivent pas être considérées comme des exigences.

### 4.2.2 Caractéristiques des *BDM/CDM/PDS*

Les *BDM/CDM/PDS* sont des types de matériels de conversion électronique de puissance assurant la commande de la *vitesse*, du courant, du *couple* ou de la position des moteurs électriques. Certaines caractéristiques significatives des *PDS à courant continu* sont les suivantes:

- Les *BDM/CDM/PDS* sont couramment disponibles avec une *puissance de sortie* comprise entre 0,2 kW et plusieurs milliers de kW.
- La plupart des *BDM/CDM/PDS* industriels sont conçus pour être alimentés en courant alternatif triphasé.
- Certains *BDM/CDM/PDS* sont conçus pour être alimentés en courant alternatif ou continu monophasé.
- Les *BDM/CDM/PDS* varient la *vitesse* d'un *moteur à courant continu* en asservissant la tension d'excitation et/ou le courant d'excitation fourni au *moteur*.
- De nombreux *BDM/CDM* sont conçus pour être utilisés avec des *moteurs à courant continu* à aimants permanents.
- L'*efficacité énergétique* du *BDM/CDM* à courant continu type est habituellement très élevé. En général, il est avantageux de réduire les pertes d'énergie afin de limiter le plus possible la taille et les coûts de fonctionnement.
- Les *PDS* régénératifs sont conçus pour fonctionner dans deux ou quatre quadrants et peuvent renvoyer de l'énergie du *moteur* des *PDS* à la ligne d'alimentation.
- Il est possible d'utiliser des *BDM/CDM* avec des *moteurs à courant continu* avec différents algorithmes de commande et des méthodes de régulation de la vitesse/du couple pour différentes applications. Les modes de commande comprennent:
  - a) Du point de vue du paramètre sous contrôle:
    - i) mode commande du couple;
    - ii) mode commande de la vitesse;
    - iii) mode commande de la position.
  - b) Du point de vue des propriétés du système de commande en boucle:
    - i) commande en boucle ouverte, sans contre-réaction;
    - ii) commande en boucle fermée, avec contre-réaction indirecte (calculée);
    - iii) commande en boucle fermée, avec mesure directe (capteur) de la contre-réaction.

### 4.2.3 Topologie de base des *BDM/CDM/PDS*

#### 4.2.3.1 Généralités

Les topologies les plus couramment utilisées pour les *BDM/CDM/PDS* présentent deux configurations. La configuration principale concerne les *convertisseurs* commutés par le réseau et l'autre configuration concerne les *convertisseurs* autocommutés (hacheurs).

La Figure 5 représente huit topologies associées aux *convertisseurs* commutés par le réseau. Ces topologies permettent au contrôle de phase des thyristors d'ajuster la régulation de *vitesse* et il convient que les dispositifs à semiconducteurs soient des thyristors. Les paragraphes 4.2.3.2 à 4.2.3.9 donnent des explications au sujet de la Figure 5.

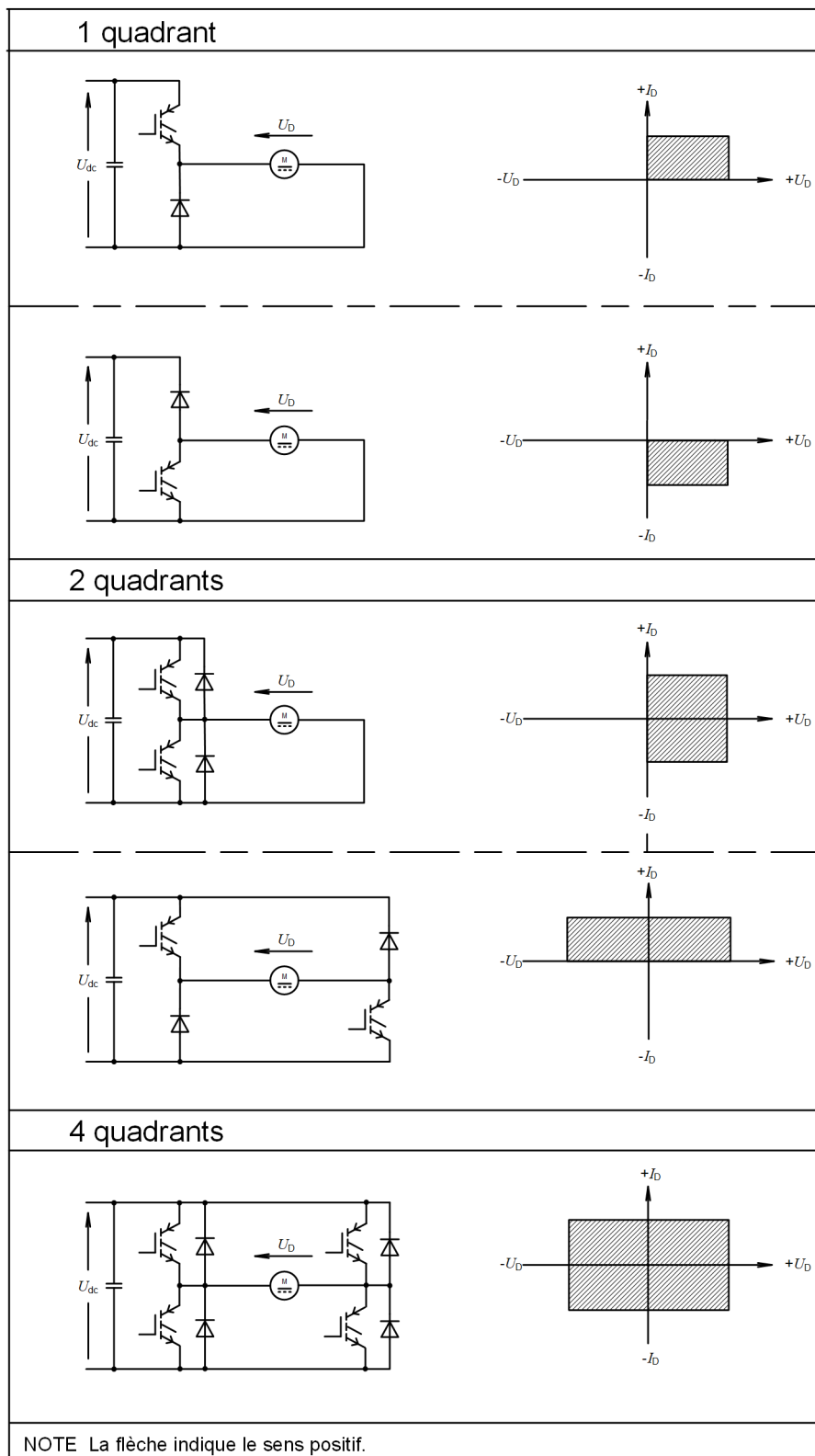
Transformateur (exemples de configuration)	Convertisseur	Moteur	Ondulation	
			Indice de pulsation	Paragraphes
<p>Dd0y11 (exemple)</p>			12	4. 2. 3. 2
<p>Dd0y11 (exemple)</p>			12	4. 2. 3. 3
<p>Dy11 (exemple)</p>			6	4. 2. 3. 4
<p>Dy11 (exemple)</p>			6	4. 2. 3. 5
<p>Dyn11 (exemple)</p>			3	4. 2. 3. 6
<p>Dy11 (exemple)</p>			2	4. 2. 3. 7
<p>Dy11 (exemple)</p>			2	4. 2. 3. 8
<p>Dy11 (exemple)</p>			2	4. 2. 3. 9

NOTE [] Inversion de la direction du courant

Figure 5 – Principales configurations pour *convertisseurs* commutés par le réseau



La Figure 6 représente des topologies de *convertisseurs* autocommutés et leurs quadrants de fonctionnement. Dans ces topologies, la régulation de vitesse est ajustée en hachant la tension d'entrée et les dispositifs de commutation à semiconducteurs peuvent être des transistors MOSFET, IGBT ou IGCT. Les paragraphes 4.2.3.10 à 4.2.3.12 donnent des explications au sujet de la Figure 6.



**Figure 6 – Principales configurations pour *convertisseurs* autocommutés (hacheurs)**

#### **4.2.3.2 Redresseur à thyristors d'indice de pulsation 12 avec deux ponts triphasés en série**

Deux ponts *redresseurs* triphasés à thyristors et d'indice de pulsation 6 sont entièrement contrôlés et connectés en série. La *vitesse* du moteur est commandée par un contrôle d'angle de phase des thyristors. Cette topologie permet un fonctionnement dans les quadrants I et II. Pour le fonctionnement du générateur, deux ponts de thyristor supplémentaires qui sont en connexion parallèle inverse avec les ponts d'origine sont utilisés. Les entrées des ponts triphasés sont connectées aux deux enroulements secondaires du transformateur triphasé (par exemple, Dd0y11). Deux *redresseurs* triphasés d'indice de pulsation 12 réduisent considérablement le *THD* du *courant d'entrée* du *transformateur d'entrée*.

#### **4.2.3.3 Redresseur à thyristors d'indice de pulsation 12 avec deux ponts triphasés en parallèle**

Deux ponts *redresseurs* triphasés à thyristors et d'indice de pulsation 6 sont entièrement contrôlés et connectés en parallèle. La *vitesse* du *moteur* est commandée par un contrôle d'angle de phase des thyristors. Cette topologie permet un fonctionnement dans les quadrants I et II. Pour le fonctionnement du générateur, deux ponts de thyristor supplémentaires qui sont en connexion parallèle inverse avec les ponts d'origine sont utilisés. Les entrées des ponts triphasés sont connectées aux deux enroulements secondaires du transformateur triphasé (par exemple, Dd0y11). Deux *redresseurs* triphasés d'indice de pulsation 12 réduisent considérablement le *THD* du *courant d'entrée* du *transformateur d'entrée*.

#### **4.2.3.4 Redresseur triphasé à thyristors et d'indice de pulsation 6 entièrement contrôlé**

Le *redresseur* triphasé à thyristors et d'indice de pulsation 6 entièrement contrôlé est la topologie la plus couramment utilisée. La *vitesse* du *moteur* est régulée par un contrôle d'angle de phase des thyristors. Cette topologie permet un fonctionnement dans les quadrants I et II. Pour le fonctionnement du générateur, un pont de thyristor supplémentaire qui est en connexion parallèle inverse avec le pont d'origine est utilisé. Les entrées des ponts triphasés sont connectées à l'enroulement secondaire du transformateur triphasé (par exemple, Dy11). Le *redresseur* triphasé d'indice de pulsation 6 peut occasionner un *THD* élevé du *courant d'entrée* du *transformateur d'entrée*.

#### **4.2.3.5 Redresseur triphasé semi-contrôlé à thyristors/diodes et d'indice de pulsation 6 avec une diode de roue libre**

La *vitesse* du *moteur* est régulée par un contrôle d'angle de phase des thyristors. Cette topologie permet un fonctionnement dans le quadrant I. Les entrées des ponts triphasés sont connectées à l'enroulement secondaire du transformateur triphasé (par exemple, Dy11). Le *redresseur* triphasé d'indice de pulsation 6 peut occasionner un *THD* élevé du *courant d'entrée* du *transformateur d'entrée*.

#### **4.2.3.6 Redresseur demi-onde triphasé d'indice de pulsation 3 pleinement contrôlé**

La *vitesse* du *moteur* est commandée par un contrôle d'angle de phase des thyristors. Cette topologie permet un fonctionnement dans les quadrants I et II. Pour le fonctionnement du générateur, trois thyristors supplémentaires qui sont en connexion parallèle inverse avec les thyristors d'origine sont utilisés. Les entrées du *redresseur* demi-onde triphasé pleinement contrôlé sont connectées à l'enroulement secondaire du transformateur triphasé (par exemple, Dyn11) avec le neutre. Un *redresseur* triphasé d'indice de pulsation 3 occasionne un *THD* plus élevé du *transformateur d'entrée*.

#### **4.2.3.7 Redresseur monophasé semi-contrôlé à thyristors/diodes et d'indice de pulsation 2 avec une diode de roue libre**

La *vitesse* du *moteur* est régulée par un contrôle d'angle de phase des thyristors. Cette topologie permet un fonctionnement dans le quadrant I. Les entrées du pont monophasé sont

connectées au secondaire d'un transformateur. Le *THD* du *courant d'entrée* du *transformateur d'entrée* ne doit pas être négligé.

#### **4.2.3.8 Redresseur monophasé semi-contrôlé à thyristors/diodes et d'indice de pulsation 2**

La *vitesse* du *moteur* est commandée par un contrôle d'angle de phase des thyristors. Cette topologie permet un fonctionnement dans le quadrant I. Les entrées du pont monophasé sont connectées au secondaire d'un transformateur. Le *THD* du *courant d'entrée* du *transformateur d'entrée* ne doit pas être négligé.

#### **4.2.3.9 Ponts redresseurs monophasés à thyristors et d'indice de pulsation 2 entièrement contrôlés**

La *vitesse* du *moteur* est commandée par un contrôle d'angle de phase des thyristors. Cette topologie permet un fonctionnement dans les quadrants I et II. Pour le fonctionnement du générateur, un pont de thyristor supplémentaire qui est en connexion parallèle inverse avec le pont d'origine est utilisé. Les entrées du pont monophasé sont connectées au secondaire d'un transformateur. Le *THD* du *courant d'entrée* du *transformateur d'entrée* ne doit pas être négligé.

#### **4.2.3.10 Convertisseur continu-continu avec un quadrant**

Dans la topologie supérieure de "1 Quadrant" de la Figure 6, le flux d'énergie est unidirectionnel de la source d'alimentation en courant continu au *moteur*, le *convertisseur* fonctionne dans le quadrant I.

Dans la topologie inférieure de "1 Quadrant" de la Figure 6, le flux d'énergie est unidirectionnel du *moteur* à la source d'alimentation en courant continu, le *convertisseur* fonctionne dans le quadrant IV.

#### **4.2.3.11 Convertisseur continu-continu avec deux quadrants**

Dans la topologie supérieure de "2 Quadrants" de la Figure 6, le *convertisseur* peut fonctionner dans le quadrant I ou IV. Le flux d'énergie va de la source d'alimentation en courant continu au *moteur* dans le quadrant I ou du *moteur* à la source d'alimentation en courant continu dans le quadrant IV.

Dans la topologie inférieure de "2 Quadrants" de la Figure 6, le *convertisseur* peut fonctionner dans le quadrant I ou II. Le flux d'énergie va de la source d'alimentation en courant continu au *moteur* dans le quadrant I ou du *moteur* à la source d'alimentation en courant continu dans le quadrant II.

#### **4.2.3.12 Convertisseur continu-continu avec quatre quadrants**

Il s'agit de la topologie la plus couramment utilisée. Dans la topologie de "4 Quadrants" de la Figure 6, le *convertisseur* peut fonctionner dans quatre quadrants.

### **4.3 Caractéristiques assignées**

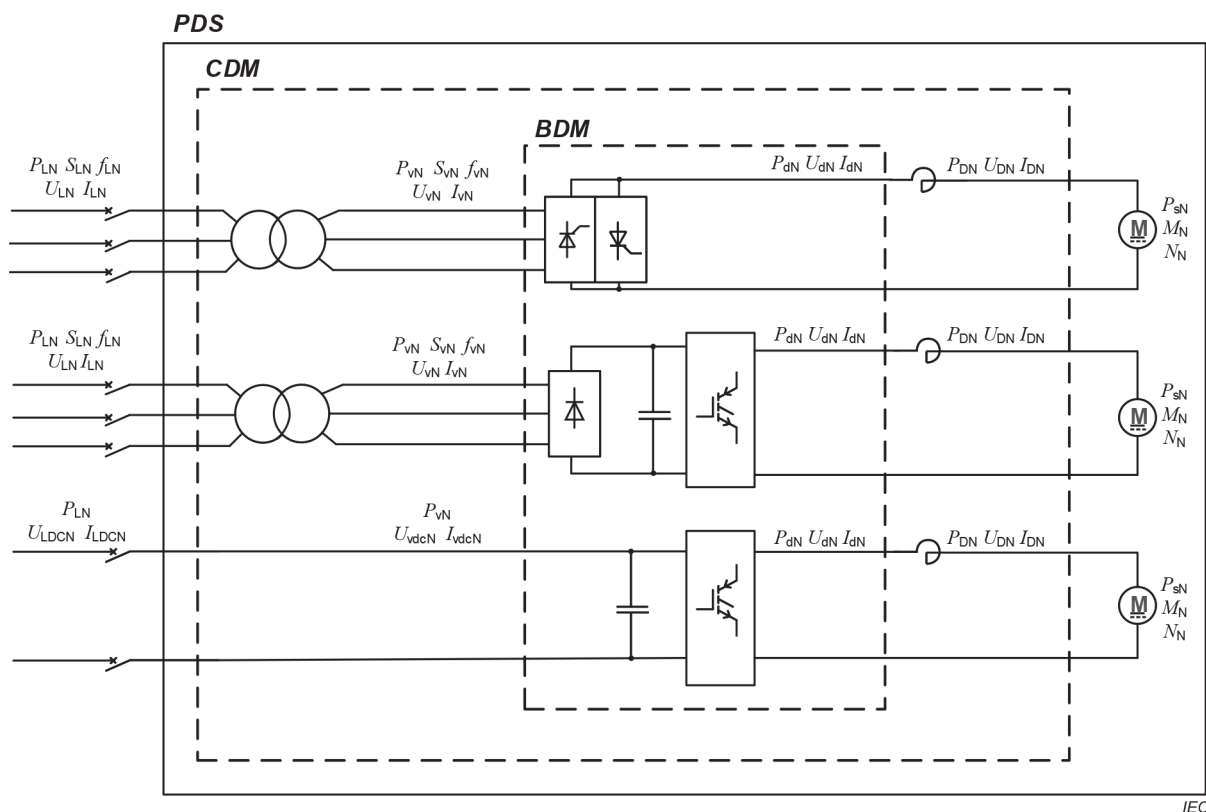
#### **4.3.1 Généralités**

Les caractéristiques assignées en entrée et en sortie doivent être spécifiées par le *fabricant* selon les exigences mentionnées de 4.3.2 à 4.3.6 comme cela est représenté à la Figure 7.

Pour les éléments relatifs à la CEM, voir l'IEC 61800-3.

Pour les éléments relatifs à la sécurité générale, voir l'IEC 61800-5-1.

Pour les éléments relatifs à la sécurité fonctionnelle, voir l'IEC 61800-5-2.



**Figure 7 – Vue d'ensemble des caractéristiques assignées en entrée et en sortie du BDM/CDM/PDS**

NOTE 1 Si aucun transformateur ni autre dispositif facultatif (un filtre, par exemple) n'est placé entre l'entrée du réseau d'alimentation (c'est-à-dire l'entrée du CDM/PDS) et l'entrée du BDM, les valeurs des caractéristiques assignées de l'entrée du CDM/PDS et celles de l'entrée du BDM sont identiques, c'est-à-dire  $U_{VN} = U_{LN}$ , et ainsi de suite.

NOTE 2 Si aucun dispositif facultatif (un filtre, par exemple) n'est installé entre la sortie du BDM et l'entrée du moteur (c'est-à-dire la sortie du CDM), les valeurs des caractéristiques assignées de la sortie du CDM et celles de la sortie du BDM sont identiques, c'est-à-dire  $U_{dN} = U_{DN}$ , et ainsi de suite.

NOTE 3 Les caractéristiques assignées de courant, de tension et d'excitation du BDM/CDM/PDS peuvent être fournies dans une plage de valeurs.

NOTE 4 Il peut s'agir d'un type de redresseur quelconque dans la topologie moyenne de la Figure 7 (par exemple, un redresseur AIC ou un redresseur à diodes).

### 4.3.2 Caractéristiques assignées en entrée

#### 4.3.2.1 Tension d'entrée et fréquence d'entrée

Les caractéristiques assignées/plages de tension et de fréquence d'entrée du BDM/CDM/PDS (dans le cas d'une entrée en courant alternatif) doivent être spécifiées par le fabricant.

Les valeurs préférentielles assignées sont énumérées dans le Tableau 9.

**Tableau 9 – Tensions normales assignées spécifiées dans l'IEC 60038**

À une fréquence de 50 Hz	À une fréquence de 60 Hz
V	V
100	100
---	120
200	200
---	208
220	220
230	230
240	240
380	---
400	400
415	---
---	480
---	600
660	---
690	---
NOTE 1 Les tolérances de tension sont indiquées dans l'IEC 61800-3.	
NOTE 2 Tensions normales spécifiées dans l'IEC 60038.	

Des valeurs de tension non normalisées peuvent être spécifiées pour les besoins d'optimisation de réseau ou ceux d'applications particulières.

Pour la conformité, voir 5.4.2.4.2.

#### 4.3.2.2 Courant d'entrée

Les caractéristiques assignées de *courant d'entrée* du *BDM/CDM/PDS* doivent être spécifiées par le *fabricant*.

Le *courant d'entrée* spécifié inclut le courant exigé par les auxiliaires s'ils sont fournis à partir de la même alimentation du *BDM/CDM/PDS*.

Ces valeurs doivent être indiquées par le *fabricant*.

Pour la conformité, voir 5.4.2.4.3.

#### 4.3.3 Caractéristiques assignées en sortie

##### 4.3.3.1 Caractéristiques assignées en sortie permanentes du *BDM/CDM*

Les caractéristiques assignées en sortie permanentes doivent être indiquées par le *fabricant*, et doivent être formulées en matière de sortie du *BDM/CDM*:

- tension  $U_{dN}/U_{DN}$ ;
- courant  $I_{dN}/I_{DN}$ ;
- puissance  $P_{dN}/P_{DN}$ ;
- courant d'excitation  $I_{FN}$ ;

- tension d'excitation  $U_{FN}$ .

Pour la conformité, voir 5.4.2.5.3 et 5.4.2.5.4.

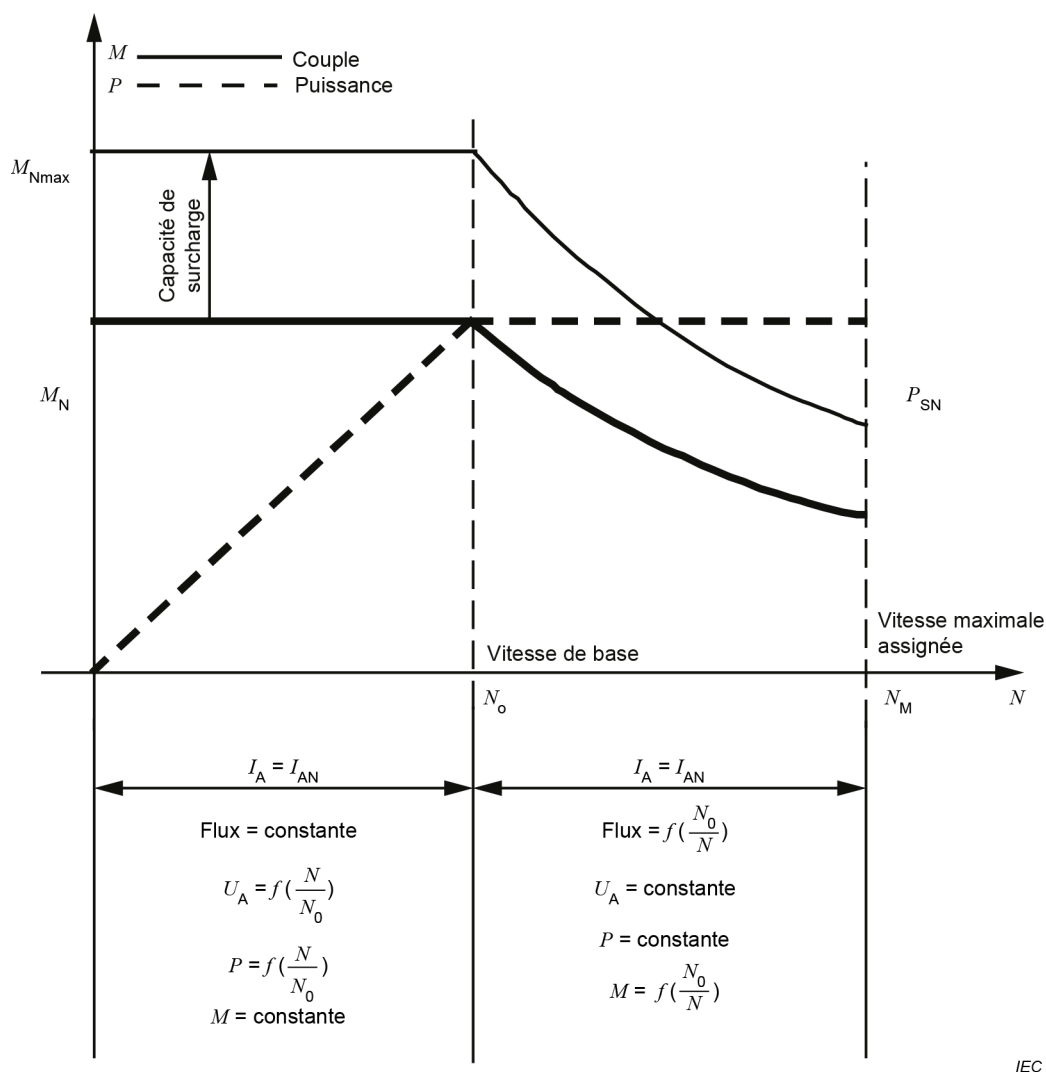
NOTE Lorsque le *CDM* et le *moteur* ne sont pas fournis par le même *fabricant*/fournisseur, des informations peuvent être échangées pour définir correctement les performances et la compatibilité du *CDM* et du *moteur*.

#### 4.3.3.2 Caractéristiques assignées en sortie permanentes du *PDS*

Les caractéristiques assignées en sortie permanentes doivent être indiquées par le *fabricant*, et doivent être formulées en matière d'arbre du *moteur* du *PDS*:

- *couple assigné* ( $M_N$ ) [N·m];
- *vitesse assignée* ( $N_N$ ) [r/min];
- *vitesse maximale assignée* ( $N_{Nmax}$ ) [r/min];
- *puissance de sortie assignée* ( $P_{sN}$ ) [kW].

La Figure 8 représente un exemple de zone de fonctionnement d'un *PDS*.



NOTE 1 Dans l'exemple, la tension et le courant assignés du *moteur* sont identiques à ceux du *CDM*.

NOTE 2 Il peut être nécessaire de réduire la capacité de surcharge pour la plage de vitesses supérieure à la *vitesse de base*.

NOTE 3 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 4 Cette figure peut être étendue au fonctionnement sur quatre quadrants.

NOTE 5 Il peut être nécessaire de réduire la charge maximale dans le fonctionnement au-delà de la *vitesse de base*.

NOTE 6 Dans l'exemple,  $N_0 = N_N$ .

**Figure 8 – Exemple de zone de fonctionnement d'un PDS**

Pour la conformité, voir 5.4.2.5.3, 5.4.2.5.4.

#### 4.3.3.3 Capacités de surintensité et de couple

Il convient de prendre en considération la surintensité, le couple et le surcouple lors du choix d'un *BDM/CDM/PDS*. Les niveaux minimaux de sécurité définis dans l'IEC 61800-5-1 comme une exigence de surcharge établissent une plage de conditions acceptables de surintensité, de couple et de surcouple. Les *fabricants* créent généralement des produits qui fonctionnent

correctement dans les limites des valeurs maximales indiquées dans l'IEC 61800-5-1. Des exemples d'amplitudes de surcharge types et de leur durée sont donnés en 4.10, ainsi que dans l'IEC 60146-1-1:2009 et l'IEC TR 61800-6. Des valeurs non typiques de surintensité, de couple et de surcouple sont possibles. Il convient donc que le client consulte les informations du *fabricant* sur le produit pour obtenir des recommandations à ce sujet afin d'assurer la satisfaction du *BDM/CDM/PDS* aux exigences de l'application.

Il convient de valider, par des essais, les performances de surcharge, de couple et de surcouple au niveau spécifié par le *fabricant*. Ces niveaux de performance peuvent être différents de ceux définis dans l'IEC 61800-5-1, à condition qu'ils assurent une plus grande protection. Il convient, pour toute bonne règle de conception des cycles de service, que la valeur efficace du courant au cours du cycle complet ne dépasse pas le courant assigné. Le Tableau 10 et la Figure 9 présentent six exemples types de surcharges de 1 min avec un cycle de charge de 10 min et de 60 min.

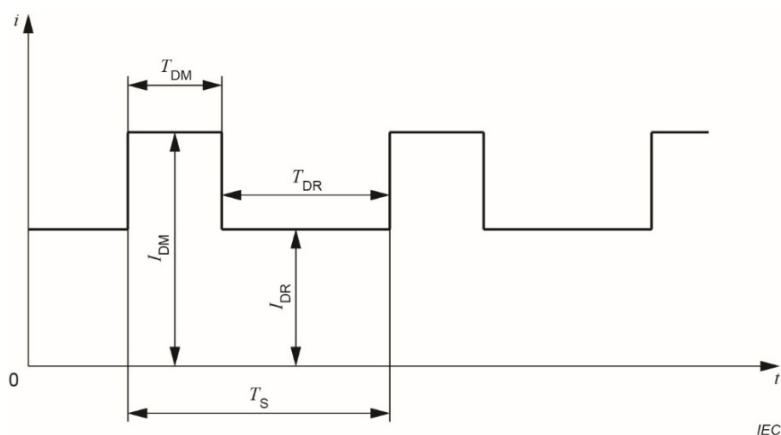
Pour tout type de cycle de service, le courant de sortie au cours du cycle complet ne doit pas dépasser le courant assigné. Ceci implique qu'il convient que les 5 variables définies dans le Tableau 10 et à la Figure 9 satisfassent à la formule (1).

$$\sqrt{\frac{I_{DM}^2 \times T_{DM} + I_{DR}^2 \times T_{DR}}{T_S}} \leq 1 \tag{1}$$

Le Tableau 10 présente six exemples types de surcharges de 1 min avec un cycle de charge de 10 min et de 60 min.

**Tableau 10 – Exemple de charge continue maximale réduite en fonction d'une surcharge**

Surcharge		Charge continue réduite	
Amplitude $I_{DM}$ [valeur réduite de la valeur assignée]	Durée $T_{DM}$ [min]	Amplitude maximale de $I_{DR}$ [valeur réduite de la valeur assignée]	Durée $T_{DR}$ [min]
1,5	1	0,928	9
1,5	1	0,989	59
1,25	1	0,968	9
1,25	1	0,995	59
1,1	1	0,988	9
1,1	1	0,998	59



**Figure 9 – Exemple de cycle de surcharge**



Pour le régime de charge répétitive, le *courant de sortie assigné* ( $I_{dN}$ ) doit au moins correspondre à la valeur efficace du courant du *moteur* pour un cycle de service complet de ce dernier, et la *capacité de surcharge en sortie* du *convertisseur* doit être adaptée au cycle de service en charge.

Pour le service continu, le *courant de sortie assigné* ( $I_{dN}$ ) doit au moins correspondre au courant continu du *moteur* nécessaire pour développer le couple *moteur* continu spécifié. Dans le cas d'un régime de charge intermittente, les surcharges ne doivent pas contraindre le courant du *convertisseur* à dépasser son régime de surcharge.

Pour la conformité, voir 5.4.2.5.5.

#### **4.3.4 Quadrants de fonctionnement**

##### **4.3.4.1 Généralités**

Les caractéristiques assignées ci-dessus de 4.3.2 et 4.3.3 doivent être données pour tous les quadrants de fonctionnement (I, II, III, IV).

##### **4.3.4.2 Fonctionnement dans les quadrants II et IV**

Le fonctionnement dans les quadrants II et IV concerne les applications dans lesquelles le *moteur* fonctionne en mode récupération, générant la puissance comme cela est expliqué en 4.2.

Dans le cadre d'un fonctionnement dans les quadrants II et IV, les caractéristiques assignées en entrée et en sortie doivent être spécifiées, y compris les paramètres pertinents pour la solution applicable.

Pour la conformité, voir 5.4.2.5.6.

#### **4.3.5 Caractéristiques assignées, propriétés et fonctionnalités du *BDM/CDM/PDS***

Les caractéristiques assignées, les propriétés et les fonctionnalités du *BDM/CDM/PDS* doivent être spécifiées par le *fabricant*.

NOTE Exemples de propriétés et de fonctionnalités: limites de tension, courant, *vitesse* et couple, protection du *BDM/CDM* contre la surcharge du *moteur* et le court-circuit de sortie.

Pour la conformité, voir 5.4.2.6.

#### **4.3.6 Caractéristiques assignées spéciales relatives au *BDM/CDM/PDS* ou au *moteur***

##### **4.3.6.1 Généralités**

Les caractéristiques assignées spéciales peuvent être spécifiées afin de fournir des informations supplémentaires pour des applications ou des considérations spécifiques. Cela inclut les effets sur le *réseau d'alimentation*, à l'intérieur du *BDM/CDM/PDS*, et sur le *moteur*.

Pour la conformité, voir 5.4.2.8.2 à 5.4.2.8.5.

##### **4.3.6.2 Transformateurs et bobines d'inductance d'entrée**

Les transformateurs de puissance peuvent être utilisés sur le réseau du *BDM/CDM/PDS* en tant que transformateurs élévateurs ou abaisseurs. Des bobines d'inductance d'entrée sont nécessaires lorsque plusieurs *BDM/CDM/PDS* sont alimentés par le même enroulement de transformateur.

L'IEC 61378 (toutes les parties) fournit les spécifications pour la conception de ces transformateurs.

Les transformateurs et bobines d'inductance d'entrée doivent être conformes à l'IEC 60076-6.

Des informations complémentaires sont données à l'Annexe C.

#### **4.3.6.3 Bobines d'inductance de sortie**

Les bobines d'inductance de sortie peuvent être utilisées lorsque le *moteur* ne peut pas supporter une *ondulation* élevée de la tension ou du courant.

Les bobines d'inductance de sortie doivent être conformes à l'IEC 60076-6.

Des informations complémentaires sont données à l'Annexe C.

#### **4.3.6.4 Moteur**

Les *moteurs* peuvent être du type à excitation ou à aimants permanents et équipés d'un balai de commutateur. Les *moteurs à courant continu* sans balai doivent être conformes aux exigences de l'IEC 61800-2, l'entrée du BLDC étant en courant alternatif et non en courant continu.

Des informations complémentaires sont données à l'Annexe A.

### **4.4 Performances**

#### **4.4.1 Fonctionnement**

##### **4.4.1.1 Généralités**

Les caractéristiques assignées des fonctions incluses du *BDM/CDM/PDS* doivent être spécifiées par le *fabricant*. Une ou plusieurs des fonctions suivantes peuvent être incluses:

- accélération/décélération temporelles;
- *freinage rhéostatique*;
- marche en sens inverse;
- *récupération*;
- filtrage de réseau;
- traitement des données d'entrées/sorties (analogiques et numériques);
- redémarrage automatique;
- commande d'excitation;
- capacités de surcharge;
- accès de communication;
- fonctions de sécurité (STO, par exemple).

Cette liste n'est pas exhaustive.

##### **4.4.1.2 Performances en régime établi**

###### **4.4.1.2.1 Généralités**

Le système de commande est en régime établi lorsque les variables de référence et de fonctionnement sont constantes pendant plus de trois fois sa durée d'établissement, et lorsque les variables de service sont constantes pendant plus de trois fois la constante de temps la

plus longue de l'équipement (la constante de temps thermique du capteur de vitesse, par exemple). Les performances en régime établi des variables d'entraînement (le *couple*, la *vitesse*, la position, par exemple) doivent être spécifiées selon 4.4.1.2.2 à 4.4.1.2.6.

Pour la conformité, voir 5.4.2.9.

#### 4.4.1.2.2 Bande de précision

La bande de précision (voir Figure 10) est l'erreur totale, en régime établi, de la variable directement contrôlée (sauf si une autre variable est spécifiée). Cette erreur résulte de changements dans les conditions de service ou de fonctionnement dans leurs plages spécifiées.

La bande de précision est exprimée:

- en pourcentage de la valeur théorique maximale de la variable directement contrôlée (ou spécifiée), voir exemple en 4.4.1.2.3;
- en valeur absolue pour les variables qui ne peuvent être exprimées en valeur relative (la position, par exemple).

Il convient de filtrer le signal représentant la variable directement contrôlée (par un filtre passe-bas d'ordre un avec une constante de temps de 100 ms, par exemple) afin de supprimer le bruit et l'*ondulation* du signal.

NOTE La bande de précision ne peut pas être utilisée pour spécifier des éléments n'ayant aucun lien avec les performances de commande en régime établi (les pulsations de couple ou l'*ondulation* de la *vitesse* provoquée par le couple de charge ou les pulsations de couple du *moteur*, par exemple).

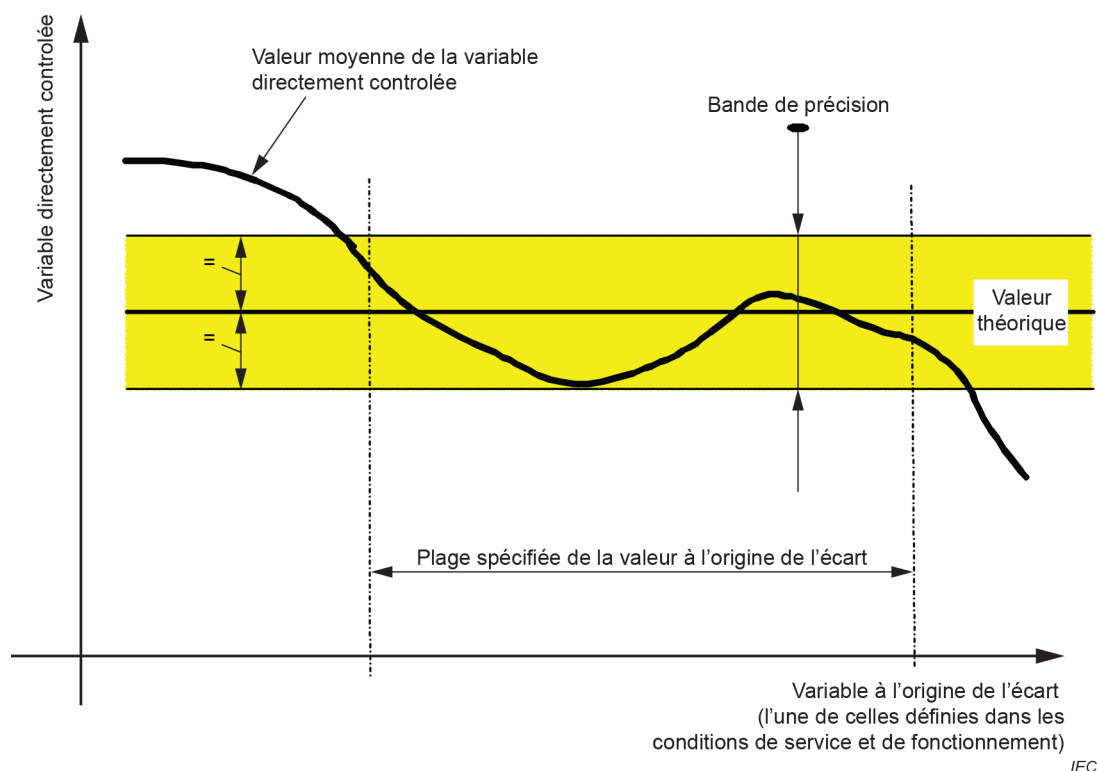


Figure 10 – Bande de précision

#### 4.4.1.2.3 Sélection de la bande de précision

Il convient de décrire les performances en régime établi d'un système bouclé d'asservissement par un nombre sélectionné dans le Tableau 11 (d'autres niveaux peuvent être définis par consentement mutuel).

La plage de variables à laquelle s'applique la bande de précision doit être spécifiée (voir Figure 10).

**Tableau 11 – Bandes de précision maximales (%)**

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

EXEMPLE Un PDS est équipé d'un *moteur* de 1 780 r/min alimenté par un *convertisseur*. La vitesse maximale du PDS est de 2 000 r/min, et la bande de précision spécifiée pour la commande de vitesse est ±0,5 %. Les conditions de fonctionnement sont les suivantes: plage de vitesses: 0 r/min à 2 000 r/min; plage de couples de charge: de zéro au *couple assigné*. Conditions de service, plage de températures ambiantes: 5 °C à 40 °C.

Par conséquent, l'écart entre la vitesse réelle et la valeur théorique (référence de vitesse) est:

$$\pm 0,5 \% \text{ de } 2\,000 \text{ r/min} = \pm 10 \text{ r/min}$$

lorsque la valeur de la référence de vitesse, le couple de charge et la température ambiante sont compris dans leurs plages spécifiées.

Par exemple, si la référence de vitesse est de 1 200 r/min, la *vitesse* réelle du *moteur* est de 1 200 r/min ± 10 r/min, c'est-à-dire comprise entre 1 190 r/min et 1 210 r/min.

#### 4.4.1.2.4 Bandes de précision de service – Limites

Quelles que soient les combinaisons des conditions de service applicables, il convient que la bande de précision de service spécifiée (prise dans le Tableau 11) ne soit pas dépassée pendant un quelconque intervalle de 1 h, suivant une période de mise en température spécifiée par le *fabricant*, les variables opérationnelles étant maintenues constantes pendant l'observation.

#### 4.4.1.2.5 Bande de précision opérationnelle – Limites

Il convient que la bande de précision opérationnelle liée à la variable directement contrôlée (prise dans le Tableau 11) ne soit pas dépassée pour la plage de variables opérationnelles indiquée. Les conditions de service doivent être maintenues constantes pendant l'observation.

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

#### 4.4.1.2.6 Résolution

La résolution est la variation minimale pouvant être obtenue de la variable contrôlée. Elle peut être donnée en valeur absolue ou en pourcentage de la valeur maximale.

#### 4.4.1.3 Performances dynamiques

##### 4.4.1.3.1 Généralités

Les performances dynamiques du *BDM/CDM/PDS* varient considérablement en fonction de l'application. Les performances dynamiques s'obtiennent par de nombreux moyens: limite de courant, accélération temporelle, limite d'inertie, etc.

Les performances dynamiques doivent être spécifiées selon 4.4.1.3.2 à 4.4.1.3.3.

Pour la conformité, voir 5.4.2.10.2, 5.4.2.10.3; 5.4.2.10.4, 5.4.2.10.5 et 5.4.2.10.6.

#### 4.4.1.3.2 Réponses temporelles

##### 4.4.1.3.2.1 Généralités

La réponse temporelle représente la courbe sortie en fonction du temps résultant de l'application d'une entrée spécifiée dans des conditions de fonctionnement et de service données.

Sauf accord contraire entre le client et le fournisseur de système, le *PDS* doit fonctionner avant l'application d'une entrée spécifiée dans les conditions de fonctionnement et de service suivantes:

- *vitesse de base*;
- *vitesse maximale assignée*;
- à vide;
- *tension d'entrée* et *fréquence d'entrée* assignées;
- température stabilisée au bout de 1 h de mise en température de l'appareil de mesure et des interfaces, la température ambiante étant dans les conditions de service.

La courbe de sortie peut contenir une quantité importante d'*ondulations* en raison, par exemple, du fonctionnement des dispositifs à semiconducteurs de puissance dans le *BDM*. La courbe moyenne doit être utilisée pour déterminer la réponse temporelle (voir Figure 11). Les réponses temporelles types d'un *PDS* sont les réponses temporelles qui suivent une réponse à un échelon de la référence de vitesse, de courant ou de couple (voir Figure 11) et la réponse temporelle qui suit un changement du couple de charge (voir Figure 12). Pour des besoins de spécification, il doit être retenu par hypothèse que le couple de charge de l'équipement entraîné augmente de manière linéaire de zéro à une valeur de couple spécifiée (ou diminue d'une valeur de couple spécifiée à zéro) dans un délai de 100 ms, sans dépassement sauf accord contraire entre le client et le fournisseur de système.

##### 4.4.1.3.2.2 Temps de réponse

Le temps de réponse est le temps nécessaire, après le début de l'excitation spécifiée d'un système, pour que la sortie allant dans la direction de l'action corrective nécessaire atteigne tout d'abord une valeur spécifiée.

La valeur spécifiée d'une réponse temporelle suivant la réponse à un échelon d'une entrée de référence (voir Figure 11) doit être la valeur moyenne initiale plus 90 % de l'incrément en régime établi. Le dépassement transitoire doit être inférieur ou égal à 10 % de l'incrément en régime établi.

Pour une réponse temporelle suivant la modification d'une variable opérationnelle (voir Figure 12), la valeur spécifiée de l'écart doit être égale à 10 % de l'écart transitoire maximal.

##### 4.4.1.3.2.3 Temps de montée

Le temps de montée est le temps exigé à la sortie d'un système de commande pour remplacer un petit pourcentage spécifié de l'incrément en régime établi par un pourcentage spécifié plus élevé de l'incrément en régime établi, avant dépassement ou en l'absence de dépassement (voir Figure 11).

Le petit pourcentage spécifié doit être de 10 %, le pourcentage spécifié plus élevé doit être de 90 % et le dépassement transitoire doit être inférieur ou égal à 10 % de l'incrément en régime établi. Si le terme "temps de montée" ne comporte pas d'indication complémentaire, cela signifie qu'il concerne une réponse à un échelon. Dans le cas contraire, il convient de spécifier la forme et l'amplitude de l'*excitation*.

#### 4.4.1.3.2.4 Durée d'établissement

La durée d'établissement est la durée exigée, après le début de l'*excitation* spécifiée d'un système, pour qu'une variable donnée entre et reste dans les limites d'une bande de précision définie centrée sur sa valeur moyenne finale.

Pour une réponse temporelle suivant la réponse à un échelon d'une entrée de référence (voir Figure 11), la bande spécifiée doit être  $\pm 2\%$  de l'incrément en régime établi sauf accord contraire entre le client et le fournisseur de système. Pour une réponse temporelle suivant la modification d'une variable opérationnelle (voir Figure 12), la bande spécifiée doit être  $\pm 5\%$  de l'écart transitoire maximal sauf accord contraire entre le client et le fournisseur de système.

#### 4.4.1.3.2.5 Zone d'écart de vitesse à charge dynamique

La zone d'écart de vitesse à charge dynamique (correspondant à un décalage de position) évalue la réponse d'une commande de vitesse en cas de modification brusque du couple de charge (voir Figure 12). La formule est la suivante:

$$A_{\text{Iisd}} = \frac{T_r \times D_{\text{Tmax}}}{2} \quad (2)$$

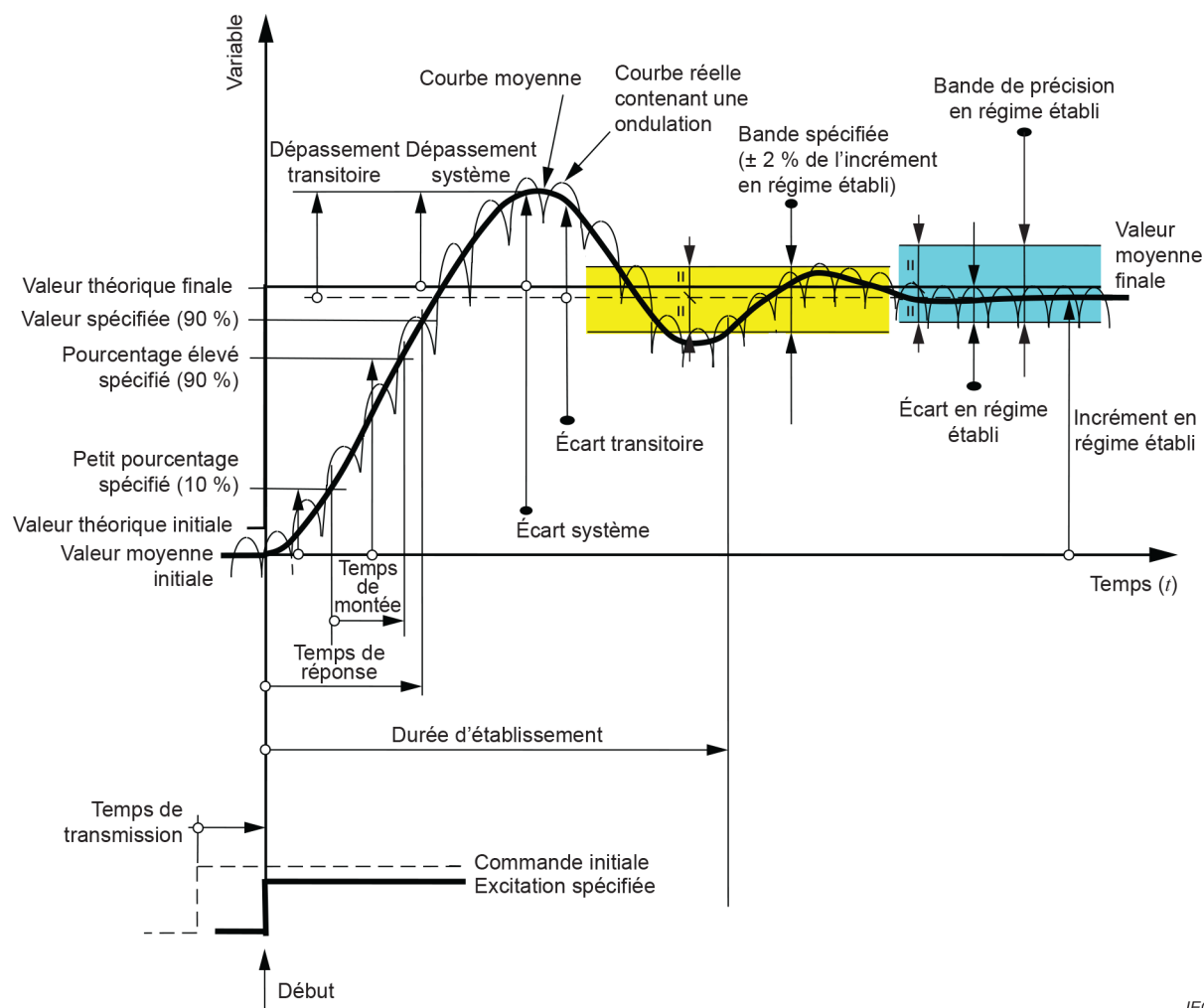
où

$A_{\text{Iisd}}$  est la zone d'écart de vitesse à charge dynamique;

$T_r$  est le temps de réponse;

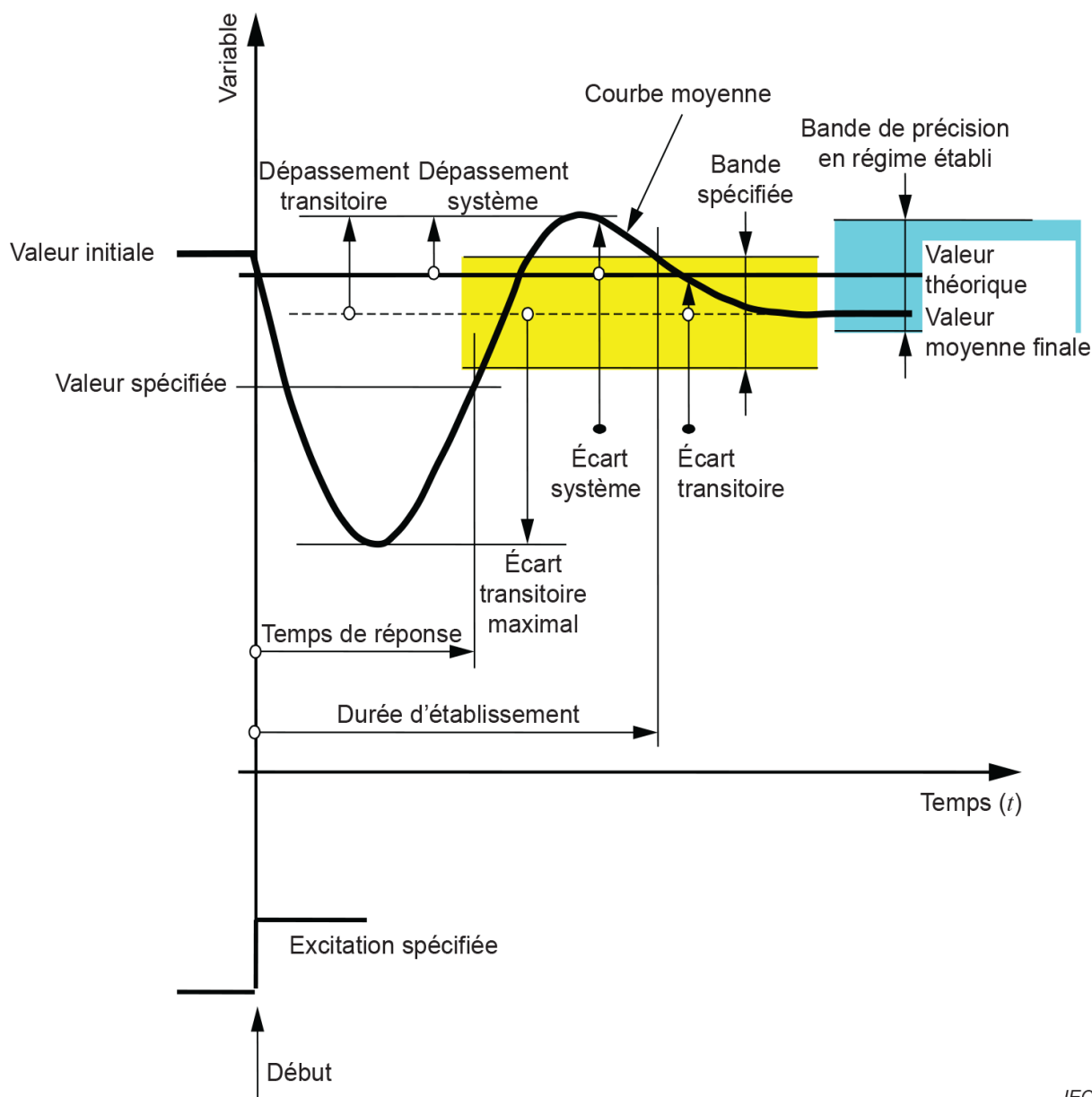
$D_{\text{Tmax}}$  est l'écart transitoire maximal.

où l'écart transitoire maximal est exprimé en pourcentage de la *vitesse* maximale de fonctionnement. Par conséquent, la zone d'écart de vitesse à charge dynamique est exprimée en % s.



IEC

**Figure 11 – Réponse temporelle suivant la réponse à un échelon d'une entrée de référence sans modification des variables opérationnelles**



IEC

**Figure 12 – Réponse temporelle suivant la modification d'une variable opérationnelle sans changement de référence**

**4.4.1.3.2.6 Écart dynamique**

L'écart dynamique est l'écart entre la valeur de référence (valeur théorique) et la valeur réelle lorsque la référence est modifiée à la vitesse spécifiée (voir Figure 13).



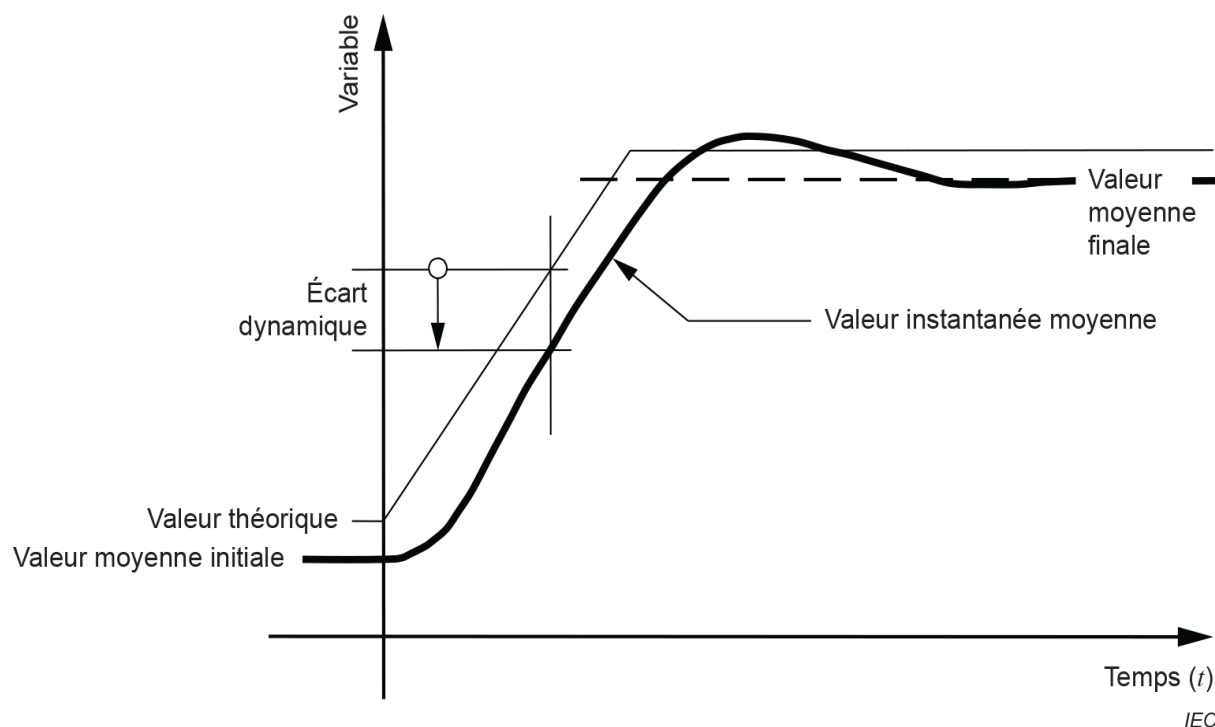


Figure 13 – Réponse temporelle suivant un changement de référence à la vitesse spécifiée

#### 4.4.1.3.3 Réponse en fréquence de la commande

##### 4.4.1.3.3.1 Analyse de fréquence

La réponse en fréquence représente le rapport d'amplitude (amplification) et la différence de phase entre la variable contrôlée et l'*excitation* sinusoïdale en fonction de la fréquence d'*excitation* lors de la fermeture de la boucle d'asservissement (le cas échéant).

NOTE 1 Il est possible d'utiliser une *excitation* à plusieurs fréquences (bruit) à la place d'une *excitation* à fréquence variable sinusoïdale lors du mesurage de la réponse en fréquence à l'aide d'un analyseur de fréquence.

NOTE 2 Il est commun d'utiliser les décibels (dB) avec l'amplification (voir l'IEC 60027-3). La formule est la suivante:

$$G = 20 \log_{10} \left( \frac{F_2}{F_1} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

où

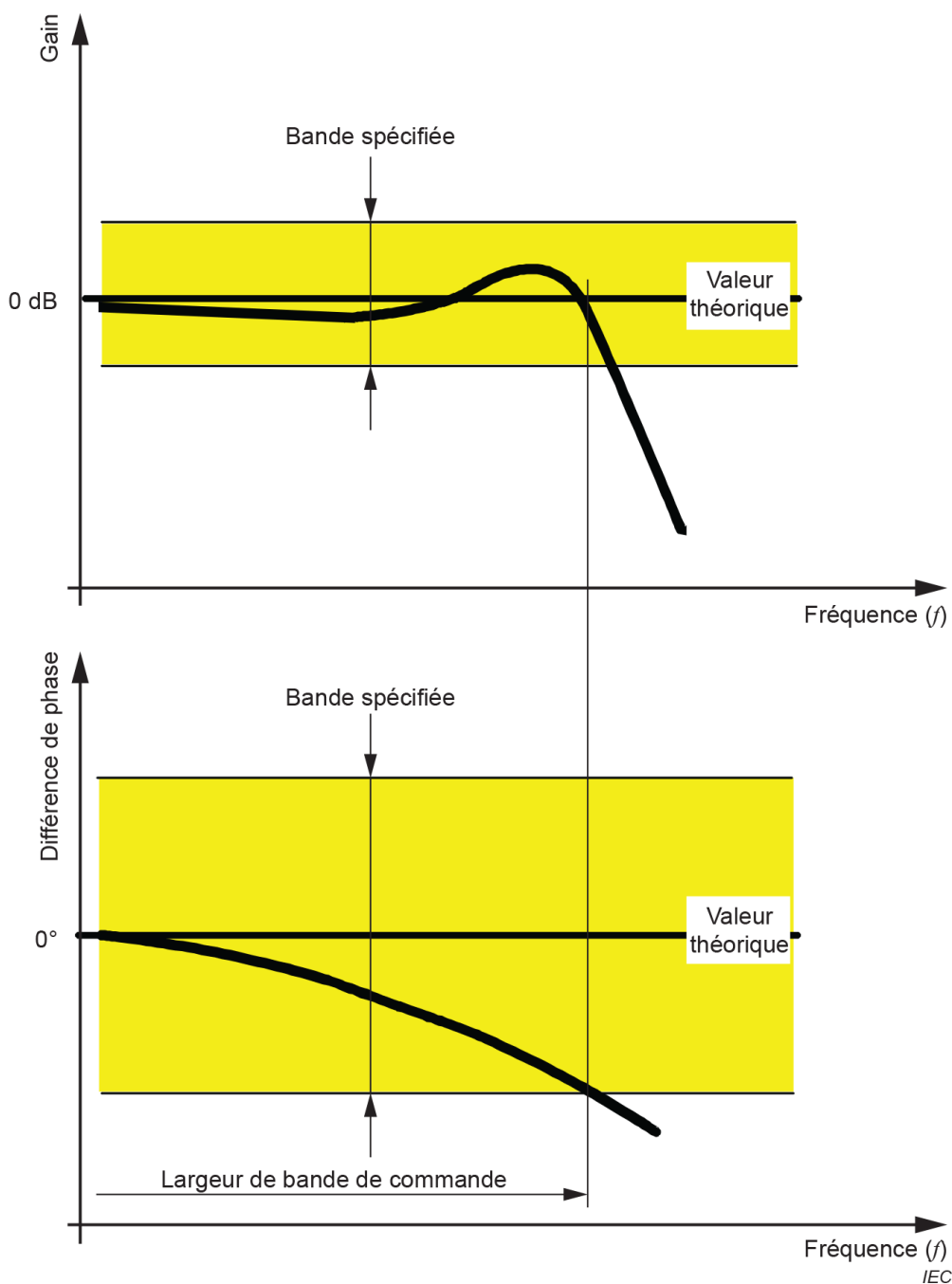
$F_2/F_1$  est le rapport d'amplitude (sortie/entrée);

$G$  est le gain.

Par exemple, si le rapport d'amplitude est de 0,708, le gain est d'environ –3 dB.

##### 4.4.1.3.3.2 Largeur de bande de commande

Il s'agit de l'intervalle de fréquence dans lequel l'amplification (gain) et la différence de phase de la réponse en fréquence (avec la variable de référence comme *excitation*) restent dans les bandes spécifiées, centrées sur les valeurs de 0 dB et 0°, respectivement, voir Figure 14. Les bandes spécifiées doivent être de ±3 dB et ±90° sauf accord contraire entre le client et le fournisseur de système.



NOTE La largeur de bande de commande du cas représenté dans la figure est limitée par la bande de phase spécifiée.

**Figure 14 – Réponse en fréquence de la commande – Valeur de référence en tant qu'excitation**

#### 4.4.1.3.3 Sensibilité aux perturbations

Il s'agit de l'amplification de la réponse en fréquence lorsque l'excitation est une variable opérationnelle spécifiée. Un exemple type est la sensibilité de la vitesse du moteur pour un couple de charge pulsatoire.

NOTE La sensibilité peut être exprimée en dB uniquement lorsque l'amplitude de la variable contrôlée et l'amplitude de l'excitation sont exprimées en p.u. (par unité).

#### 4.4.1.4 Freinage rhéostatique

Le *freinage rhéostatique* consiste à utiliser des éléments dissipatifs (résistances) pour permettre un freinage électrique de la machine en cas de défaut du *convertisseur* ou du réseau d'alimentation.

Le *freinage rhéostatique* s'applique ici à l'utilisation d'une résistance aux bornes du circuit d'induit du *moteur à courant continu*.

Il convient que les caractéristiques du *freinage rhéostatique* fassent l'objet d'un accord entre l'utilisateur le *fabricant*/fournisseur. Les paragraphes suivants peuvent faire l'objet de modifications par suite de ce type de négociation.

Avec le *freinage rhéostatique*:

- a) le *convertisseur* doit pouvoir freiner une charge avec un courant de 110 %, 125 % ou 150 % du courant assigné, selon ses caractéristiques assignées;
- b) la résistance de *freinage rhéostatique* doit pouvoir absorber l'énergie cinétique accumulée du *moteur* et de l'équipement entraîné à la *vitesse maximale assignée* (avec la résistance initialement à la température ambiante);
- c) le courant d'induit maximal de *freinage rhéostatique* à la *vitesse maximale* est de 150 %; l'inertie de l'équipement entraîné doit être fournie par l'utilisateur.

NOTE 1 La valeur du courant de 150 % est une valeur type. Elle peut être choisie différemment en fonction d'autres conditions de surcharge (par exemple, 110 % pour les ventilateurs).

NOTE 2 Le *convertisseur* avec un fonctionnement sur 4 quadrants peut être utilisé lorsqu'une variation rapide de la vitesse du moteur est nécessaire et pendant qu'un transfert d'énergie du moteur au réseau est dit "fonctionnement en récupération". Le transfert d'énergie du moteur au réseau peut inclure le transfert d'énergie à d'autres dispositifs connectés à la *liaison continue* du dispositif de récupération. De nombreuses topologies sont capables du fonctionnement sur quatre quadrants et donc du freinage en récupération.

#### 4.4.1.5 Autres exigences de performances

##### 4.4.1.5.1 Généralités

D'autres exigences de performance doivent être quantifiées par le *client* ou par le *fabricant* conjointement avec le *client*, par exemple en tenant compte des spécifications de 4.4.1.5.2 à 4.4.1.5.4.

##### 4.4.1.5.2 Exigences d'application

Les exigences incluent:

- la pression acoustique et le niveau sonore;
- les quadrants de fonctionnement: les combinaisons usuelles sont les quadrants I, I et II, I et IV ou tous les quadrants;
- le couple en fonction de la *vitesse* (voir Figure 8);
- les conditions mécaniques spéciales (voir D.5.3).

##### 4.4.1.5.3 Exigences de raccordement de l'alimentation

Les exigences incluent:

- la mise à la terre (voir Article B.2);
- le facteur de déphasage aux conditions assignées;
- le résidu harmonique côté réseau (voir Article B.3);
- le courant de défaut symétrique maximal, en court-circuit.

NOTE Pour de plus amples informations, voir l'IEC 61800-3 et l'IEC 61800-5-1.

#### 4.4.1.5.4 Exigences de caractéristiques assignées

Les exigences incluent:

- le courant de sortie assigné ( $I_{dN}/I_{DN}$ ) (voir 4.3.3.1);
- la tension de sortie assignée ( $U_{dN}/U_{DN}$ ) (voir 4.3.3.1).

#### 4.4.2 Traitement et protection contre les défauts

##### 4.4.2.1 Traitement des défauts

Le *BDM/CDM* doit fournir des indications et des réponses aux défauts spécifiées. Ceci peut comporter une alarme et/ou un signal de déclenchement commun par l'intermédiaire d'une E/S. L'indication de défaut est normalement actionnée par un ou plusieurs défauts du *BDM/CDM* qui peuvent inclure, entre autres:

- des défauts externes;
- un défaut de la section de puissance de sortie;
- une surintensité instantanée;
- une perte d'excitation;
- une température excessive (*convertisseur*);
- une perte d'agent de refroidissement;
- une surcharge du *moteur*;
- un défaut de l'alimentation auxiliaire;
- une surtension/sous-tension sur le réseau;
- une perte de phase d'alimentation;
- un défaut interne du système de commande;
- un diagnostic des circuits de régulation ou de puissance;
- une limite de courant ou une accélération temporelle;
- une survitesse et perte du retour tachymétrique;
- une défaillance du ventilateur de refroidissement.

##### 4.4.2.2 Protection contre les défauts

Il convient que le *PDS* soit équipé des fonctions de protection nécessaires, d'une protection des composants de système et d'une disponibilité généralement élevée du système. Des protections bien conçues protègent contre des contraintes internes et externes à l'entraînement. Il convient que ces protections incluent celles énumérées dans le Tableau 12.

Les exigences et la portée du système de protection du *PDS* augmentent généralement en fonction de la puissance de l'entraînement. Il est recommandé, pour les entraînements importants ou de grande taille, un système de diagnostic en vue d'aider le client lors des conditions de défaut.

**Tableau 12 – Fonctions de protection du *PDS***

Alimentation côté réseau	Alarme	Déclenchement	Remarque
Coupure de l'alimentation, perte de phase	X	X	
Surtensions du réseau	X	X	
Sous-tensions du réseau	X	X	
Déséquilibre de la tension du réseau	X	X	

Ligne d'alimentation	Alarme	Déclenchement	Remarque
Surintensité		X	
Surcharge	X	X	
<b>Transformateur</b>			
Transformateur	Alarme	Déclenchement	Remarque
Dégagement gazeux (Buchholz)	X	X	à huile uniquement
Température excessive	X	X	
Perte d'agent de refroidissement	X	X	
Faible niveau d'huile	X		à huile uniquement
<b>Convertisseur</b>			
Convertisseur	Alarme	Déclenchement	Remarque
Surintensité	X	X	défaillance de commutation, court-circuit, etc.
Surcharge	X	(X)	thermique
Surtension	X	X	
Défaut de terre	X	(X)	
Perte de refroidissement	X	(X)	
Température excessive	X	(X)	
Perte de l'alimentation auxiliaire	X	X	
Perte de communication vers la commande de processus	X	(X)	
Perte du retour tachimétrique	X		
Perte d'excitation	X	X	
<b>Moteur</b>			
Moteur	Alarme	Déclenchement	Remarque
Surtension d'induit	X	X	
Surintensité d'induit	X	X	
Surtension d'excitation	X	X	
Surintensité d'excitation	X	X	
Surcharge	X	(X)	thermique
Survitesse	X	X	
Température excessive d'enroulement	X	X	
Température excessive des paliers	X	X	
Vibrations excessives	X	X	
Perte de refroidissement	X	(X)	
Défaut de lubrification	X	X	
NOTE 1 Les fonctions de protection contre les vibrations peuvent être assurées par le fournisseur des équipements entraînés.			
NOTE 2 (X): appliqué sous condition.			

L'impédance du réseau d'alimentation au niveau de l'IPC et l'impédance d'entrée du PDS (voir l'Annexe B) doivent être prises en considération.

#### 4.4.3 Indications d'état minimales exigées

Il convient que le BDM/CDM/PDS fournisse un signal d'état indiquant son "entraînement sous tension" (que le *moteur* soit en rotation ou à l'arrêt), ainsi qu'une indication de défaut. Le BDM/CDM/PDS peut aussi fournir un signal d'état indiquant qu'il est "prêt à fonctionner".

#### 4.4.4 Dispositifs d'entrée/sortie (E/S)

##### 4.4.4.1 Généralités

Le nombre et la nature des dispositifs d'entrée/sortie doivent être indiqués par le *fabricant*.

Les variables et les paramètres nécessitent des entrées et des sorties. Il s'agit d'entrées/sorties analogiques ou numériques en mode tension ou courant. Les informations sont également échangées par des liaisons séries ou parallèles selon différentes normes de communication. Les variables analogiques et numériques peuvent être configurées manuellement à partir d'un poste de commande et peuvent être affichées. Les variables et les paramètres sont traités de la même façon.

##### 4.4.4.2 Interface/accès de commande de processus

###### 4.4.4.2.1 Généralités

L'interface/accès de commande de processus et ses performances doivent être définis et faire l'objet d'un accord entre le fournisseur de système et le client le plus tôt possible. La liste ci-dessous peut être utilisée pour les définitions.

###### 4.4.4.2.2 Entrée analogique

Les éléments spécifiés peuvent inclure, entre autres, ce qui suit:

- le nombre d'entrées analogiques;
- le type d'entrée analogique, tel que:
  - la tension d'entrée asymétrique,
  - la tension d'entrée différentielle,
  - l'entrée de la boucle de courant;
- le niveau de tension d'isolement de l'entrée;
- la tension d'entrée ou la plage de courant, selon le type d'entrée;
- l'impédance d'entrée;
- la constante de temps ou la largeur de bande du filtre passe-bas matériel;
- les erreurs de gain et de décalage;
- la résolution du *convertisseur A/N*, le cas échéant;
- l'intervalle d'échantillonnage du *convertisseur A/N*, le cas échéant.

NOTE Se reporter à l'IEC 61131-2 pour une liste plus exhaustive.

###### 4.4.4.2.3 Sortie analogique

Les éléments spécifiés peuvent inclure, entre autres, ce qui suit:

- le nombre de sorties analogiques;
- le type de sortie analogique, tel que:
  - la tension de sortie asymétrique,
  - la tension de sortie différentielle,
  - la sortie de la boucle de courant;
- le niveau de tension d'isolement de la sortie;
- la tension de sortie ou la plage de courant, selon le type de sortie;
- la charge maximale;
- la constante de temps ou la largeur de bande du filtre passe-bas matériel;

- les erreurs de gain et de décalage;
- la résolution du *convertisseur* N/A;
- l'intervalle d'échantillonnage du *convertisseur* N/A.

NOTE Se reporter à l'IEC 61131-2 pour une liste plus exhaustive.

#### **4.4.4.2.4 Entrée numérique**

Les éléments spécifiés peuvent inclure, entre autres, ce qui suit:

- le nombre d'entrées numériques;
- le type d'entrée numérique, tel que:
  - l'entrée du relais,
  - l'entrée de l'optocoupleur;
- le niveau de tension d'isolement de l'entrée;
- la tension de commande assignée et le type (courant alternatif ou continu);
- la résistance d'entrée;
- le délai de propagation de l'entrée.

#### **4.4.4.2.5 Sortie numérique**

Les éléments spécifiés peuvent inclure, entre autres, ce qui suit:

- le nombre de sorties numériques;
- le type de sortie numérique, tel que:
  - la sortie du relais du contact normalement ouvert,
  - la sortie du relais du contact normalement fermé,
  - la sortie du transistor avec source/puits;
- le niveau de tension d'isolement de la sortie;
- la tension maximale et le type (courant alternatif ou continu)
- le courant maximal et le type (courant alternatif ou continu);
- le délai de fonctionnement de la sortie;
- le délai de propagation entre l'entrée et la sortie.

NOTE Se reporter à l'IEC 61131-2 pour une liste plus exhaustive.

#### **4.4.4.2.6 Interface/accès de communication**

Les éléments spécifiés peuvent inclure, entre autres, ce qui suit:

- le nombre d'interfaces/accès de communication;
- le type d'interface/accès de communication:
  - l'interface/accès de mise en service et de maintenance,
  - l'interface de système automatique;
- le type de l'interface/accès physique (type de connecteur et de câble);
- le protocole utilisé;
- la vitesse maximale de transfert de données, en bits par seconde;
- la longueur maximale du câble qui peut être raccordé à l'interface/accès;
- le nombre maximal d'interfaces/accès qui peuvent être connectés au même câble de communication ou système de bus de communication.

Voir 4.11 pour plus d'informations concernant l'interface et les profils de communication génériques.

#### 4.5 Sécurité générale

Il est nécessaire d'étudier les considérations relatives à la protection contre les dangers thermiques et électriques du *BDM/CDM/PDS* lors de l'installation, ainsi que les conditions de fonctionnement et de maintenance normales pendant la durée de vie prévue du *BDM/CDM/PDS*, lors de la conception et de la construction du *BDM/CDM/PDS*. Il convient également d'inclure les dangers résultant d'une mauvaise utilisation raisonnablement prévisible.

La protection contre les dangers thermiques et les chocs électriques doit être maintenue tant dans des conditions de premier défaut que dans des conditions normales d'environnement et de fonctionnement spécifiées par le *fabricant*.

Le présent document ne fournit aucune exigence en matière d'évaluation de la sécurité du *BDM/CDM/PDS*, ce domaine étant couvert par la norme de sécurité des produits IEC 61800-5-1.

La conformité à l'IEC 61800-5-1 doit être démontrée par rapport à la protection contre les dangers thermiques et électriques.

#### 4.6 Sécurité fonctionnelle

La norme de sécurité des produits IEC 61800-5-2 fournit des exigences et des recommandations qui visent à prévenir les situations dangereuses occasionnées par une défaillance du *BDM/CDM/PDS*.

Exemples de fonctions de sécurité:

- démarrage intempestif;
- *vitesse*, couple ou température dépassant la valeur maximale admise.

Le présent document ne fournit aucune exigence en matière d'évaluation de la sécurité fonctionnelle du *BDM/CDM/PDS*, ce domaine étant couvert par la norme de sécurité fonctionnelle IEC 61800-5-2.

#### 4.7 CEM

Les *BDM/CDM/PDS* sont souvent installés dans des environnements industriels comprenant des équipements à puissance élevée et des commandes électroniques basse puissance. Dans ces environnements, les perturbations électromagnétiques prévalent sur le réseau à courant alternatif, sur les conducteurs utilisés pour les communications et les E/S entre les équipements, et rayonnent également dans l'air.

Dans d'autres applications utilisées dans des environnements commerciaux et résidentiels (les dépeceuses-découpeuses de viande, les remonte-pentes ou les ascenseurs, par exemple), les *BDM/CDM/PDS* peuvent fonctionner au voisinage des ordinateurs et des produits électroniques grand public. Il est important qu'un *PDS* offre une immunité suffisante aux perturbations électromagnétiques présentes dans l'environnement d'application, afin de fonctionner correctement et en toute fiabilité. Il est également important qu'un *BDM/CDM/PDS* ne génère pas de perturbations électromagnétiques qui interfèrent dans le bon fonctionnement d'autres équipements.

Les exigences visant à assurer la compatibilité électromagnétique du *BDM/CDM/PDS* avec différents environnements d'application sont fournies dans l'IEC 61800-3. L'IEC 61800-3 fait la distinction entre les environnements d'application dans lesquels le *BDM/CDM/PDS* est alimenté à partir:



- du réseau public basse tension (1<sup>er</sup> environnement), et
- des environnements d'application dans lesquels le *BDM/CDM/PDS* est alimenté à partir de réseaux d'alimentation privés (2<sup>e</sup> environnement).

L'IEC 61800-3 fournit les exigences en matière d'immunité aux perturbations basse fréquence, ainsi qu'aux perturbations haute fréquence, et les exigences en matière d'émissions basse et haute fréquences.

L'IEC 61800-3 ne définit pas les exigences d'immunité électromagnétique pour la sécurité fonctionnelle des *BDM/CDM/PDS*. Les spécifications en matière d'immunité électromagnétique dans les *BDM/CDM/PDS* liée à la sécurité fonctionnelle sont fournies dans l'IEC 61800-5-2.

## 4.8 Écoconception

### 4.8.1 Généralités

La consommation d'énergie pendant toute la durée de vie du *BDM/CDM/PDS*, y compris la fabrication, le transport, le fonctionnement et la mise au rebut, ainsi que les considérations relatives au choix, à l'utilisation et au recyclage des matières premières et des substances peuvent être prises en considération.

### 4.8.2 Efficacité énergétique et pertes de puissance

Une application directe de la série IEC 61800-9 au *BDM/CDM/PDS* à *courant continu* n'est pas possible, puisque cette série est destinée aux entraînements électriques de puissance des moteurs à courant alternatif. Toutefois, l'approche produit étendu (EPA) et le modèle semi-analytique (SMA) de l'IEC 61800-9-1 sont en principe applicables au *PDS* à *courant continu*. De même, le principe expliqué et décrit dans l'IEC 61800-9-2 peut être adapté au *BDM/CDM/PDS* à *courant continu* en vue du calcul des pertes de puissance.

### 4.8.3 Impact environnemental

Le *fabricant* peut fournir une Déclaration environnementale de produit (DEP) concernant l'impact environnemental, y compris la consommation d'énergie pendant la fabrication, le transport et la mise au rebut du *BDM/CDM/PDS*. Il convient que les informations relatives à la consommation d'énergie reposent sur un calcul intégrant la consommation d'énergie lors de la fabrication et du transport des composants individuels utilisés dans le *BDM/CDM/PDS*.

NOTE Aucune norme IEC associée au *PDS* n'est disponible au moment de l'élaboration du présent document. L'EN 50598-3 existe en Europe comme un document de référence qui permet de fournir une DEP.

## 4.9 Conditions d'environnement pour le service, le transport et l'entreposage

### 4.9.1 Généralités

Le comité de normes de produits pour la partie correspondante de l'IEC 61800 (toutes les parties) ou le *fabricant* doit choisir les conditions de service pour le fonctionnement selon le 4.9.3.

Les conditions d'environnement indiquées de 4.9.1 à 4.9.4 sont des exigences minimales. Des conditions plus sévères peuvent être spécifiées.

En 4.9, les valeurs des niveaux de sévérité décrits dans l'IEC 60721 (toutes les parties) avec une référence datée sont reproduites et fournies dans l'article approprié pour des raisons pratiques. Les niveaux sont informatifs et ceux décrits dans l'IEC 60721 (toutes les parties) prévalent en cas d'écart constatés.

## 4.9.2 Fonctionnement

### 4.9.2.1 Conditions climatiques

#### 4.9.2.1.1 Généralités

Le fabricant doit définir les conditions d'environnement de service du *BDM/CDM/PDS* selon le Tableau 13.

**Tableau 13 – Conditions d'environnement de service**

Condition	Non conditionné pour l'intérieur IEC 60721-3-3:1994 et IEC 60721-3-3:1994/ AMD1:1995, AMD2:1996	Non conditionné pour l'intérieur IEC 60721-3-3:1994 et IEC 60721-3-3:1994/ AMD1:1995, AMD2:1996	Non conditionné pour l'extérieur IEC 60721-3-4:1995 et IEC 60721-3-4:1995/ AMD1:1996
Conditions climatiques	Classe 3K2  (Température: 15 °C à 30 °C)  (Humidité: 15 % HR à 75 % HR / sans condensation)	Classe 3K3  (Température: 5 °C à 40 °C)  (Humidité: 15 % HR à 85 % HR /sans condensation)	Classe 4K6  (Température: -20 °C à 55 °C)  (Humidité: 15 % HR à 100 % HR / avec condensation)  La pluie, la neige et la grêle sont admises.
Degré de pollution conformément à l'IEC 60664-1	3 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	4 <sup>c</sup>
Catégorie de surtension	Voir l'IEC 61800-5-1		
Condition d'humidité de la peau humaine	Sèche	Mouillée <sup>a</sup>	Mouillée à l'eau salée <sup>a</sup>
Substances chimiquement actives	Classe 3C1  (Pas de brouillard salin)	Classe 3C1  (Pas de brouillard salin)	Classe 4C2  (Brouillard salin) <sup>a</sup>
Substances mécaniquement actives	Classe 3S1  (Aucune exigence)	Classe 3S1  (Aucune exigence)	Classe 4S2  (Poussière et sable)
Conditions mécaniques	Classe 3M1  (Vibrations: Tableau 16) (Chocs: Tableau 17)	Classe 3M1  (Vibrations: Tableau 16) (Chocs: Tableau 17)	Classe 4M1  (Vibrations: Tableau 16) (Chocs: Tableau 17)
Conditions biologiques	Classe 3B1  (Aucune exigence)	Classe 3B1  (Aucune exigence)	Classe 4B2  (Moisissure / champignons / rongeurs / termites)
Résistance aux UV	(Aucune exigence)	(Aucune exigence)	Oui <sup>d</sup>
Les conditions d'environnement ci-dessus sont des lignes directrices. Des conditions plus sévères peuvent être spécifiées.			
L'exposition aux ultraviolets (soleil), l'industrie alimentaire ou d'autres applications particulières. Marquage indiqué dans le manuel selon l'Article 6.			
<sup>a</sup> S'il est certain que l'équipement ne sera pas utilisé en atmosphère de brouillard salin, ni dans des conditions humides ou mouillées à l'eau salée, le <i>fabricant</i> peut choisir de concevoir l'équipement pour des conditions moins sévères. Pour les informations, voir 6.3.			
<sup>b</sup> Le degré de pollution 2 peut être fourni si les conditions de 4.9.2.1.2 sont satisfaites.			
<sup>c</sup> Le degré de pollution 2 ou 3 peut être fourni si l'enveloppe assure une protection suffisante contre la pollution conductrice et si les conditions de 4.9.2.1.2 sont satisfaites.			
<sup>d</sup> Le matériau évalué comme étant résistant aux UV doit être utilisé pour les applications soumises aux UV.			

Il convient d'inclure dans les conditions de service, le fonctionnement, le service et l'installation.

Dans le cas d'un *PDS intégré*, il convient que les conditions de service soient conformes aux conditions les plus sévères du Tableau 13 ou à celles de la norme pertinente pour le *moteur* (série IEC 60034).

Il convient que la classification IP du *BDM/CDM/PDS* soit conforme à l'IEC 61800-5-1.

Pour la conformité, voir 5.4.7.3 à 5.4.7.11 conformément aux conditions d'environnement spécifiées par le *fabricant*.

**Tableau 14 – Limite de température de l'agent de refroidissement pour les équipements intérieurs**

IEC 60146-1-1	Conditions	Agent de refroidissement	Température	
			Minimale	Maximale
Températures types de l'agent de refroidissement		Air	0 °C	40 °C
		Eau	5 °C	30 °C
		Huile	-5 °C	30 °C
Moyenne quotidienne (essais, spécification, vérification, à utiliser pour calculer la durée de vie prévue)		Air	--	30 °C
Moyenne annuelle (essais, spécification, vérification, à utiliser pour calculer la durée de vie prévue)		Air	--	25 °C

Pour les équipements extérieurs, la plage de températures doit être spécifiée en fonction de l'application.

Lorsque le *BDM/CDM/PDS* satisfait aux exigences du présent document uniquement aux conditions inférieures aux valeurs minimales ou supérieures aux valeurs maximales données dans le Tableau 14, cela doit faire l'objet d'un accord entre le *fabricant* et le client (noter que la conformité aux exigences uniquement à des niveaux supérieurs n'est pas réellement pertinente). Pour les informations, voir 6.3.

#### 4.9.2.1.2 Degré de pollution

La pollution a un impact sur l'isolation entre les circuits, et se produit pendant la durée de vie prévue du *BDM/CDM/PDS*. L'effet sur l'isolation peut affecter les performances du *BDM/CDM/PDS* en raison de dysfonctionnements.

Les conditions micro-environnementales pour l'isolation doivent être appliquées selon le Tableau 15.

**Tableau 15 – Définitions du degré de pollution**

Degré de pollution	Description
1	Il n'existe pas de pollution ou seulement une pollution sèche non conductrice. Cette pollution n'a aucun effet.
2	En principe, seule une pollution non conductrice apparaît. Cependant, il faut s'attendre à l'éventualité d'une conductivité momentanée provoquée par de la condensation.
3	Une pollution conductrice ou une pollution sèche non conductrice apparaît. Celle-ci devient conductrice sous l'effet de la condensation à laquelle il faut s'attendre.
4	La pollution génère une conductivité persistante causée, par exemple, par de la poussière conductrice, de la pluie ou de la neige.

Le Tableau 15 est présenté uniquement à titre de référence. Voir l'IEC 61800-5-1 pour les exigences relatives au choix du degré de pollution.

#### 4.9.2.2 Conditions de service mécanique de l'*installation* et exigences

##### 4.9.2.2.1 Généralités

Les conditions de vibrations, de chocs et de chute libre varient considérablement selon l'*installation* et l'environnement et sont très difficiles à spécifier. Pour les besoins du présent document, les conditions de service sont indirectement définies par les exigences en 4.9.2.2.2 et 4.9.2.2.3 pour un *BDM/CDM/PDS* à installation fixe.

D'autres conditions d'*installation* exigent un examen spécial et un accord entre le *fabricant* et le *client*. Pour les informations, voir 6.3.

##### 4.9.2.2.2 Installations fixes

Les *installations* fixes du *BDM/CDM/PDS* doivent être placées sur des surfaces de montage rigides qui n'affectent pas de manière sérieuse la ventilation ou le système de refroidissement.

L'expérience démontre que les équipements qui satisfont à l'essai de vibrations de 5.4.7.5 ou à l'essai de chocs de 5.4.7.6 conviennent à un environnement industriel sur des *installations* fixes.

Les vibrations doivent rester dans les limites des valeurs du Tableau 16. Ces valeurs sont considérées comme normales pour le matériel fixe.

**Tableau 16 – Limites de vibrations pour les *installations* fixes**

IEC 60721-3-3:1994 et IEC 60721-3-3:1994/ AMD1:1995, AMD2:1996 et IEC 60721-3-4:1995 et IEC 60721-3-4:1995/AMD1:1996 3M1 et 4M1		
Fréquence Hz	Amplitude mm	Accélération m/s <sup>2</sup>
9 ≤ f < 200	selon la fréquence	1
NOTE La plage de fréquences comprise entre 2 Hz et 9 Hz couvre les séismes, mais ces derniers ne sont pas couverts par le présent document. Les séismes peuvent être spécifiés. L'IEC 60721-2-6 donne des informations supplémentaires.		

Les vibrations supérieures à ces limites et l'utilisation sur des matériels non fixes sont considérées comme des conditions mécaniques inhabituelles.

La vérification est effectuée par l'essai de 5.4.7.5 qui est un essai d'accélération visant à démontrer l'aptitude du *BDM/CDM* à résister aux contraintes mécaniques pendant la durée de vie prévue.

Si les chocs doivent être pris en compte, les valeurs doivent rester dans les limites du Tableau 17.

**Tableau 17 – Limites de chocs pour les *installations fixes***

Choc	IEC 60721-3-3:1994 et IEC 60721-3-3:1994/ AMD1:1995, AMD2:1996 et IEC 60721-3-4:1995 et IEC 60721-3-4:1995/AMD1:1996 3M1 et 4M1
Accélération maximale	40 m/s <sup>2</sup>
Durée	22 ms

La vérification est effectuée par l'essai de 5.4.7.6 réalisé avec des valeurs plus élevées.

#### 4.9.2.2.3 *Installations fixes faisant partie intégrante d'une machine fixe*

Si le *BDM/CDM/PDS* fait partie intégrante d'une machine fixe qui génère des vibrations et des chocs pendant le fonctionnement, la contrainte mécanique peut être supérieure à celle indiquée dans le Tableau 16 et le Tableau 17. Si ces valeurs sont connues, le *fabricant* doit les utiliser pour les essais.

L'essai de chocs est recommandé si le *BDM/CDM/PDS* fait partie intégrante d'une machine fixe.

Si la contrainte mécanique dépasse les valeurs d'essai de 5.4.7.5 et 5.4.7.6, les valeurs doivent être spécifiées par le *client*, et le *fabricant* doit les utiliser pour les essais en tenant compte d'une marge.

#### 4.9.2.3 *Conditions d'environnement de service inhabituelles*

L'utilisation du *BDM/CDM/PDS* dans des conditions dépassant les conditions spécifiées énumérées en 4.9.2.1 et 4.9.2.2 doit être considérée comme inhabituelle.

Des conditions de service inhabituelles peuvent exiger une construction spéciale ou des protections particulières facultatives.

Exemples à prendre en considération:

- a) exposition à des gaz corrosifs;
- b) exposition à une humidité excessive (humidité relative supérieure à la valeur spécifiée);
- 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 vibrations, chocs ou basculements anormaux;
- h) exposition à des conditions d'entreposage ou de transport inhabituelles dépassant les valeurs du Tableau 18;
- i) exposition à des variations soudaines ou brutales de température;
- j) exigüité anormale de l'espace de montage;
- k) eau de refroidissement contenant des acides ou des impuretés, ce qui provoque un encrassement excessif, un dépôt de boues, une électrolyse ou de la corrosion;
- l) rayonnements nucléaires anormalement élevés;
- m) altitude pour les considérations thermiques, si elle est assignée pour un fonctionnement à plus de 1 000 m;
- n) altitude pour la coordination de l'isolement, si elle est assignée pour un fonctionnement à plus de 2 000 m (voir l'IEC 61800-5-1);

- o) longues périodes sans alimentation, spécifiées par le fournisseur;
- p) restriction importante concernant le bruit audible;
- q) exposition à des mélanges explosifs de poussières ou de gaz;
- r) exposition à l'air salin;
- s) équipement extérieur.

Les conditions de service inhabituelles doivent être spécifiées par le *client* en accord avec le *fabricant*.

#### **4.9.2.4 Installation, mise en service et fonctionnement**

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

#### **4.9.2.5 Pression acoustique et niveau sonore**

Les équipements comportant du *BDM/CDM/PDS* peuvent produire des émissions sonores plus importantes pour plusieurs raisons.

Les équipements refroidis par air peuvent produire des émissions sonores plus importantes en raison du bruit créé par les ventilateurs et les moteurs qui refroidissent l'équipement.

Les transformateurs et les bobines d'inductance peuvent produire des émissions sonores plus importantes en raison du bruit créé par les courants non sinusoïdaux.

Les moteurs peuvent produire des émissions sonores plus importantes en raison de l'usure des paliers et d'autres frottements mécaniques.

Les équipements refroidis à l'eau peuvent produire des émissions sonores plus importantes en raison du moteur et de la pompe prévus pour le refroidissement.

Quoi qu'il en soit, ces éléments ont tous un effet pondéré sur le bruit global créé par le système. Il s'agit là d'un élément important à prendre en considération dans la conception du système en matière de performance, de fonctionnalité et de sécurité.

Pour la sécurité associée à la pression acoustique et au niveau sonore, voir l'IEC 61800-5-1 pour les *BDM/CDM/PDS*, l'IEC 60076-1 pour les transformateurs, ainsi que l'IEC 60034-9 et l'IEC 60034-25 pour les *moteurs à courant continu*.

Les informations liées à la pression acoustique et au niveau sonore peuvent être obtenues auprès des *fabricants* des différents équipements utilisés pour fabriquer le *PDS*. Elles peuvent ensuite être utilisées pour procéder à une estimation de l'effet que ce nouveau matériel peut avoir sur les niveaux sonores présents sur le site d'installation. Cependant, leur plus grande utilité est de servir à mesurer la pression acoustique et le niveau sonore après l'installation du matériel pour déterminer de manière définitive comment respecter les lois locales et garantir l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés, en cas de besoin.

Pour la conformité voir 5.4.2.8.3.

### **4.9.3 Entreposage et transport du matériel**

#### **4.9.3.1 Conditions climatiques**

Dès réception, le *BDM/CDM/PDS* doit être placé sous un abri adéquat conformément aux limites du Tableau 18, si l'emballage n'est généralement pas prévu pour un entreposage extérieur ou non protégé.

**Tableau 18 – Limites d'entreposage et de transport**

	Entreposage conformément à l'IEC 60721-3-1:1997 dans un emballage produit jusqu'à 6 mois	Transport conformément à l'IEC 60721-3-2:1997 dans un emballage d'expédition pendant plus de 6 mois
<b>Classe climatique</b>	1K4	2K4
<b>Température ambiante <sup>c</sup></b>		
<b>Min</b>	-25 °C	-40 °C
<b>Max</b>	55 °C	70 °C
<b>Conditions d'environnement biologiques</b>	1B1 <sup>a</sup>	2B1 <sup>a</sup>
<b>Conditions d'environnement chimiquement actives</b>	1C2	2C2
<b>Variations de température maximales admises</b>	0,5 K/min en valeur moyenne sur 5 min; équivalent à 30 K/h	Variation directe air/air -40 °C à 30 °C à 95 %
<b>Humidité de l'air relative/absolue<sup>d</sup></b>	1K3 (5 % HR à 95 % HR)	2K4 (5 % HR à 95 % HR)
<b>Pluie</b>	Non admis	6 mm/min <sup>b</sup>
<b>Eau, sauf la pluie</b>	Non admis	1 m/s et surfaces de chargement mouillées <sup>b</sup>
<b>Pression atmosphérique</b>		
<b>Min</b>	Au-dessus de 70 kPa ou en dessous de 3 000 m au-dessus du niveau de la mer	
<b>Max</b>	En dessous de 106 kPa ou au-dessus du niveau de la mer.	
<b>Condensation, eau de rinçage et glace</b>	Admis	
<b>Brouillard salin</b>	Admis	
<b>Rayonnement solaire</b>	1 120 W/m <sup>2</sup>	
<b>Vibrations</b>	1M2	2M3
<sup>a</sup> Moisissure/champignons/rongeurs/termites et autres nuisibles non admis. <sup>b</sup> Dans l' <i>emballage d'expédition</i> maritime et résistant aux intempéries (conteneur). <sup>c</sup> Les limites de température se réfèrent à la température ambiante qui entoure immédiatement le matériel (par exemple, à l'intérieur d'un conteneur). Des limites inférieures pour la température la plus élevée sont possibles, à condition qu'un avertissement soit donné. Ces limites s'appliquent lorsque le liquide de refroidissement est retiré. <sup>d</sup> Certaines combinaisons de température et d'humidité peuvent provoquer de la condensation.		

#### 4.9.3.2 Conditions climatiques inhabituelles

Lorsque le matériel est transporté à des températures inférieures à celles recommandées par le *fabricant*, un moyen de transport par réchauffage ou une protection thermique spéciale ou le retrait de certains composants sensibles aux basses températures peut être exigé.

#### 4.9.4 Conditions mécaniques

Il convient de pouvoir transporter l'équipement dans l'*emballage produit* et l'*emballage d'expédition*, dans les limites spécifiées par la classe 2M1 de l'IEC 60721-3-2:1997 ou dans les limites spécifiées par le *fabricant*.

Cela inclut les éléments suivants: les vibrations indiquées dans le Tableau 19 et la chute libre indiquée dans le Tableau 20.

**Tableau 19 – Limites de vibrations au cours du transport**

Fréquence Hz	Amplitude mm	Accélération m/s <sup>2</sup>
$2 \leq f < 9$	3,5	selon la fréquence
$9 \leq f < 200$	selon la fréquence	10
$200 \leq f < 500$	selon la fréquence	15

**Tableau 20– Limites de chute libre au cours du transport**

Poids d'expédition avec emballage  kg	Hauteur de chute libre aléatoire mm		Nombre de chutes
	IEC 60721-3-2:1997 (2M1)		
	<i>Avec emballage produit</i>	<i>Avec emballage d'expédition</i>	
$w < 20$	250		5
$20 \leq w < 100$	250		5
$w \geq 100$	100		5

NOTE Des exigences plus sévères peuvent être consultées dans l'IEC 61131-2.

Si une chute libre et des vibrations sont prévues au-delà de ces limites, des conditions spéciales d'emballage ou de transport sont exigées.

Si des conditions d'environnement moins sévères ont été identifiées, l'emballage peut tenir compte de ces exigences réduites.

Il convient que le transformateur principal (le cas échéant) et le moteur soient conformes à leurs normes de produit applicables (série IEC 60076 et série IEC 60034 respectivement, ou un équivalent reconnu au niveau national).

#### 4.9.5 Dangers spécifiques d'entreposage

Les points suivants exigent une attention particulière:

- a) l'eau – sauf pour les équipements spécifiquement conçus pour être installés à l'extérieur: il convient que les équipements soient protégés de la pluie, de la neige, du grésil, etc.;
- b) la condensation – il convient d'éviter les variations soudaines de température et d'humidité;
- c) les matériaux corrosifs – il convient de protéger l'équipement contre le brouillard salin, les gaz dangereux, les liquides corrosifs, etc.;
- d) la durée – les spécifications ci-dessus s'appliquent à l'expédition et à l'entreposage d'une durée totale pouvant aller jusqu'à six mois; des durées d'entreposage plus longues peuvent exiger une attention particulière (c'est-à-dire une plage de températures ambiantes réduite comme dans la classe 1K3 de l'IEC 60721-3-1);
- e) rongeurs et champignons – lorsque les conditions d'entreposage sont susceptibles d'entraîner une attaque de rongeurs ou de champignons, il convient d'inclure dans les spécifications de l'équipement des éléments de protection:
  - 1) contre les rongeurs – il convient de spécifier les matériaux externes à l'équipement et la taille des ouvertures pour le refroidissement, la connexion, etc. de manière à décourager l'attaque ou l'entrée des rongeurs;



- 2) contre les champignons – il convient de spécifier les matériaux de manière à obtenir un degré de résistance aux champignons adapté aux environnements d'entreposage et d'exploitation.

#### 4.9.6 Essais d'environnement de service (essai de type)

Des essais d'environnement de service peuvent être exigés pour établir le fonctionnement du *BDM/CDM/PDS* aux limites extrêmes de la classification environnementale (voir Tableau 21) à laquelle il est soumis.

Si des considérations de taille ou de puissance empêchent la réalisation de ces essais sur le *BDM/CDM/PDS* complet, des essais sur les parties individuelles considérées comme étant essentielles au fonctionnement du *BDM/CDM/PDS* sont permis.

Lors des essais séparés des composants ou des sous-ensembles, la température lors de l'essai de chaleur sèche doit être choisie de manière à simuler l'utilisation réelle dans le produit final. Le composant ou sous-ensemble doit être alimenté en simulant les mêmes conditions que celles du produit final.

Le Tableau 21 présente les essais normalisés à réaliser pour les différentes conditions d'environnement de service.

Les comités de normes de produits propres aux parties correspondantes de la série IEC 61800 ou le *fabricant* doivent choisir les essais pertinents.

La conformité est démontrée en réalisant les essais de 5.4.7.3 à 5.4.7.11 selon le cas, pour les conditions d'environnement de service spécifiées par le *fabricant*.

Lorsque le *BDM/CDM/PDS* doit fonctionner dans des conditions hors de la plage de valeurs donnée dans le présent document, les conditions d'essai doivent alors être spécifiées, telles que définies dans l'enquête individuelle ou la spécification d'achat particulière. Dans tous les cas, les exigences d'essai ne doivent pas être moins contraignantes que les conditions de fonctionnement spécifiées.

**Tableau 21 – Essais d'environnement de service**

Condition d'essai	Conditionné pour l'intérieur IEC 60721-3-3:1996	Non conditionné pour l'intérieur IEC 60721-3-3:1996	Non conditionné pour l'extérieur IEC 60721-3-4:1995 et IEC 60721-3-4:1995/ AMD1:1996
<b>Conditions climatiques</b>	Température (voir 5.4.7.3) Chaleur humide (voir 5.4.7.4)	Température (voir 5.4.7.3) Chaleur humide (voir 5.4.7.4)	Température (voir 5.4.7.3) Chaleur humide (voir 5.4.7.4)
<b>Substances chimiquement actives</b>	-	-	Brouillard salin <sup>a</sup> (voir 5.4.7.7)
<b>Eau</b>	-	Essai en eau (voir 5.4.7.10)	Essai en eau (voir 5.4.7.10)
<b>Substances mécaniquement actives</b>	-	Poussière (voir 5.4.7.8)	Poussière et sable (voir 5.4.7.8, et 5.4.7.9)
<b>Conditions mécaniques</b>	Vibrations (voir 5.4.7.5) Chocs (voir 5.4.7.6)	Vibrations (voir 5.4.7.5) Chocs (voir 5.4.7.6)	Vibrations (voir 5.4.7.5) Chocs (voir 5.4.7.6)
<b>Conditions biologiques</b>	-	-	-
<sup>a</sup> S'il est certain que l'équipement ne sera pas utilisé en atmosphère de brouillard salin, ni dans des conditions humides ou mouillées à l'eau salée, le <i>fabricant</i> peut choisir de concevoir l'équipement pour des conditions moins sévères. Pour les informations, voir 6.2.			

Lorsque des conditions d'environnement spéciales sont spécifiées, des essais supplémentaires (pour les substances chimiquement actives, par exemple) doivent être envisagés.

Dans le cas d'un *PDS intégré*, les conditions d'essai doivent être conformes aux essais les plus sévères du Tableau 19 ou à ceux de la norme pertinente pour le *moteur* (série IEC 60034).

#### 4.10 Types de profils de régime de charge

Les caractéristiques de performances générales du *CDM* sont spécifiées en 4.4, qui couvre la plupart des applications communes.

Concernant les applications particulières pour lesquelles d'autres profils de charge sont demandés, l'IEC TR 61800-6 fournit des informations supplémentaires relatives aux caractéristiques assignées du courant du *CDM* pour différents types de profils de charge couvrant les aspects de l'équipement, des assemblages et du système.

Il s'agit des profils de charge tels que:

- profils de charge uniforme;
- profils de charge de pointe intermittente;
- régime de charge intermittente;
- régime de charge intermittente avec intervalles à vide;
- régime de charge répétitive;
- régime de charge non répétitive.

L'IEC TR 61800-6 spécifie également les classes de service des classes industrielles non répétitives (IG à VG).

La conformité aux cycles de service spéciaux selon l'IEC 60034-1 (S1 à S10) pour les machines tournantes, peut être spécifiée par le *fabricant* suivant les recommandations de l'IEC TR 61800-6.

#### 4.11 Interface générique et utilisation de profils pour les *PDS*

Les *BDM/CDM/PDS* utilisés dans les applications industrielles s'interfacent généralement avec un ou plusieurs systèmes de commande externes coordonnant le fonctionnement de plusieurs *PDS*.

Souvent, le système de commande est séparé du dispositif d'entraînement et peut être composé

- d'un ou de plusieurs automates programmables (PLC, programmable logic controller en anglais), et/ou
- d'un système de commande réparti (DCS, distributed control system en anglais), et/ou
- d'une commande de processus.

NOTE 1 Le logiciel du système de commande peut être partiellement ou entièrement intégré au *BDM/CDM/PDS*.

L'IEC 61800-7 (toutes les parties) définit un moyen d'accéder aux fonctions et données d'un *BDM/CDM/PDS* en fournissant une série de profils de communication et d'interfaces bien définis. Il s'agit de définir un modèle d'entraînement commun comportant des fonctions génériques et des objets pouvant être mis en correspondance dans des interfaces/*accès* de communication différents.

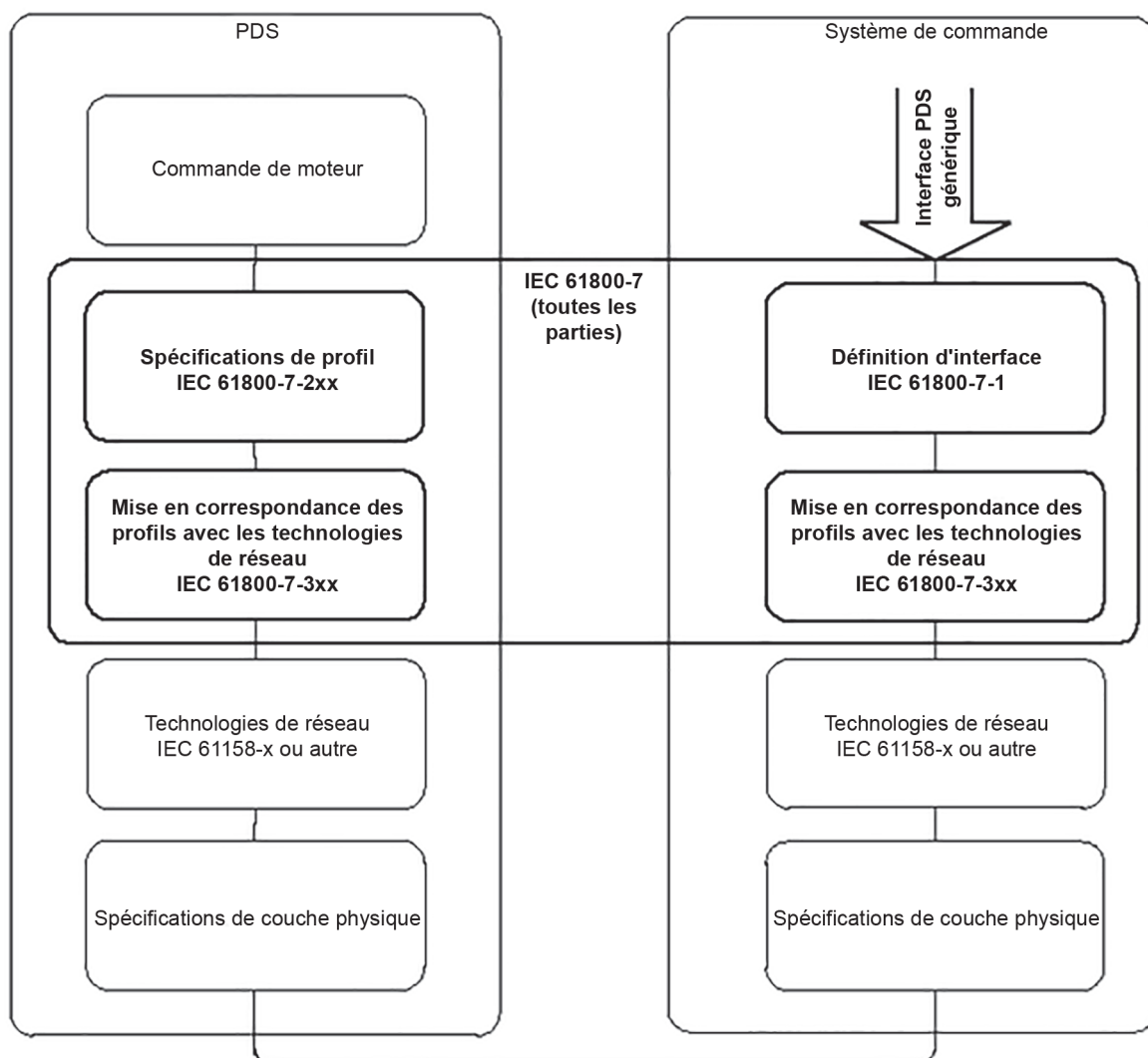
Du point de vue du logiciel de commande, les fonctions de communication et de commande d'un *BDM/CDM/PDS* peuvent être caractérisées par des profils. Le profil d'un dispositif *BDM/CDM/PDS* est une représentation des paramètres et du comportement

du *BDM/CDM/PDS* qui peut être utilisée pour faciliter la commande du *BDM/CDM/PDS*. Ce profil de dispositif peut alors être mis en correspondance dans différentes technologies de réseau (les "profils de communication" de la série de bus de terrain IEC 61158, par exemple) afin de faciliter la commande d'un *BDM/CDM/PDS* sur un réseau.

L'IEC 61800-7 (toutes les parties) définit une interface générique et des profils pour les *BDM/CDM/PDS* à utiliser avec un système de commande. Elle est composée des parties suivantes;

- l'IEC 61800-7-1, qui définit les exigences d'une interface générique avec le logiciel de commande;
- l'IEC 61800-7-2xx, qui spécifient différents profils d'entraînement;
- l'IEC 61800-7-3xx, qui spécifient les mises en correspondance des profils de dispositif dans différentes technologies de réseau.

La relation de l'IEC 61800-7 (toutes les parties) avec le logiciel de système de commande et le *BDM/CDM/PDS* est représentée à la Figure 15 ci-dessous.



IEC

**Figure 15 – Exemple de relation de l'IEC 61800-7 (toutes les parties) avec le logiciel de système de commande et le *BDM/CDM/PDS***

NOTE 2 D'autres technologies de réseau peuvent s'appliquer (par exemple, celles définies dans l'EN 50325-4 ou d'autres).

Pour la conformité, voir 5.4.8.

#### **4.12 Tension sur l'interface de puissance**

L'interface de tension entre le *CDM* et le *moteur* est une rubrique qui peut exiger une attention particulière, visant à assurer la compatibilité entre le *CDM* et le *moteur*.

Pour les applications dont l'interface de tension revêt une importance particulière, l'IEC TS 61800-8 peut fournir des informations supplémentaires relatives à la détermination des tensions sur l'*interface de puissance*.

Pour la conformité, voir 5.4.2.8.5.

#### **4.13 Environnement explosif**

Les *PDS* peuvent être utilisés dans des applications en atmosphères explosives. Les éléments pris en considération tiennent compte du fait que le *BDM/CDM* et/ou le *moteur* se situent ou non dans une atmosphère explosive, ainsi que du fait que le *BDM/CDM* prévoit un système de commande de sécurité associé à un danger relatif à l'atmosphère explosive.

Les exigences visant à obtenir le niveau de sécurité nécessaire ont été définies dans l'IEC 60079 (toutes les parties).

NOTE 1 Le projet de la future IEC 60079-42 donne des informations supplémentaires concernant les exigences minimales des dispositifs de sécurité exigés pour le fonctionnement en toute sécurité des équipements par rapport aux risques d'explosion.

NOTE 2 La 2<sup>e</sup> édition de l'IEC 61800-5-2 ne met plus en œuvre les informations appropriées concernant le *PDS* utilisé dans les systèmes de sécurité relatifs aux atmosphères explosives. Toutes ces informations sont désormais prises en considération dans les différentes parties de la série IEC 60079 en cours de révision.

## **5 Essai**

### **5.1 Généralités**

Les paragraphes 5.2 à 5.4 donnent les recommandations en matière d'essai afin de démontrer la conformité à l'exigence de l'Article 4, comme convenu entre le *fabricant* et le *client* ou spécifié par les comités de normes de produits.

### **5.2 Exécution des essais**

#### **5.2.1 Conditions générales**

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

Cette recommandation souligne par conséquent que les essais peuvent être normalement limités aux essais dans les locaux du fabricant réalisés sur le *BDM/CDM/PDS* et les composants séparés.

Lorsque le client ou son représentant souhaite assister à des essais en usine, cela doit être spécifié sur la base d'un accord particulier entre les parties. Le fournisseur de système ne doit pas procéder au-delà des essais certifiés sans l'acceptation des essais par le client ou son représentant ou sans sa renonciation.

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

### 5.2.2 Conditions de mise à la terre du système d'alimentation

Des *essais de type* doivent être réalisés pour vérifier les performances du *BDM/CDM* complet avec les systèmes acceptables de mise à la terre. Ceux-ci peuvent comprendre les systèmes suivants:

- neutre à la terre;
- phase à la terre;
- neutre impédant;
- neutre isolé (non mis à la terre).

NOTE Se référer aux schémas de mise à la terre de l'alimentation de l'IEC 60364-1.

Pour de plus amples informations, voir 6.3.

### 5.3 Essais normalisés pour le *BDM/CDM/PDS*

#### 5.3.1 Généralités

Le Tableau 22 présente de manière générale l'essai applicable qui peut être choisi pour démontrer la conformité à l'exigence indiquée à l'Article 4.

**Tableau 22 – Présentation générale des essais**

Essai	Type	Individuel de série	Échantillon	Exigence(s)	Référence
<b>Inspections visuelles</b>	X	X	X	4.1	5.4.1
<b>Caractéristiques assignées</b>	X			4.3	5.4.2
<b>Caractéristiques assignées en entrée</b>				4.3.2	5.4.2.4
<i>Tension</i> et fréquence d'entrée	X			4.3.2.1	5.4.2.4.2
<i>Courants d'entrée</i>	X			4.3.2.2	5.4.2.4.3
<b>Caractéristiques assignées en sortie</b>	X			4.3.3	5.4.2.5
Caractéristiques permanentes assignées en sortie	X			4.3.3.2	5.4.2.5.3 5.4.2.5.4
Capacités de surintensité et de couple	X			4.3.3.3	5.4.2.5.5
<b>Quadrants de fonctionnement</b>				4.3.4	
Fonctionnement dans les quadrants II et IV	X			4.3.4.2	5.4.2.5.6
<b>Essais supplémentaires pour les caractéristiques assignées spéciales</b>				4.3.6	5.4.2.7
Mesurage du <i>facteur de puissance</i>	X				5.4.2.7.2
Répartition de courant	X				5.4.2.7.3
Répartition de tension					5.4.2.7.4
Vérification des dispositifs auxiliaires	X	X			5.4.2.7.5
Vérification des mesures de protection	X				5.4.2.7.6

Essai	Type	Individuel de série	Échantillon	Exigence(s)	Référence
Fonctionnalités dans les conditions de service inhabituelles	X				5.4.2.7.7
<b>Essais supplémentaires (effets sur le moteur) pour un dimensionnement particulier</b>					
Vibrations du <i>moteur</i>	X			4.3.6	5.4.2.8
Pression acoustique et niveau sonore	X			4.9.2.5	5.4.2.8.3
Courant induit dans les paliers	X				5.4.2.8.4
Isolation du <i>moteur</i>	X				5.4.2.8.5
Essai aux étincelles					5.4.1
<b>Performances en régime établi</b>	X			4.4.1.2	5.4.2.9
<b>Performances dynamiques et caractéristiques assignées</b>					
Limite de courant et boucle de courant	X			4.4.1.3	5.4.2.10
Boucle de vitesse	X				5.4.2.10.2
Pulsations de couple	X				5.4.2.10.3
Redémarrage automatique	X				5.4.2.10.4
Traitement des défauts	X			4.4.1	5.4.2.10.5
Dispositifs E/S	X			4.4.2	5.4.2.11
				4.4.4	5.4.2.12
<b>Sécurité générale</b>					
Sécurité générale	X	X	X	4.5	5.4.3
<b>Sécurité fonctionnelle</b>					
Sécurité fonctionnelle	X			4.6	5.4.4
<b>CEM</b>					
CEM	X			4.7	5.4.5
<b>Écoconception</b>					
Écoconception	X			4.8	5.4.6
<b>Conditions d'environnement</b>					
Conditions d'environnement	X			4.9	5.4.7
Essai de température	X			4.9.1, 4.9.2, 4.9.3, 4.9.4,	5.4.7.3
Essai de chaleur humide	X				5.4.7.4
Essai de vibrations	X				5.4.7.5
Essai de chocs	X				5.4.7.6
Essai au brouillard salin	X				5.4.7.7
Essai de poussière	X				5.4.7.8
Essai de sable	X				5.4.7.9
Essai en eau	X				5.4.7.10
Essai de pression hydrostatique	X	X			5.4.7.11
<b>Profils de communication</b>					
Profils de communication	X			4.11	5.4.8
<b>Tension sur l'interface de puissance</b>					
Tension sur l'interface de puissance				4.12	5.4.2.8.5
<b>Environnement explosif</b>					
Environnement explosif				4.13	5.4.9

### 5.3.2 Essai des produits de masse

Les comités de normes de produits propres aux autres parties de la série IEC 61800 peuvent choisir les essais du Tableau 22 et les classer en essai de *type*, *essai sur prélèvement* ou *essai individuel de série*.

### 5.3.3 Essai de produits en exemplaire unique

Les comités de normes de produits propres aux autres parties de la série IEC 61800 peuvent choisir les essais du Tableau 22 en considérant que certains essais ne peuvent pas être réalisés.

## 5.4 Spécifications d'essai

### 5.4.1 Inspections visuelles (*essai de type*, *essai sur prélèvement* et *essai individuel de série*)

Des inspections visuelles doivent être effectuées:

- comme *essais individuels de série*, pour vérifier les fonctionnalités telles que l'adéquation de l'étiquetage, des avertissements et d'autres aspects;
- comme critères d'acceptation des *essais de type* individuels, des *essais sur prélèvement* ou des *essais individuels de série*, pour vérifier que les exigences du présent document ont été satisfaites.

Les inspections visuelles de l'*essai individuel de série* peuvent faire partie du processus de production ou d'assemblage.

Avant un *essai de type*, il faut vérifier que le *BDM/CDM/PDS* fourni pour l'essai est tel que prévu eu égard à la tension d'alimentation, aux plages d'entrées et de sorties, etc.

Pour un *moteur à courant continu*, la commutation est classée par observation visuelle selon le Tableau 23 ci-dessous.

**Tableau 23 – Classification de la 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 %			■			■			■	

## 5.4.2 Essais de performances et essais de dimensionnement

### 5.4.2.1 Généralités

Le fonctionnement satisfaisant de l'équipement doit être également vérifié dans toute la plage de tensions d'alimentation pour laquelle il est conçu, si toutefois cela n'a pas déjà été effectué dans un autre essai (vérification des dispositifs de protection, par exemple). Pour l'essai de type, la fonction de l'équipement est vérifiée aux valeurs maximale et minimale de chaque plage de tensions d'entrée.

Dans le cadre des essais de dimensionnement en entrée et en sortie de 5.4.2.4 et 5.4.2.5, les données suivantes sont mesurées:

- la plage de tensions  $U_L$ , la plage de courants  $I_L$  et la plage de fréquences  $f_L$  à l'entrée du transformateur d'entrée (le cas échéant);
- la plage de tensions  $U_v$ , la plage de courants  $I_v$  et la plage de fréquences  $f_v$  à l'entrée du BDM;
- la plage de puissances actives  $P_v, P_L$ , et la plage de puissances apparentes d'entrée  $S_v, S_L$  à l'entrée du BDM/CDM/PDS;
- la plage de tensions  $U_d$ , la plage de courants  $I_d$ , et la puissance  $P_d$  à la sortie du BDM;
- la plage de tensions  $U_D$ , la plage de courants  $I_D$ , le courant d'excitation  $I_F$  et la puissance  $P_D$  à la sortie du CDM;
- la plage de couples  $M$ , la plage de puissances  $P_s$  et la plage de vitesses  $N$  au niveau de l'arbre du moteur;



NOTE 1 Les tensions  $U_d$  et  $U_D$  sont mesurées par un appareil d'exactitude type et adéquate pour indiquer la valeur moyenne de la tension de sortie du *convertisseur*. Les courants  $I_L$  et  $I_V$  sont mesurés par un ampèremètre à courant alternatif d'exactitude adéquate pour indiquer la valeur efficace du courant total. Les courants  $I_d$  et  $I_D$  sont mesurés par un ampèremètre à courant continu d'exactitude adéquate pour indiquer la valeur moyenne du courant total.

NOTE 2 La charge est constituée par l'équipement entraîné, ou pour les besoins des essais, par une charge simulant celui-ci.

Le *BDM/CDM/PDS* doit satisfaire à la fonctionnalité et aux performances définies par la spécification des *exigences*.

La charge et la fonctionnalité spécifiées en 5.4.2.3 peuvent être utilisées pour démontrer la conformité.

Dans des cas particuliers, le *fabricant* et le *client* peuvent convenir si les essais de performances et les essais de dimensionnement doivent être répétés, en étant combinés à un *essai de réception* sur le site du *fabricant* ou un *essai de mise en service* sur site.

Voir le circuit de mesure à la Figure 16. Dans cette figure, les variables physiques sont mesurées directement ou calculées à partir de mesurages indirects.

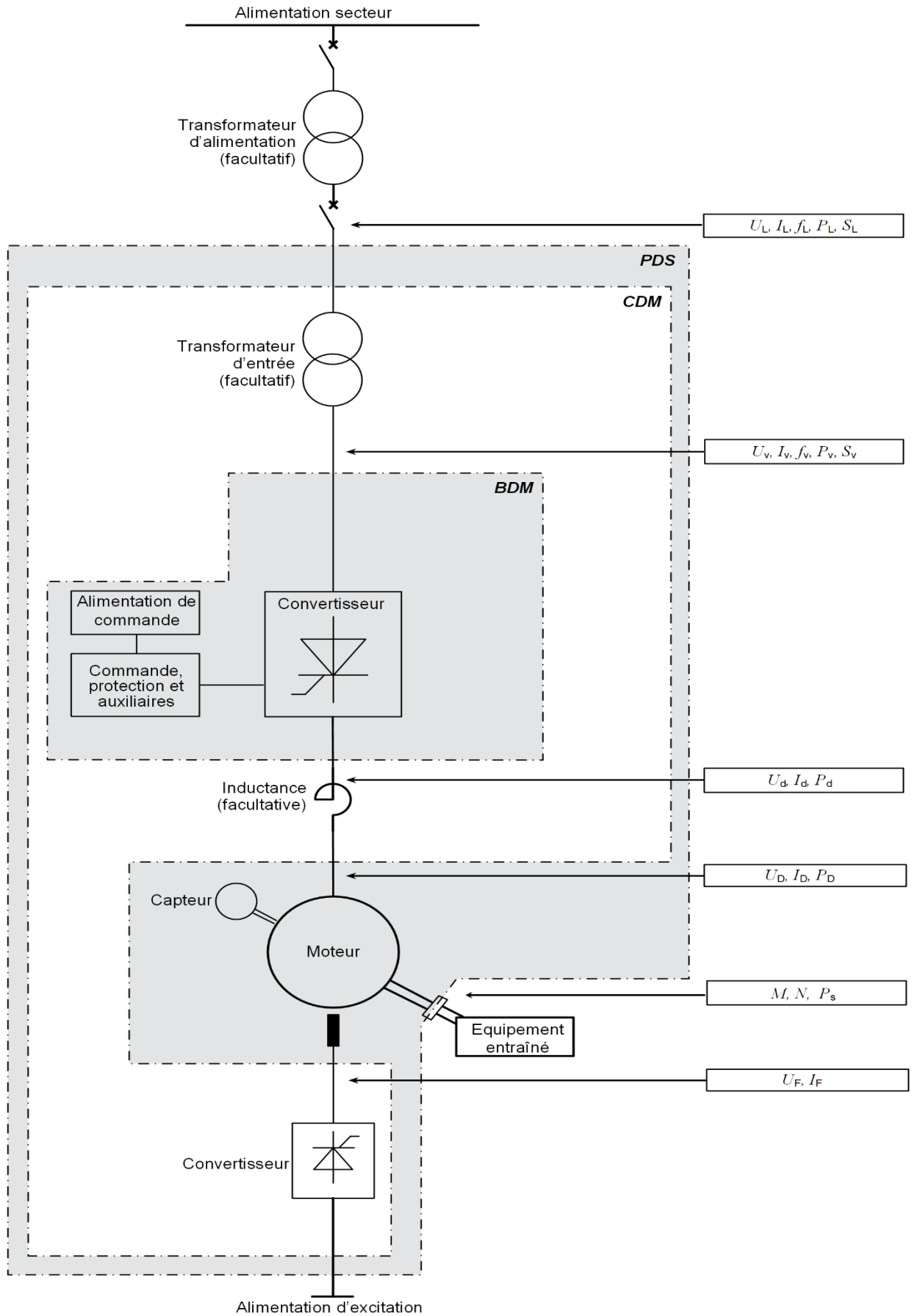


Figure 16 – Circuit de mesure d'un PDS

#### **5.4.2.2 Instrumentation nécessaire pour les essais de performances**

Les *courants de sortie* et les *tensions de sortie* des *convertisseurs* comportent un résidu d'*ondulations* variable, en fonction de la topologie du convertisseur et des paramètres électriques du *moteur à courant continu*.

#### **5.4.2.3 Charge et fonctionnalité/performances**

En fonction de la spécification du *BDM/CDM/PDS*, le *fabricant* peut choisir de spécifier un programme d'essai de charge et de fonctionnalité/performances, dans lequel les performances et la fonctionnalité spécifiées peuvent être démontrées dans les conditions spécifiées par le *fabricant*.

L'arbre du *moteur* est accouplé à une charge qui est capable de présenter à l'entraînement soumis à l'essai des conditions qui peuvent démontrer le bon fonctionnement du système de commande. Il convient de choisir le *moteur* pour qu'il absorbe un courant suffisant permettant de démontrer le bon fonctionnement du *BDM/CDM*.

Un essai à vide peut être effectué.

NOTE La charge est constituée par l'équipement entraîné, ou pour les besoins des essais, par une charge simulant celui-ci.

#### **5.4.2.4 Caractéristiques assignées en entrée**

##### **5.4.2.4.1 Généralités**

Les caractéristiques assignées en entrée spécifiées selon 4.3.2 du *BDM/CDM/PDS* doivent être vérifiées dans les conditions assignées de tension, de courant et de fréquence.

Voir également Annexe B.

##### **5.4.2.4.2 Tension d'entrée et fréquence d'entrée**

Dans les conditions de *tension d'entrée* et de *fréquence d'entrée* spécifiées par le *fabricant*, la fonctionnalité et les performances spécifiées du *BDM/CDM/PDS* doivent être vérifiées.

##### **5.4.2.4.3 Courant d'entrée**

Conformément à l'essai de 5.4.2.4.2 démontrant la conformité aux conditions de *tension d'entrée* et de *fréquence d'entrée* spécifiées par le *fabricant*, la plage de *courants d'entrée* doit être mesurée et spécifiée pour le *BDM/CDM/PDS*.

#### **5.4.2.5 Caractéristiques assignées en sortie**

##### **5.4.2.5.1 Généralités**

Les caractéristiques assignées en sortie spécifiées selon 4.3.3 du *BDM/CDM/PDS* doivent être vérifiées dans les conditions assignées.

##### **5.4.2.5.2 Caractéristiques assignées de tension**

Les caractéristiques assignées de tension du *BDM/CDM* spécifiées par le *fabricant* selon 4.3.3.1, doivent être vérifiées par un essai.

##### **5.4.2.5.3 Caractéristiques assignées de couple et de courant**

Les caractéristiques assignées de couple et de courant du *BDM/CDM/PDS*, spécifiées par le *fabricant* selon 4.3.3.2, doivent être vérifiées par un essai.

NOTE Le couple peut être mesuré indirectement, par un calcul utilisant, par exemple, la puissance et la *vitesse*, etc.

#### 5.4.2.5.4 Plage de vitesses

La plage de vitesses de fonctionnement du *PDS*, spécifiée par le *fabricant* selon 4.3.3.2, doit être vérifiée par un essai.

#### 5.4.2.5.5 Capacité de surintensité/surcouple

La capacité de surintensité du *BDM/CDM* et la capacité de surcouple du *PDS*, spécifiées par le *fabricant* selon 4.3.3.3, doivent être vérifiées par un essai.

#### 5.4.2.5.6 Quadrants de fonctionnement

Les quadrants de fonctionnement du *BDM/CDM/PDS*, spécifiés par le *fabricant* selon 4.3.4, doivent être vérifiés.

#### 5.4.2.6 Vérification des fonctionnalités de l'équipement de commande

Il n'est pas possible de vérifier les fonctionnalités de l'équipement de commande dans toutes les conditions de charge qui peuvent être rencontrées en application chez l'*utilisateur final*. Toutefois, l'équipement doit être vérifié de préférence avec un *moteur* de puissance assignée similaire. Si cela ne peut être réalisé, l'essai peut être effectué avec un *moteur* de puissance inférieure, avec une mise à l'échelle appropriée des grandeurs de réaction.

Pour vérifier l'équipement de commande à différentes *vitesse*s en régime établi, c'est-à-dire minimales et maximales, l'*essai individuel de série* peut être effectué, si le *fabricant* le spécifie, avec un *moteur* à vide. Les performances dynamiques doivent être vérifiées durant les transitions de *vitesse*. Il peut être utile d'ajouter des charges d'inertie au *moteur*, pour que le *BDM/CDM* fournisse le courant de limite (s'il existe) durant l'accélération. La vérification du ralentissement doit être compatible avec la conception de l'équipement.

Pour les performances en régime établi, voir 5.4.2.9.

Pour les performances dynamiques et les caractéristiques assignées, voir 5.4.2.10.

#### 5.4.2.7 Essais supplémentaires pour un dimensionnement particulier

##### 5.4.2.7.1 Généralités

Les essais supplémentaires visent à démontrer la conformité à certaines fonctionnalités associées à des applications particulières.

##### 5.4.2.7.2 Facteur de puissance

Le mesurage en entrée du *facteur de puissance* du *BDM/CDM/PDS* doit être réalisé dans les conditions de fonctionnement assignées.

##### 5.4.2.7.3 Répartition de courant

Si des dispositifs ou équipements connectés en parallèle sont utilisés dans le *PDS*, la répartition de courant doit être vérifiée. Cet essai doit être réalisé au *courant de sortie assigné*.

Des exemples de configurations parallèles sont donnés ci-dessous:

- une section de *convertisseur* comportant deux ponts convertisseurs ou plus;
- une section de *convertisseur* comportant deux valves à semiconducteurs par bras ou plus;
- une section de *moteur* avec enroulements en parallèle.

Il faut vérifier que la répartition de courant est telle qu'aucun dispositif ne subit, dans les conditions de fonctionnement les plus défavorables, des contraintes dépassant les valeurs de conception.

#### **5.4.2.7.4 Répartition de tension**

Si deux *convertisseurs* et/ou *moteurs* ou plus sont montés en série, la répartition de tension doit être vérifiée de sorte qu'aucune surtension n'apparaisse sur le *BDM* et/ou les *moteurs*. Il faut vérifier que la répartition de tension est telle qu'aucun dispositif ne subit, dans les conditions normales de fonctionnement et de défaillance unique, des contraintes dépassant les valeurs de conception.

#### **5.4.2.7.5 Vérification des dispositifs auxiliaires**

Le fonctionnement de tous les dispositifs auxiliaires, qui ne sont pas totalement soumis aux essais avec le *BDM/CDM* ou avec le *moteur*, doit être vérifié. Exemples de ce type de dispositifs: ventilateurs du *moteur*, pompes de graissage alimentées par le *CDM*, coupe-circuits externes, dispositifs d'isolement, etc.

Le cas échéant, cette vérification peut être réalisée en même temps que l'essai à faible charge, voir 5.4.2.3

#### **5.4.2.7.6 Vérification des mesures de protection**

Les mesures de protection adaptées à la sécurité électrique, thermique, énergétique ou fonctionnelle du *BDM/CDM/PDS* doivent être évaluées conformément à l'IEC 61800-5-1 et à l'IEC 61800-5-2.

Exemples de mesures de protection:

- survitesse du *moteur*;
- surtension du *moteur*;
- surcharge du *moteur*;
- température excessive;
- perte du retour tachimétrique;
- sous-tension du secteur;
- *court-circuit de sortie* du *BDM/CDM*;
- *défaut de terre*;
- *perte d'excitation*.

En raison de la grande diversité des mesures de protection et de leurs multiples combinaisons, il n'est pas possible d'établir de règles générales dans le présent document destinées à vérifier ces mesures.

Lorsque la vérification des mesures de protection est effectuée comme partie intégrante d'un *essai individuel de série* ou d'un *essai de mise en service*, ceci doit être réalisé, dans toute la mesure du possible, sans soumettre les composants de l'équipement à des contraintes supérieures à leurs valeurs assignées.

#### **5.4.2.7.7 Vérification des fonctionnalités dans des conditions de service inhabituelles**

Des conditions climatiques inhabituelles peuvent exiger un revêtement spécial sur les ensembles électroniques et/ou les armoires. Dans des conditions de températures extrêmes, un climatiseur ou un réchauffeur peut être prévu.

Les conditions de service inhabituelles sont principalement les conditions d'environnement (par exemple, la température, l'humidité, l'air salin, l'altitude, etc.) dépassant les spécifications normalisées de l'IEC applicables aux équipements concernés. Ces conditions peuvent exiger, entre autres, des critères particuliers de conception ou de dimensionnement, ou un revêtement supplémentaire spécial de protection.

#### **5.4.2.8 Essais supplémentaires (effets sur le *moteur*) pour un dimensionnement particulier**

##### **5.4.2.8.1 Généralités**

Compte tenu de la nature du *courant de sortie* et de la *tension de sortie* du *BDM/CDM*, certains essais supplémentaires visant à vérifier la compatibilité entre le *moteur* et le *BDM/CDM* peuvent être envisagés.

Étant donné que ces effets dépendent de l'application, aucun essai spécifique pour 5.4.2.8.2 à 5.4.2.8.5 ne peut être spécifié dans le présent document.

L'IEC TS 61800-8 et l'IEC TS 62578 fournissent des informations supplémentaires relatives à l'utilisation d'un filtre pour limiter certains de ces phénomènes.

##### **5.4.2.8.2 Vibrations du *moteur***

Cet essai peut être réalisé à différentes *vitesses* et charges afin d'identifier les effets du *BDM/CDM* sur les vibrations du *moteur*.

##### **5.4.2.8.3 Pression acoustique et niveau sonore**

La vérification par essai de la pression acoustique et du niveau sonore (voir 4.9.2.5) du *PDS* peut être exigée. Il convient de réaliser l'essai dans les plages de vitesses et de charges de fonctionnement. La pression acoustique et le niveau sonore acceptables sont définis par les réglementations locales. Se reporter à 4.9.2.5 pour les normes pertinentes qui définissent ces essais.

Il convient d'évaluer l'application du *PDS* pour déterminer si des réglementations locales plus strictes peuvent être appliquées.

##### **5.4.2.8.4 Courant induit dans les paliers**

Des courants induits dans les paliers peuvent se produire, résultant des effets de mode commun et des harmoniques de tension et de courant appliqués au *moteur*. Bien que ces courants soient de faible amplitude, ils peuvent détériorer les paliers à roulements ou les paliers à coussinets.

##### **5.4.2.8.5 Isolation du *moteur***

L'IEC TS 61800-8 fournit des informations relatives à la détermination de la tension appliquée sur l'*interface de puissance* entre le *BDM/CDM* et le *moteur*. Le *PDS à courant continu* peut considérer cette tension comme une référence.

#### **5.4.2.9 Performances en régime établi**

Il convient que le *fabricant* vérifie les données fournies dans la documentation.

#### **5.4.2.10 Performances dynamiques et caractéristiques assignées**

##### **5.4.2.10.1 Généralités**

Dans les conditions normales de fonctionnement, les performances dynamiques et les caractéristiques assignées du *BDM/CDM/PDS* doivent être vérifiées.

Le *fabricant* et le *client* doivent convenir s'il s'agit d'un *essai de type*, d'un *essai de réception* sur le site du *fabricant* ou d'un *essai de mise en service* sur site.

#### 5.4.2.10.2 Limite de courant et boucle de courant

Ces essais caractérisent les performances dynamiques du *BDM/CDM* ou du *PDS* indépendamment de l'équipement entraîné.

Deux points peuvent être vérifiés par essai:

a) Limite de courant

Une modification de charge incrémentielle est appliquée pour que le *CDM* atteigne son point de consigne de limite de courant prédéfini (en variante, une modification de *vitesse* par paliers incrémentiels en inertie de rotation appropriée peut fournir une charge transitoire conduisant le *CDM* à atteindre le point de consigne de limite 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) Réponse à un échelon de la référence de courant

La largeur de bande de la boucle de courant peut être mesurée avec une petite réponse à un échelon de la référence de courant dans une zone linéaire ou quasi linéaire. Cet essai peut inclure une zone non linéaire.

Ces essais doivent être effectués à différentes vitesses choisies au voisinage de 0 % ou de 50 % de la *vitesse assignée*, de 100 % de la *vitesse assignée* et de la *vitesse maximale assignée*.

Il est généralement nécessaire de régler la vitesse à l'aide d'une machine couplée à l'arbre du *moteur* en essai (régulant lui-même le couple au moyen du courant asservi à sa référence).

#### 5.4.2.10.3 Boucle de vitesse

Un échelon de référence de vitesse correctement choisi permet d'effectuer les types d'essais suivants. Ces essais peuvent être effectués à vide ou sous faible charge. Voir 5.4.2.3.

La limite de courant et sa valeur sont vérifiées avec une large réponse à un échelon de la référence de vitesse atteignant la limite de courant.

La réponse de la vitesse en sortie d'entraînement est mesurée sans atteindre aucune limite (la vérification est normalement effectuée autour de 50 % de la *vitesse assignée*, à 100 % de la *vitesse assignée*, et à la *vitesse maximale assignée*).

Un échelon de charge peut être pratiqué afin de pouvoir mesurer la réponse en vitesse correspondante. Ces essais peuvent être effectués lors de l'essai de dimensionnement de 5.4.2.3. L'échelon de charge doit être choisi de sorte qu'aucune limite ne soit atteinte.

#### 5.4.2.10.4 Pulsations de couple

Les niveaux relatifs de pulsations de couple d'entrefer peuvent être mesurés à vide au moyen des variations de vitesse, sous réserve que des dispositifs de mesure de la vitesse de sensibilité appropriée soient couplés à l'arbre. En théorie, il convient de mesurer les pulsations de couple d'entrefer apparaissant sur un *PDS* spécifique avec une charge d'inertie connue, un accouplement mécanique de celle-ci au *PDS* adéquat et un capteur de couple monté sur l'arbre.

#### 5.4.2.10.5 Redémarrage automatique

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

Une restriction sur le redémarrage automatique peut être prise en considération.

#### **5.4.2.10.6 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 vitesses est étendue par la désexcitation.

La tension ou le champ électromagnétique aux bornes du *moteur* doit être enregistrée par un appareil approprié sur toute la plage de vitesses de fonctionnement, au cours d'une accélération lente de la vitesse minimale à la vitesse maximale. Un essai dynamique qui consiste à appliquer la rampe de *vitesse* la plus rapide tant en accélération qu'en décélération du *moteur* doit également être effectué. Il faut vérifier que les valeurs enregistrées sont comprises dans la plage spécifiée.

#### **5.4.2.11 Traitement des défauts**

L'aptitude du *BDM/CDM/PDS* à détecter les défauts internes et externes doit être vérifiée par essai. Cela inclut également l'alarme sonore, visuelle et électronique du *client*.

#### **5.4.2.12 Dispositifs d'entrée/sortie (E/S)**

La fonctionnalité de tous les accès d'entrée/sortie doit être démontrée.

Des exemples d'accès d'entrée/sortie sont les suivants:

- accès d'entrée/sortie analogiques;
- accès d'entrée/sortie numériques;
- accès d'entrée/sortie d'alimentation;
- accès de communication.

#### **5.4.3 Sécurité générale**

Pour la conformité, voir l'IEC 61800-5-1.

#### **5.4.4 Sécurité fonctionnelle**

Pour la conformité, voir l'IEC 61800-5-2.

#### **5.4.5 CEM**

Pour la conformité, voir l'IEC 61800-3.

#### **5.4.6 Calcul de l'efficacité énergétique et des pertes de puissance**

L'IEC 61800-9-2 n'est pas obligatoire pour le présent document. Toutefois se référer à cette norme lorsqu'il est nécessaire de calculer l'efficacité énergétique.

#### **5.4.7 Essais de condition d'environnement**

##### **5.4.7.1 Généralités**

Les essais climatiques de 5.4.7.3 à 5.4.7.11 doivent être spécifiés afin de démontrer la conformité aux performances statiques et dynamiques et aux caractéristiques assignées du *BDM/CDM/PDS*.



Les essais effectués sur des sous-parties ou des sous-ensembles sont admis s'il peut être vérifié que les résultats d'essai ne sont pas affectés par comparaison avec les essais du *BDM/CDM/PDS* assemblé complet.

Les essais climatiques de 5.4.7.3 à 5.4.7.11 peuvent être référencés par d'autres parties de la série IEC 61800, auquel cas les critères d'acceptation doivent être spécifiés séparément.

En 5.4.7, les valeurs des niveaux de sévérité décrits dans l'IEC 60068 (toutes les parties) avec une référence datée sont reproduites et fournies dans l'article approprié pour des raisons pratiques. Les niveaux sont informatifs et ceux décrits dans l'IEC 60068 (toutes les parties) prévalent en cas d'écart constatés.

#### **5.4.7.2 Critères d'acceptation**

Les critères d'acceptation suivants doivent être satisfaits après les essais d'environnement:

- absence de dommage mécanique et de fissure dans l'enveloppe susceptible de réduire la classification IP;
- conformité aux performances statiques et dynamiques et aux caractéristiques assignées du *BDM/CDM/PDS* selon 5.4.2.3.

#### **5.4.7.3 Essais de température**

##### **5.4.7.3.1 Essai d'échauffement**

L'essai d'échauffement exigé dans l'IEC 61800-5-1 peut ne pas tenir compte des points de mesure de la température qui sont pertinents pour l'évaluation des performances ou des fonctionnalités. Il convient d'effectuer cet essai conformément aux exigences définies dans l'IEC 61800-5-1 et l'IEC 61800-5-2, en considérant les points de mesure exigés pour l'évaluation des performances ou des fonctionnalités.

Pour la conformité minimale, voir l'IEC 61800-5-1 pour la sécurité générale et l'IEC 61800-5-2 pour la sécurité fonctionnelle, selon le cas.

##### **5.4.7.3.2 Essai de chaleur sèche (régime établi)**

Certaines applications peuvent avoir des exigences pour cette rubrique qui peuvent être issues de la série de normes IEC 60721.

Pour la conformité en matière de sécurité, voir l'IEC 61800-5-1.

##### **5.4.7.3.3 Profil de régime de charge**

Si des caractéristiques assignées thermiques particulières sont spécifiées sur la base d'un profil de régime de charge choisi, l'essai de température doit être réalisé selon le profil de régime de charge spécifié (voir 4.10).

L'arbre du *moteur* est accouplé à une charge capable de fournir le profil de régime de charge spécifié sur le long terme, de façon à vérifier que la température de l'équipement se stabilise dans les limites des valeurs des caractéristiques assignées.

L'IEC TR 61800-6 fournit des informations supplémentaires relatives aux profils de charge.

##### **5.4.7.4 Essai de chaleur humide (régime établi)**

Certaines applications peuvent avoir des exigences pour cette rubrique qui peuvent être issues de la série de normes IEC 60721.

Pour la conformité en matière de sécurité, voir l'IEC 61800-5-1.

**5.4.7.5 Essai de vibrations (*essai de type*)**

Pour vérifier l'aptitude à résister aux vibrations mécaniques, le *BDM/CDM/PDS* combiné à son *installation* doit être évalué par:

- a) les essais conformes à l'IEC 61800-5-1;
- b) les essais conformes à l'IEC 61800-5-1 qui peuvent être effectués sur des sous-ensembles, pour un *BDM/CDM/PDS* dont la masse est supérieure à 100 kg.

NOTE Pour les équipements volumineux, la possibilité de remplacer l'essai de vibrations par un essai de chocs est à l'étude.

**5.4.7.6 Essai de chocs (*essai de type*)**

Pour vérifier l'aptitude à résister aux chocs mécaniques, il est recommandé d'évaluer le *BDM/CDM/PDS* utilisé dans des machines par:

- a) les essais définis en 5.4.7.6, selon les conditions spécifiées dans le Tableau 24. Pour un *BDM/CDM/PDS* dont la masse est supérieure à 100 kg, ces essais peuvent être effectués sur des sous-ensembles; ou
- b) un calcul ou une simulation reposant sur les essais, comme cela est défini dans la présente section, sur un modèle représentatif de *BDM/CDM/PDS*.

**Tableau 24 – Essai de chocs**

Objet	Conditions d'essai
Référence de l'essai	Essai Ea de l'IEC 60068-2-27: 2008
Référence de l'exigence	Tableau 21 – Essais d'environnement de service
Préconditionnement	Selon 5.4.1
Conditions	Alimentation électrique déconnectée
Mouvement	Pulsation semi-sinusoïdale
Amplitude/durée du choc	50 m/s <sup>2</sup> (5 g) 30 ms
Nombre de chocs	3 par axe sur chacun des trois axes mutuellement perpendiculaires
Détail du montage	Selon les spécifications du <i>fabricant</i> du <i>BDM/CDM/PDS</i>
Critères d'acceptation	5.4.7.2
<p>Lorsque le <i>fabricant</i> spécifie des niveaux de choc supérieurs à ceux indiqués ci-dessus, les niveaux plus élevés doivent être utilisés pour l'essai. Les critères d'acceptation ne doivent pas être modifiés.</p> <p>Lorsque les conditions d'environnement sont réputées inférieures, le <i>fabricant</i> du <i>BDM/CDM/PDS</i> peut spécifier un essai de niveau de choc inférieur ou nul autre que ceux spécifiés dans ce tableau. Les critères d'acceptation ne doivent pas être modifiés.</p>	

**5.4.7.7 Essai au brouillard salin (*essai de type*)**

Certaines applications peuvent avoir des exigences pour cette rubrique qui peuvent être issues de la série de normes IEC 60721.

Pour la conformité en matière de sécurité, voir l'IEC 61800-5-1.

**5.4.7.8 Essai de poussière (*essai de type*)**

Certaines applications peuvent avoir des exigences pour cette rubrique qui peuvent être issues de la série de normes IEC 60721.

Pour la conformité en matière de sécurité, voir l'IEC 61800-5-1.

#### **5.4.7.9 Essai de sable (*essai de type*)**

Certaines applications peuvent avoir des exigences pour cette rubrique qui peuvent être issues de la série de normes IEC 60721.

Pour la conformité en matière de sécurité, voir l'IEC 61800-5-1.

#### **5.4.7.10 Essai en eau (*essai de type*)**

L'essai en eau est approprié pour le deuxième caractère de la classification IP.

Pour la conformité en matière de sécurité, voir l'IEC 61800-5-1.

#### **5.4.7.11 Essai de pression hydrostatique (*essai de type et essai individuel de série*)**

Pour la conformité en matière de sécurité, voir l'IEC 61800-5-1.

### **5.4.8 Profils de communication**

Les essais visant à démontrer la conformité aux profils de communication de bus communément utilisés sont définis dans l'IEC 61800-7 (toutes les parties).

### **5.4.9 Environnement à atmosphère explosive**

Les exigences relatives au *PDS à courant continu* destiné à être utilisé dans un environnement à atmosphère explosive peuvent être directement issues des exigences de l'IEC 60079 (toutes les parties) ou en découler. L'IEC TS 60079-42 propose surtout des exigences en matière de sécurité fonctionnelle des *PDS à courant continu* qui utilisent les *BMD/CDM* comme des dispositifs de sécurité électrique pour le contrôle des sources d'inflammation potentielle des équipements.

## **6 Informations et exigences de marquage**

### **6.1 Généralités**

Le présent document donne un nombre minimal d'informations et de marquages (voir Tableau 25), mais plusieurs autres normes de la série IEC 61800 fournissent des exigences supplémentaires en matière de marquage, qu'il convient de prendre en considération, le cas échéant:

- informations relatives à la sécurité générale conformément à l'IEC 61800-5-1;
- informations relatives à la sécurité fonctionnelle conformément à l'IEC 61800-5-2, le cas échéant;
- informations relatives à la CEM conformément à l'IEC 61800-3, le cas échéant;
- écoconception conformément à la norme spécifiée (voir 4.8).

Dans le cas d'exigences contradictoires, l'exigence issue d'une norme spécifique dans d'autres parties de la série IEC 61800 prévaut.

NOTE En général, le marquage et les informations peuvent être fournis en plaçant le marquage sur le produit et/ou les informations au format papier ou électronique (web, CD-ROM ou similaire).

**Tableau 25 – Exigences d’informations**

Informations	Référence au paragraphe	Emplacement <sup>a, b</sup>					Référence technique
		1	2	3	4	5	
<b>Marquage sur le produit</b>	6.2						
Nom du <i>fabricant</i> ou marque		X					Voir l'IEC 61800-5-1
Identification de l'équipement		X					Voir l'IEC 61800-5-1
Caractéristiques assignées en entrée/sortie		X					Voir l'IEC 61800-5-1
<b>Informations à fournir avec le PDS ou le BDM/CDM</b>	6.3						
Informations relatives à la CEM conformément à l'IEC 61800-3							Voir l'IEC 61800-3
Informations relatives à la sécurité générale conformément à l'IEC 61800-5-1							Voir l'IEC 61800-5-1
Informations relatives à la sécurité fonctionnelle conformément à l'IEC 61800-5-2							Voir l'IEC 61800-5-2
Écoconception conformément à l'IEC 61800-9 (toutes les parties)							Voir l'IEC 61800-9 (toutes les parties)
Conditions de mise à la terre des systèmes d'alimentation acceptables				X			
Instructions de fonctionnement					X		
Remplacement de dispositif				X			
Classement environnemental				X	X		
<b>Informations à fournir ou à mettre à disposition</b>	6.4						
Instructions de maintenance et de service						X	
Capacité d'absorption d'énergie					X		
Plage de <i>vitesse</i> s					X		
<b>Informations de sécurité et de mise en garde</b>	6.5						
Étiquettes de mise en garde	6.5.1	X					
Considérations supplémentaires relatives à la sécurité d'un PDS	6.5.2			X	X	X	
<sup>a</sup> Emplacement: 1. Sur le produit (voir 6.2); 2. Sur l'emballage; 3. Dans le manuel d' <i>installation</i> ; 4. Dans le manuel de l'utilisateur; 5. Dans le manuel de maintenance.							
<sup>b</sup> Les manuels d' <i>installation</i> , de l'utilisateur et de maintenance peuvent être combinés selon le cas et, si cela convient au <i>client</i> , peuvent être fournis au format électronique. Si plusieurs produits sont livrés à un seul <i>client</i> , il n'est pas nécessaire de fournir un manuel avec chaque unité, si cela convient au <i>client</i> .							

## 6.2 Marquage sur le produit

Le marquage sur le produit doit fournir les informations nécessaires à une installation sûre du BDM/CDM/PDS et à l'identification et la traçabilité complètes du *fabricant*.

Les informations minimales suivantes doivent être fournies sur la plaque signalétique du BDM/CDM/PDS:

- le nom et la situation géographique du *fabricant*;
- l'identification de l'équipement (numéro de modèle, numéro de série et année de fabrication).

Caractéristiques assignées en entrée/sortie:

- telles que spécifiées par l'IEC 61800-5-1;
- pour le *PDS* outre la *puissance de sortie assignée* ( $P_{sN}$ ), le *couple assigné* ( $M_N$ ) et la *vitesse assignée* ( $N_N$ ) doivent être marqués.

NOTE Le terme "marquage" inclut également l'étiquetage du produit.

### 6.3 Informations à fournir avec le PDS ou le BDM/CDM

Les informations suivantes doivent être fournies avec l'équipement livré:

- les informations nécessaires pour l'étalonnage des composants, dispositifs et sous-ensembles destinés à être réglés par l'*utilisateur final*;
- les instructions d'utilisation, comprenant toutes les informations nécessaires au fonctionnement du *BDM/CDM/PDS*;
- les conditions de mise à la terre des systèmes d'alimentation acceptables du *BDM/CDM/PDS*. Les systèmes inacceptables doivent être indiqués comme suit:
  - interdits; ou
  - avec une modification des performances, qu'il convient de quantifier par un *essai de type*;
- remplacement de dispositif;
- classement environnemental.

Lorsque le Tableau 13 l'exige, le classement environnemental doit être indiqué dans la documentation.

Lorsque le 4.9.2.1.1 ou 4.9.2.2.1 l'exige, les conditions d'environnement spécifiques doivent être identifiées dans le manuel d'utilisation.

### 6.4 Informations à fournir ou à mettre à disposition

Les informations suivantes doivent être fournies ou mises à disposition:

- les instructions de maintenance et de service, y compris les informations relatives à l'emplacement et au remplacement des composants ou sous-ensembles défectueux;
- la capacité assignée d'absorption d'énergie des circuits de ralentissement et d'arrêt par *freinage rhéostatique*.

Pour le *PDS*, les informations relatives à la *vitesse* doivent être fournies, y compris:

- *vitesse assignée* ( $N_N$ ) [r/min];
- *vitesse maximale assignée* ( $N_{NMax}$ ) [r/min];
- *vitesse maximale de sécurité assignée* ( $N_{SNMax}$ ) [r/min].

Les informations peuvent être fournies sur un support électronique, le cas échéant.

### 6.5 Informations de sécurité et de mise en garde

#### 6.5.1 Étiquettes de mise en garde

Les étiquettes de sécurité doivent satisfaire aux exigences de:

- l'IEC 61800-5-1 pour la sécurité générale
- l'IEC 61800-5-2 pour la sécurité fonctionnelle (le cas échéant uniquement)

- l'IEC 61800-3 pour la CEM (le cas échéant uniquement)

### 6.5.2 Considérations supplémentaires relatives à la sécurité d'un PDS

Le *PDS* est accouplé à un équipement entraîné, qui doit satisfaire aux normes et règles de sécurité. Tous les systèmes de protection de l'équipement entraîné, y compris l'arbre du *moteur*, sont définis par le *client*. Le *client* doit fournir au *fabricant* du *PDS* toutes les spécifications nécessaires qui ont une influence sur la sécurité des machines et qui doivent être incluses dans la commande du *PDS*.

Le *PDS* est principalement un équipement électrique et le risque encouru du point de vue de la sécurité est essentiellement de nature électrique. Le risque de sécurité est essentiellement électrique pour les *BDM/CDM*.

Pour ces raisons, le *BDM/CDM/PDS* doit être conforme à l'IEC 61800-5-1.

La conformité à l'IEC 61800-5-1 ne suffit pas, en soi, à assurer la conformité à toutes les exigences de sécurité du système ou de l'application final(e). Les exigences de sécurité détaillées du système ou de l'application final(e) sont définies dans leurs normes de produits correspondantes.

Les normes suivantes peuvent s'appliquer:

- l'IEC 60204-1 pour les équipements électriques sur les machines
- l'IEC 60364 (toutes les parties) pour les *installations* électriques basse tension
- l'IEC 61439-1 pour les appareillages.

## Annexe A (informative)

### Compléments côté *moteur*

#### A.1 Généralités

Les *BDM/CDM* concernés par le présent document sont destinés à être utilisés avec un ou plusieurs *moteurs à courant continu*.

L'Annexe A 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*. L'Annexe A 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 l'IEC 60034 (toutes les parties).

#### A.2 Refroidissement

En règle générale, il existe trois modes types de refroidissement du *moteur*. Ils sont répertoriés dans l'IEC 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 canalisations	1, 2, 3
Utilisation d'échangeurs thermiques (incluant la carcasse du <i>moteur</i> )	4, 5, 6, 7, 8, 9
- Fluide de refroidissement primaire, les plus fréquents étant l'air (A) et l'eau (W)
- Mode de circulation du fluide primaire
 

Convection libre	0
Autocirculation	1
Dispositifs indépendants montés sur le <i>moteur</i>	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 types 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

Il est possible qu'à des régimes de vitesse réduite, un *moteur* autoventilé ne soit pas suffisamment refroidi pour maintenir un échauffement normal, en raison de la diminution de l'efficacité du ventilateur interne.

Ce point est particulièrement important pour les charges qui exigent un couple voisin du *couple* nominal aux vitesses inférieures à la moitié de la vitesse de base. Les charges qui exigent 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 plage de vitesses des entraînements à vitesse variable.

L'échauffement dépend:

- de la plage de vitesses 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 du *moteur*.

L'ensemble des paramètres mentionnés ci-dessus permet de déterminer si la ventilation du *moteur* est correcte.

### **A.3 Ondulations des formes d'ondes**

#### **A.3.1 Généralités**

L'*ondulation* des formes d'ondes de tension/courant appliquée au(x) *moteur(s)* produit des échauffements préjudiciables et des couples pulsatoires (freinages, colmatage et oscillations) ainsi que des forces axiales ou des bruits acoustiques supplémentaires.

Ces effets sont complexes et dépendent:

- de l'amplitude et du nombre d'*ondulations* produites;
- de l'équipement 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.3.2 Configuration du convertisseur**

Tous les *convertisseurs* pour lesquels le présent document est applicable (voir 4.2.3) contiennent des *ondulations* dans leurs courant et tension de sortie. Le spectre des *ondulations* dépend du type de *convertisseur* et des paramètres du *moteur*.

Le *convertisseur* doit être approprié au *moteur* utilisé afin d'éviter toute défaillance de ce dernier.

#### **A.3.3 Tension par rapport à la terre**

Les *ondulations* de tension de sortie 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 relatifs à la torsion

### A.4.1 Généralités

Des *moteurs* conçus pour être utilisés à vitesse constante peuvent avoir des résonances mécaniques susceptibles d'être excitées à des vitesses autres que celle définie.

Il convient d'examiner les vibrations du *moteur* sur toute la plage de vitesses pour garantir un bon fonctionnement (voir D.6.4, D.6.5, Figure D.6 et Figure D.7).

### A.4.2 Analyse de torsion

L'existence des conditions définies ci-dessus peut être précisée, en cas de besoin, au moyen d'une analyse de torsion approfondie.

### A.4.3 Remèdes aux problèmes de torsion (rares avec des dispositifs d'entraînement 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 vitesses de fonctionnement;
- 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 (par exemple, celui des filtres coupe-bande).

### A.4.4 Pulsations de couple

La connaissance de l'*ondulation* relative de la tension et/ou du courant du *moteur* est également importante pour déterminer les couples pulsatoires répétitifs occasionnés par les *ondulations* de l'alimentation du *moteur*.

Il est à noter que ces pulsations de couple se produisent à des fréquences relativement élevées. Elles sont bien filtrées par le mécanisme lui-même. Les effets peuvent surtout apparaître avec des *convertisseurs* monophasés.

## A.5 Modes de fonctionnement

### A.5.1 Généralités

Le système d'entraînement peut être conçu pour fonctionner selon un ou plusieurs des modes de fonctionnement décrits ci-dessous:

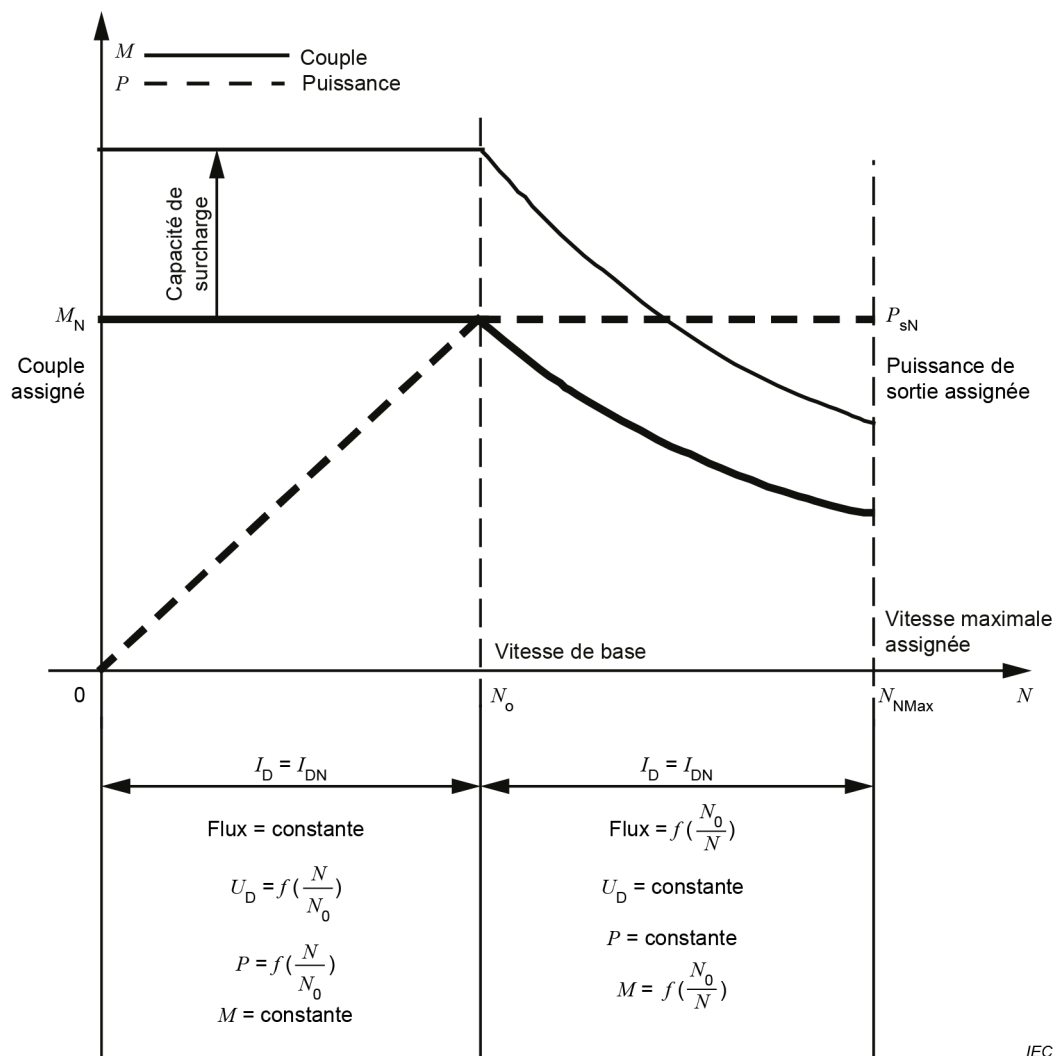
- a) couple variable en fonction de la vitesse, par exemple vitesse quadratique (usuel pour les pompes, ventilateurs et compresseurs);
- b) couple constant dans une plage de vitesses donnée;
- c) puissance constante dans une plage de vitesses dans laquelle le couple diminue alors que la vitesse augmente;

- d) récupération d'énergie avec conversion, par l'entraînement, d'un couple mécanique fourni à l'arbre du *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 rhéostatique avec conversion, par l'entraînement, d'un couple fourni à l'arbre du *moteur* en puissance électrique envoyée dans une résistance ou dans des dispositifs similaires, pour dissiper la puissance électrique en chaleur.

Il convient que le ou les mode(s) de fonctionnement spécifiés pour l'entraînement soient compatibles avec les capacités du *moteur* en ce qui concerne la plage de couples et de vitesses de fonctionnement (voir Figure A.1).

#### **A.5.2 Caractéristiques couple/vitesse**

Les caractéristiques couple/vitesse peuvent être définies pour l'entraînement, telles que représentées par exemple à la Figure A.1. Dans le cas d'un moteur autoventilé alimenté par un *BDM/CDM*, le couple admis est limité par la réduction de l'efficacité de la ventilation avec la réduction de vitesse.



NOTE 1 Dans l'exemple de la Figure A.1, la tension et le courant assignés du *moteur* sont identiques à ceux du CDM.

NOTE 2 Il peut être nécessaire de réduire la capacité de surcharge pour la plage de *vitesse* supérieure à la *vitesse de base*.

NOTE 3 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 4 Cette figure peut être étendue au fonctionnement sur quatre quadrants.

NOTE 5 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.5.3 Récupération d'énergie

Certains systèmes d'entraînement à vitesse variable, concernés par le présent document, peuvent fonctionner de façon continue en mode récupération; le *moteur* convertit alors l'énergie mécanique de l'équipement entraîné en énergie électrique, et le BDM/CDM restitue cette énergie au réseau d'alimentation.

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. Il existe, par conséquent, quatre modes possibles de fonctionnement (voir 3.3). La puissance est le produit du couple et de la vitesse angulaire.

Lorsque l'énergie va du *convertisseur* vers le *moteur*, le fonctionnement est dit "moteur". Le fonctionnement est dit "en récupération" lorsque l'énergie va du *moteur* vers le *convertisseur*.

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, semblable à un "bourdonnement", dont l'origine est la tension d'*ondulation* alternative de cette source d'énergie.

Ces tensions d'*ondulation* produisent des courants d'*ondulation* correspondants 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 courants d'*ondulation* dépendent de plusieurs 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 à ces courants ne peut dépasser les limites spécifiques ou légales. Cependant, il peut être gênant en raison de la teneur élevée en sons purs, en particulier en cas d'utilisation d'inductances dans un circuit en continu avec des hacheurs.

## A.7 Durée de vie de l'isolement

Les isolants du *moteur* sont soumis à des contraintes diélectriques 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 dans le *moteur* 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 hacheur 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, il est généralement admis que le fonctionnement des hacheurs ne réduit pas de façon considérable la durée de vie si les valeurs limites suivantes sont respectées:

$$U_{\text{peak}} \leq 2 \times U_{\text{ins}} ;$$

$$dv/dt \leq 500 \text{ V}/\mu\text{s}$$

où

$U_{\text{peak}}$  est la tension de crête d'un *moteur*;

$U_{\text{ins}}$  est la tension assignée d'un *moteur*.

## A.8 Tensions sur l'arbre

Des tensions sur l'arbre peuvent exister lorsque l'alimentation se fait au moyen d'un *convertisseur*.

L'expérience démontre que les tensions supérieures à environ 500 mV (crête) sont préjudiciables aux paliers antifrictions.

Il est conseillé de procéder au mesurage 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 exigée du *fabricant* du dispositif d'entraînement.

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 plage de vitesses exigée;
- 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 d'alimentation alternative, encoches de commutation et dépassements transitoires de tension.

NOTE Voir Article D.4 pour plus d'informations.

## Annexe B (informative)

### Compléments côté réseau

#### B.1 Généralités

Le raccordement d'un *BDM/CDM* 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 forme d'onde de tension côté réseau. 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 y 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 est donc souhaitable de réduire le plus possible l'amplitude de ces courants harmoniques de ligne. L'IEEE Std 519<sup>TM</sup> traite en détail des effets des harmoniques de courant et fixe des limites acceptables concernant ces effets. Il convient que l'utilisateur spécifie le niveau harmonique qu'il exige.

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 Std 597<sup>TM</sup>. Les limites acceptables pour les encoches et les méthodes d'atténuation des encoches sont données dans l'IEEE Std 519<sup>TM</sup> et dans l'IEC 60146-1-1. Il convient que l'utilisateur de systèmes d'entraînement, lors de l'application des *convertisseurs*, connaisse la configuration du *convertisseur* d'entrée dont dépend le pouvoir perturbateur des encoches de commutation. Le *fabricant* de *convertisseur* 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 semiconducteurs du *convertisseur* côté réseau ajoute des transitoires haute fréquence. Ce problème 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 de l'IEC 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 d'alimentation alternative, cinq cas sont possibles: réseau isolé, avec neutre à la terre, avec ligne à la terre, à neutre faible impédance et à neutre haute impédance. Le neutre haute impédance est préférable pour les entraînements à vitesse variable utilisés dans les procédés dans lesquels la continuité de service est importante. Ainsi, la ligne à la terre ou le neutre artificiel à la terre (d'un transformateur triangle) peut entraîner des dysfonctionnements dont la tension de mode commun en est la cause principale. Le manuel du *fabricant* doit être consulté pour des recommandations sur les configurations permises de mise à la terre du réseau d'alimentation alternative. La section 12 de l'IEEE Std 597<sup>TM</sup>:1983 contient une présentation plus rigoureuse des méthodes de mise à la terre. Le Tableau 6 de la Section 12 de l'IEEE Std 597<sup>TM</sup>:1983 résume les caractéristiques de chacun des trois principaux systèmes: à la terre, haute impédance et 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 sont expliqués et codés dans l'IEC 60364-1, l'IEC 60364-51 et l'IEC 60364-55.

### 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 provoquée 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, dans lesquels les courants harmoniques sont principalement déterminés par l'*ondulation* du courant (voir Figure B.4), l'indice de pulsation du *convertisseur*, 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 du *convertisseur*, comme le présente le Tableau B.1;
- type 2: il s'agit de *convertisseurs* à diodes à faible inductance (ou sans inductance) et à condensateur côté continu de grande taille, dans lesquels les courants harmoniques dépendent des inductances côté réseau (voir Figure B.5).

Un exemple d'évaluation du risque harmonique (tension harmonique) est donné dans l'IEC TR 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).

**Tableau B.1 – Limites minimales du rapport  $R_{sc}$  pour les systèmes 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.	$R_{sc}$	$A_E$
0,01	231	0,25	0,004 1	150	0,19	0,004 3	106	0,18	0,005 5	99	0,14	0,005 4
0 015	154	0,40	0,006 2	100	0,29	0,006 5	71	0,27	0,008 1	66	0,22	0,008 1
0,03	77	0,74	0,012 3	50	0,57	0,013 0	35	0,55	0,016 5	33	0,43	0,016 3
0,05	46	1,24	0,020 6	30	0,93	0,021 7	21	0,91	0,027 5	20	0,72	0,026 8
0,08	29	1,98	0,032 7	19	1,51	0,034 2	13	1,47	0,044 4	12	1,19	0,044 7
0,1	23	2,48	0,040 9	15	1,89	0,042 8	10	1,84	0,055 5	9	1,49	0,055 9

THD: Taux de distorsion harmonique total  $A_E$ : surface d'encoche en p.u. × degrés

NOTE 1 Pour les systèmes moyenne tension,  $R_{scmin} = 3 \times R_{sc}$  en exigence minimale (tolérance de résonance).

NOTE 2 Pour les systèmes 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 assignée.

Il est également souhaitable de noter que:

- sur un groupe de *PDS*, les interharmoniques ont peu de chance de se combiner. Il en résulte une prédétermination par sommation arithmétique;
- en revanche, il est courant d'utiliser une sommation quadratique pour les harmoniques de *PDS* non synchronisés, avec *convertisseur* d'entrée commandé;
- si les *PDS* sont équipés 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 à la même section du circuit d'alimentation, s'additionnent vectoriellement. Le concept de sommation des harmoniques de courant 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 sont exigées 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 nœuds engendrés par la source harmonique, et ensuite d'effectuer une addition arithmétique. Les coefficients de foisonnement des charges des *convertisseurs* peuvent être utilisés pour affiner cette sommation lorsque de telles données sont immédiatement disponibles. L'IEC 61800-3 donne de plus amples informations.



De temps à autre, il convient que l'utilisateur effectue des mesurages d'harmoniques en des points sélectionnés auxquels de fortes valeurs de distorsion peuvent exister. 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 excessives dues à un excès d'harmoniques;
- aucun niveau critique de résonance série ou parallèle ne se produit;
- les niveaux des harmoniques aux points d'interfaces déterminés restent à l'intérieur des limites définies.

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 mesurages et de permettre leur extrapolation à l'installation de nouveaux *convertisseurs* pour une évaluation de l'impact de ceux-ci. Il n'est pas recommandé de se fier exclusivement à la seule analyse et sommation des harmoniques.

## B.4 Résultats du contrôle de phase des *convertisseurs* types

### B.4.1 Généralités

Le *convertisseur* de puissance peut être considéré comme un générateur de courants harmoniques injectés dans le réseau de distribution d'énergie de l'usine. Le rang des harmoniques dépend de l'indice de pulsation du *convertisseur*, 6 ou 12 dans la majorité des cas. Les rangs harmoniques sont notés  $(kp \pm 1)$ , où  $k$  représente un nombre entier et  $p$  l'indice de pulsation du *convertisseur*. Le Tableau B.2 illustre le cas idéal de rangs harmoniques d'un *convertisseur* d'indice de pulsation 6, lorsque 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			
	$X_c = 0 \%$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 10^\circ$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 30^\circ$	$X_c = 8 \%$ $\alpha = 90^\circ$
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

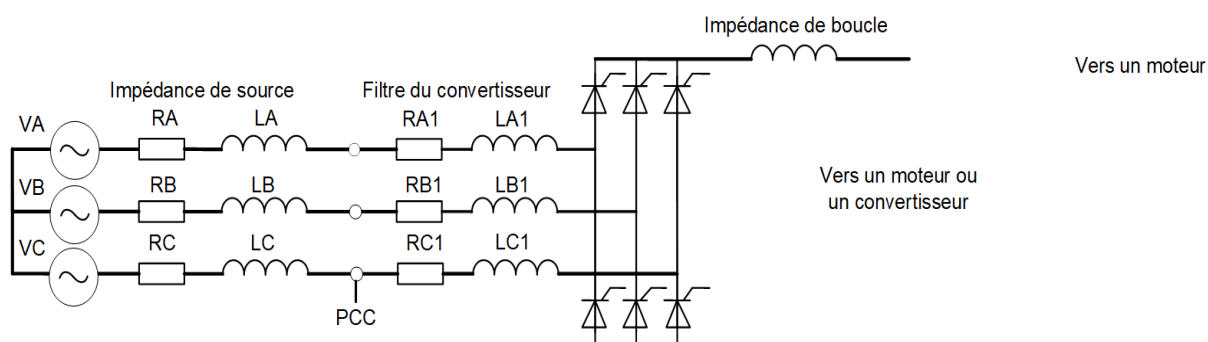
NOTE 1  $X_c$  est la réactance de commutation (de ligne) en valeur relative;  $\alpha$  est l'angle de retard d'allumage du *convertisseur*.

NOTE 2 L'amplitude de ces harmoniques de courant dans un *convertisseur* d'indice de pulsation 12 est généralement pris à 10 % des valeurs correspondant à celles d'un *convertisseur* d'indice de pulsation 6.

L'amplitude des courants harmoniques dépend de l'amplitude du courant fondamental, de la réactance de commutation  $X_c$  et de l'angle de retard d'allumage du *convertisseur*.

Un calcul exact de l'amplitude du courant harmonique peut s'effectuer pour toute condition de fonctionnement selon le courant fondamental, l'angle de retard d'allumage du *convertisseur* et la réactance de commutation. En règle générale, l'amplitude de l'harmonique augmente lorsque le rapport de la tension redressée à la tension alternative (angle de retard avoisinant  $90^\circ$ ), et lorsque la réactance de commutation diminue.

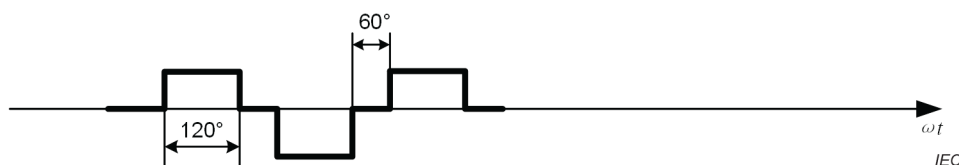
Différentes approximations de calcul des courants harmoniques ont été données pour le montage de base du *convertisseur* en pont de Graetz triphasé (voir Figure B.1).



**Figure B.1 – Convertisseur à thyristors avec forte inductance dans la boucle de courant continu**

**B.4.2 Courant de ligne en créneaux rectangulaires**

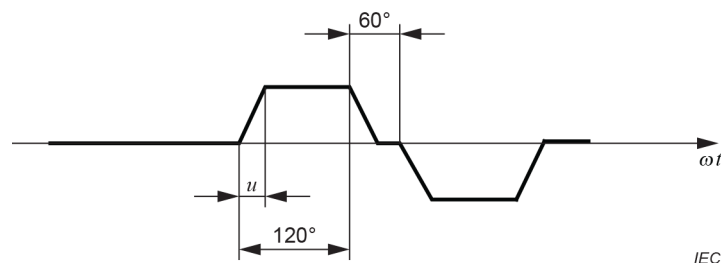
La Figure B.2 représente un courant de ligne en créneaux rectangulaires.



**Figure B.2 – Courant de ligne en créneaux rectangulaires**

**B.4.3 Courant de ligne en créneaux trapézoïdaux**

La Figure B.3 représente un courant de ligne en créneaux trapézoïdaux.



**Figure B.3 – Courant de ligne en créneaux trapézoïdaux**

L'approximation (voir l'IEC TR 60146-1-2) donne la formule mathématique et la représentation graphique.

## B.4.4 Harmoniques de courant avec *ondulation* du *courant continu*

### B.4.4.1 Généralités

Les trois approximations précédentes définies ci-dessus partent de l'hypothèse que le *courant continu* est sans *ondulation*. Cette hypothèse peut être fautive, particulièrement dans le cas de *redresseurs* à diodes utilisés sans bobines d'inductance.

### B.4.4.2 Courant de ligne en créneaux rectangulaires avec *ondulation* théorique du *courant continu*

L'*ondulation* théorique du *courant continu* consiste en des portions de sinusoides.

$$r = \frac{I_{pp}}{I_d}$$

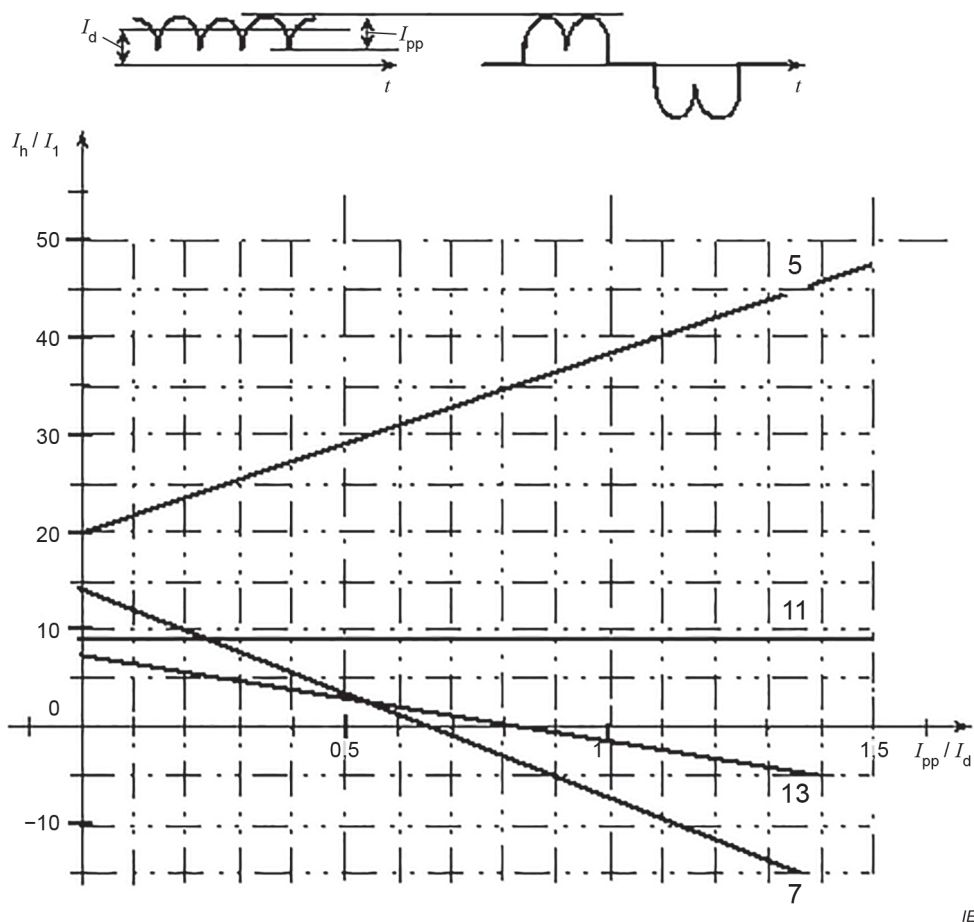
$$I_1 = I_d \left( \frac{3}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} + 0,014 r \right)$$

Rangs des harmoniques  $h = 6k \pm 1 = 6k + \varepsilon$

$$\frac{I_h}{I_1} = (-1)^\varepsilon \left( \frac{1}{h} + \frac{6,46 r}{h-1} - \frac{7,13 r}{h} \right)$$

Ce résultat est représenté graphiquement à la Figure B.4, et donne une approximation pratique, applicable en particulier aux entraînements équipés 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.



**Figure B.4 – Composante harmonique principale du courant d'alimentation avec forme d'onde en créneaux rectangulaires et *ondulation* théorique du courant continu**

**B.4.4.3 Courant de ligne en créneaux trapézoïdaux avec *ondulation* théorique du courant continu**

Il s'agit d'une extension du cas précédemment défini, prenant en compte l'angle d'empiètement et aboutissant à des représentations plus complexes (IEEE Transactions on Industry Application No. 1 Jan./Feb. 83).

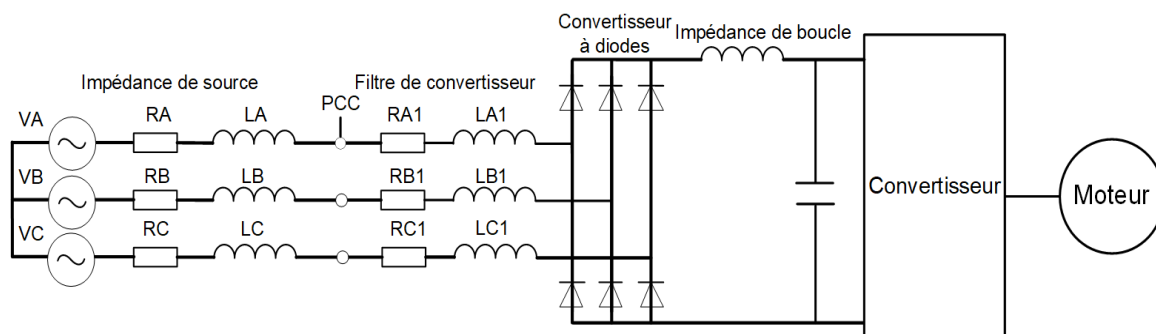
**B.4.5 Redresseurs à diodes**

Le *redresseur* à diodes utilisé comme *convertisseur* côté réseau du *PDS* constitue un autre cas de configuration. Pour la configuration la plus courante du pont de Graetz triphasé, le résultat du résidu harmonique en courant dépend largement du temps de conduction des diodes, en d'autres termes de la réactance équivalente totale  $X_L$ .

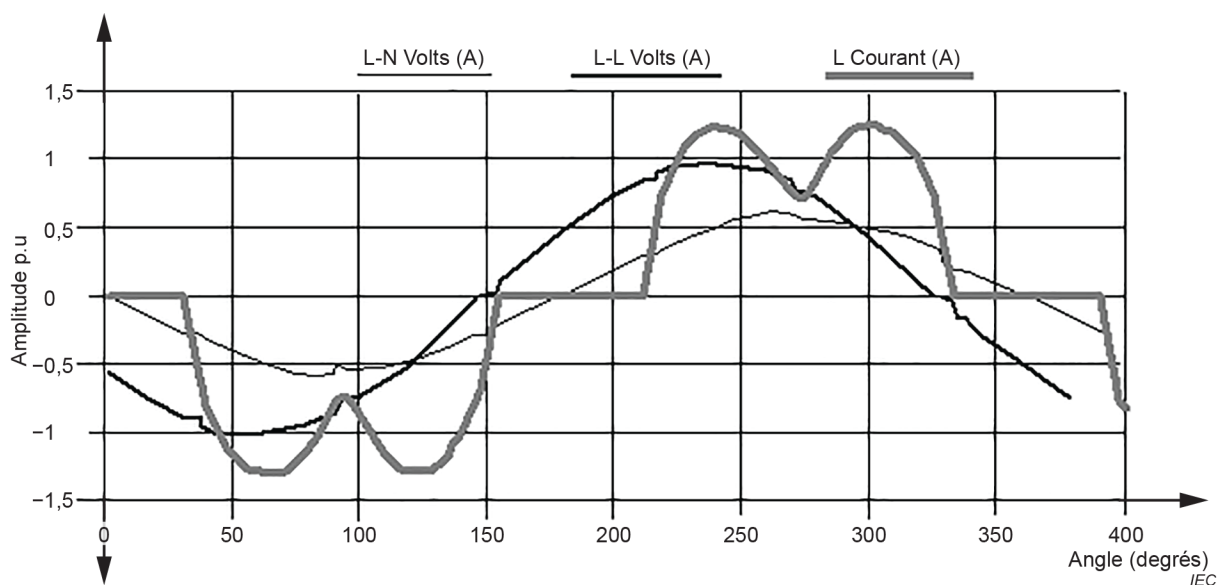
La Figure B.5 représente un *convertisseur* de puissance avec *redresseur* à diodes côté réseau. Le *convertisseur* est présenté avec une impédance de ligne triphasée, une impédance du filtre de *convertisseur* et une impédance dans la *liaison continue*. L'impédance d'entrée du *convertisseur* peut être définie comme valant deux fois celle du filtre de *convertisseur* ajoutée à l'impédance de la liaison continue, du fait que les impédances sont en série quel que soit le chemin de conduction. La Figure B.6 représente les formes d'onde de tension et de courant d'entrée pour la configuration de *convertisseur* ci-dessus dans le cas d'une impédance de source de 2 % et d'une impédance de ligne de 6 %.

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

représente le facteur de distorsion de la tension et du courant côté réseau en fonction de l'impédance de source et de l'impédance d'entrée du *convertisseur*, respectivement.

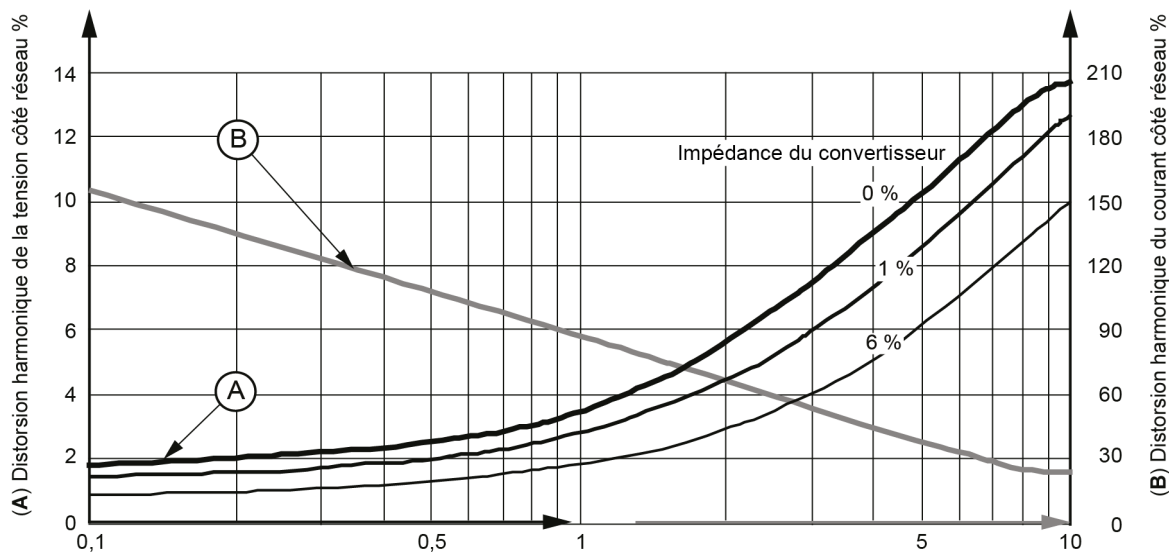


**Figure B.5 – Convertisseur de puissance équipé d'un redresseur à diodes côté réseau et d'un convertisseur continu-continu**



NOTE Impédance de source = 2 %; impédance de ligne = 6 %.

**Figure B.6 – Formes d'onde de courant et de tension d'entrée d'un redresseur à diodes**



IEC

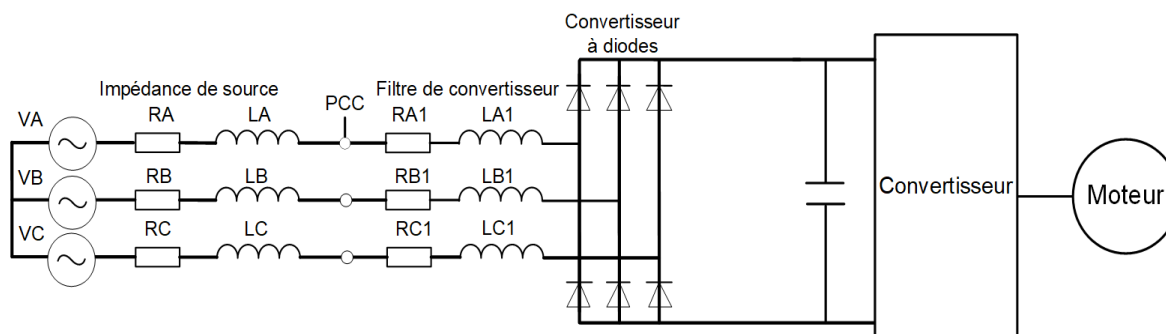
A Impédance de source % (pour la tension)      B Impédance totale % (pour le courant)

**Figure B.7– Facteurs de distorsion de courant et de tension côté réseau d'un redresseur à diodes**

**B.4.6 Redresseurs à diodes sans inductance de la liaison continue**

Un cas particulier est celui où le *convertisseur* ne comporte pas d'inductance dans la *liaison continue* (*BDM* de petite puissance).

Le facteur de distorsion du courant côté réseau 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 la liaison continue**

La valeur p.u. de  $x_L$  est:

$$x_L = \frac{X_L I_d}{\frac{U_{vo}}{\sqrt{3}}}$$

où

$I_d$  est la valeur réelle et non 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.

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).

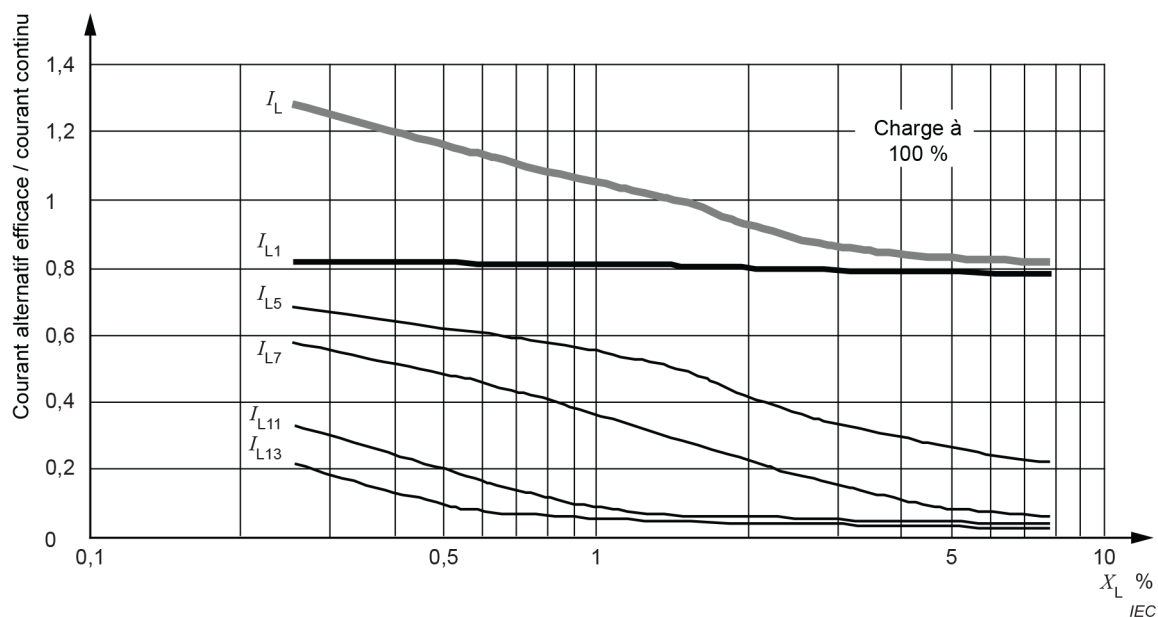


Figure B.9 – Harmonique du courant d'entrée (courant alternatif et courant continu)

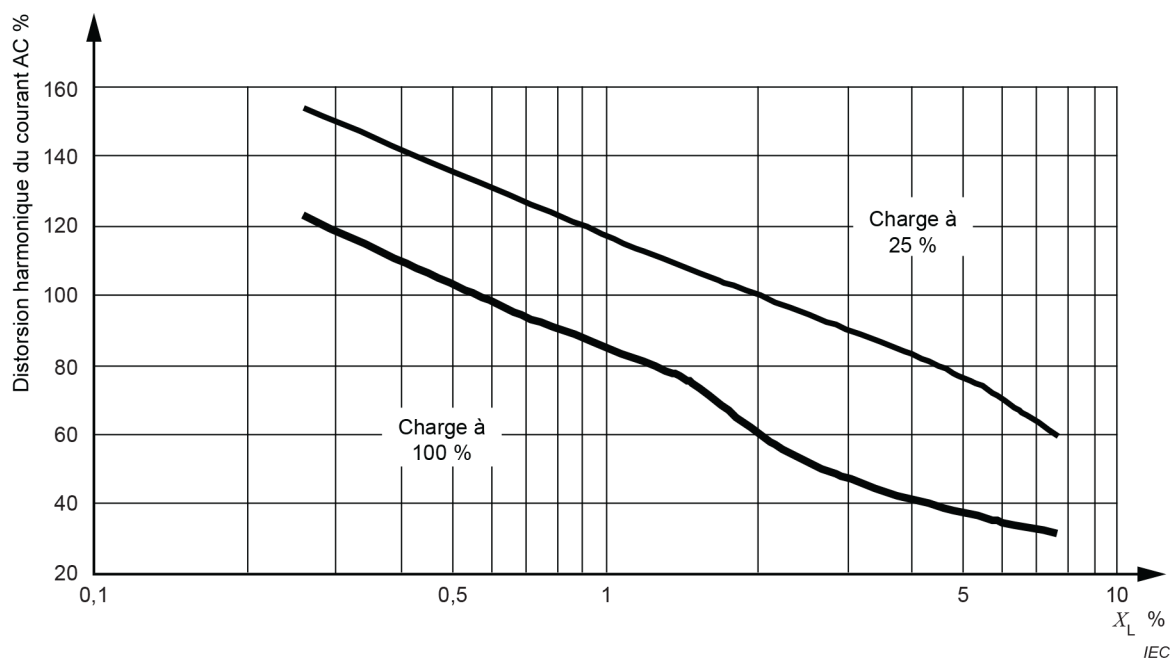


Figure B.10 – Distorsion du courant d'entrée

#### B.4.7 Généralités

Toutes ces approximations fournissent des informations sur les harmoniques réguliers. Elles sont relatives à un équipement technologiquement idéal. Cependant, aucun équipement ne peut être 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 peut en résulter une production d'harmoniques dits irréguliers tels que les harmoniques de rangs pairs ou de rangs multiples de trois.

### 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 comme cela est mentionné en 4.1 (voir également Figure B.11).

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 de 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 au niveau du PCC est de 0,06 mH. La valeur assignée de la tension composée (entre phases) est de 415 V à 50 Hz (240 V phase-neutre).

Pour simplifier, le *courant continu* est par hypothèse sans *ondulation*, avec  $I_d = 100$  A. Il en résulte un courant de ligne  $I_{LN1} = 78$  A. Cela correspond à  $R_{SC} = 163$  au PCC. Des harmoniques de courant sont évalués à l'aide de l'IEC TR 60146-1-2, en partant du principe d'un angle d'allumage  $\alpha = 20^\circ$  ( $d_x = 2,55$  %, angle d'empiètement  $u = 7,3^\circ$ ).

Le Tableau B.3 présente la contribution en tensions harmoniques entre phase et neutre du *convertisseur* (les unités sont des volts).



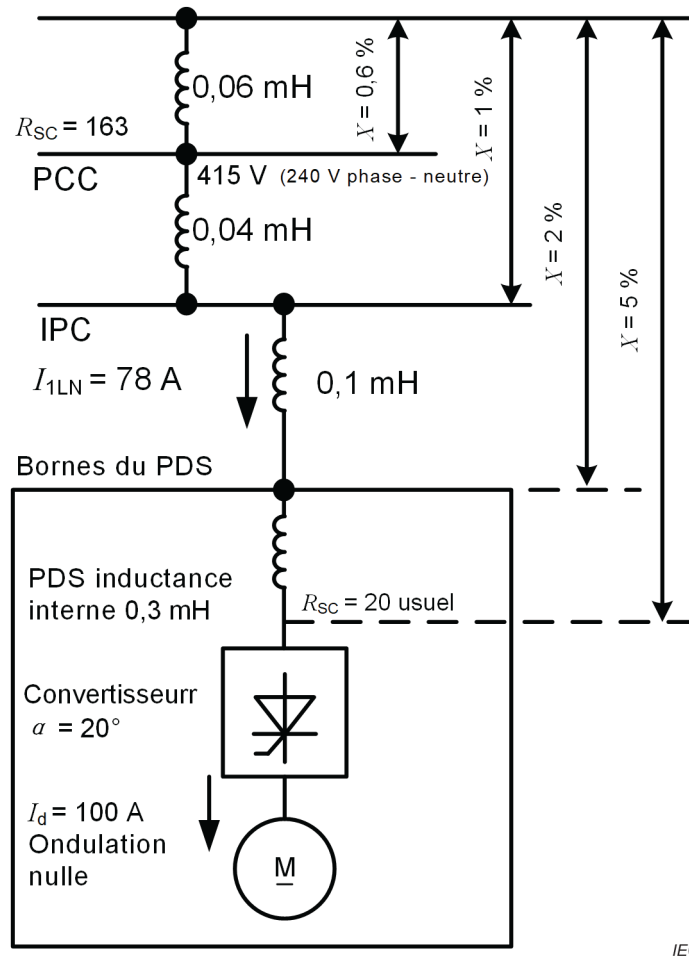


Figure B.11 – Exemple de structure simple

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 ou au PCC est un sujet un peu plus complexe. Cependant, l'approche simplifiée proposée dans l'IEC 61800-3 peut être appliquée pour obtenir une approximation de la distorsion résultante.

## 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.

Il s'agit le plus souvent 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 type de l'ordre de 10 % de celle susceptible d'être obtenue avec un indice de pulsation 6. Dans le cas des *convertisseurs* de type 1, il est exigé de les commander avec des retards d'allumage égaux. Il est nécessaire de modifier la Figure B.4 et la Figure B.6 pour des indices de pulsation 12. À la Figure B.6, il est nécessaire de recalculer la valeur efficace du courant total.

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 l'IEC TR 60146-1-2). Celles-ci résultent de la mise en court-circuit entre phases transitoire des conducteurs d'alimentation, à chaque commutation de bras de *convertisseur*.

Un *convertisseur* en pont de Graetz triphasé se compose de six interrupteurs à semiconducteurs disposés tels que représentés à 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) semiconducteurs conduisent simultanément dans la même rangée et sont la cause d'un bref court-circuit entre les phases. La tension entre phases aux bornes du pont tombe à zéro, et une encoche de commutation apparaît (voir Figure B.13).

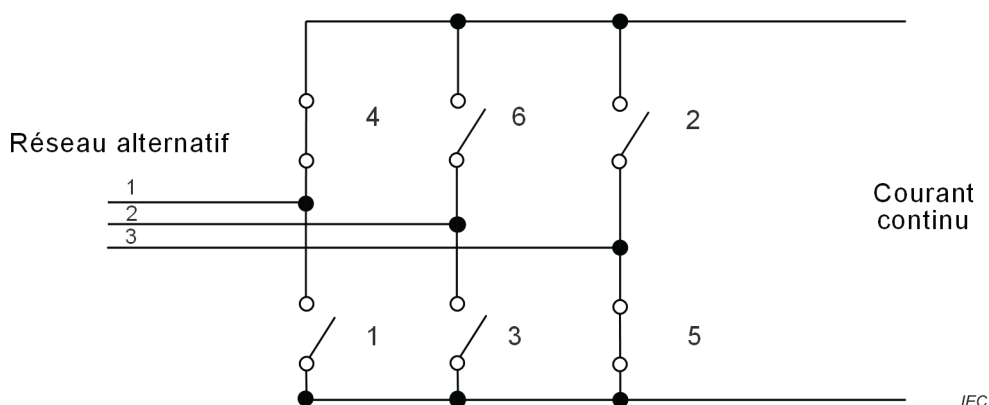
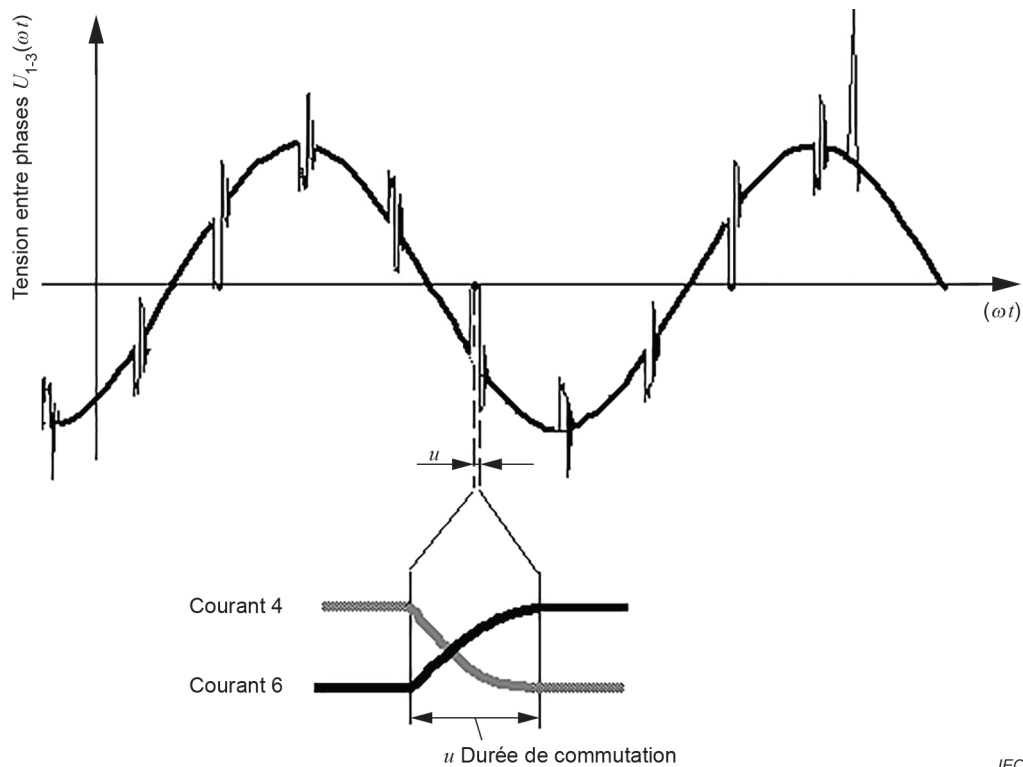


Figure B.12 – *Convertisseur* en pont de Graetz triphasé d'indice de pulsation 6



IEC

**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 entraînent, à partir d'un autre *convertisseur*, des charges-décharges des circuits RC à courant alternatif et des circuits RC à thyristors d'aide à la commutation. Les cycles supplémentaires de ces circuits, 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 par le transformateur d'alimentation de l'électronique.

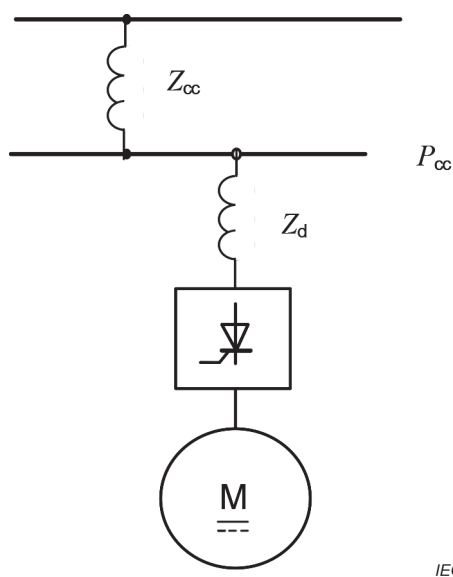
L'encoche de commutation maximale survient lorsque l'entraînement est en limitation de courant.

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 (il a, par exemple, une impédance) si le *convertisseur* est découplé du PCC au moyen de réactances (voir Figure B.14 pour un circuit équivalent). La profondeur d'encoche dépend alors du découplage. En première approximation:

$$d \leq 100 \times \frac{Z_{cc}}{Z_{cc} + Z_d}$$

où

$d$  est la profondeur d'encoche, donnée en pourcentage.



**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 diminuant  $Z_{cc}$  et en augmentant  $Z_d$ .

La valeur de  $Z_d$  peut être augmentée en installant des transformateurs d'isolement ou des bobines d'inductance. Il convient donc de placer ces éléments aussi près que possible du pont *convertisseur* afin d'empêcher les transitoires de commutation d'interférer avec les circuits de commande 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 de la réactance de découplage. Toutes choses égales par ailleurs, l'augmentation de la réactance de découplage diminue la profondeur d'encoche et augmente sa largeur en la maintenant à surface constante.

## B.8 Protection contre les creux de tension et coupures brèves

Les équipements qui relèvent du domaine d'application du présent document 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. L'équipement entraîné continue généralement à tourner au retour de l'alimentation du réseau. Alors que le *convertisseur* et le *moteur* 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 lorsqu'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 *fabricant* doivent établir une spécification précise.

Plusieurs solutions sont alors possibles.

a) Alimentation sans interruption (ASI)

Cette solution peut permettre un fonctionnement continu. La puissance assignée de l'entraînement et la durée maximale des perturbations à supporter déterminent le dimensionnement de l'ASI.

b) Séquence de passage de creux de tension

Cette solution permet un fonctionnement continu de l'équipement 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 permise sur l'équipement entraîné et les caractéristiques de la charge sont nécessairement examinées pour définir exactement la séquence de passage du creux de tension.

c) Redémarrage au vol après coupure brève

Des creux triphasés non supportables par l'équipement entraîné, des coupures brèves sans source de puissance de secours, ne permettent pas d'assurer un fonctionnement continu face aux perturbations de longue durée. La réduction de vitesse dépend du couple de la charge, de l'inertie de l'équipement entraîné et du *moteur*, 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 entraîné, lors du retour de la tension réseau, alors que cet équipement tourne encore. Cette solution peut souvent exiger 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 souvent nécessaire de provoquer un arrêt de l'équipement entraîné et/ou du processus.

## Annexe C (informative)

### Équipements 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 électriques de puissance (PDS)*. Notamment les transformateurs, les bobines d'inductance peuvent fonctionner à différents niveaux de courants harmoniques, à des régimes de charge impulsions etc. L'Annexe C vise à aider à identifier de telles zones pour ce genre d'équipement auxiliaire.

#### C.2 Transformateurs

##### C.2.1 Généralités

Des transformateurs (d'isolement ou autotransformateurs) peuvent être utilisés en entrée des *BDM*.

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;
- fournir une isolation (galvanique);
- satisfaire aux exigences 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 résidu harmonique n'est pas nul.

##### C.2.2 Tension

Lorsque la tension de ligne est différente de la tension d'entrée assignée du *convertisseur*, un transformateur élévateur ou abaisseur ou autotransformateur à l'entrée du *convertisseur* peut être utilisé. L'adaptation de la tension exigée 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.2.3 Règlements

Des règlements particuliers d'usine ou des règlements locaux peuvent imposer une isolation électrique, ce qui exige l'utilisation de transformateurs d'entrées.

#### **C.2.4 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 circuit d'alimentation isolé ou impédant pour alimenter les *BDM/CDM* et les *moteurs*. De telles applications sont généralement retrouvées dans les procédés industriels continus comme les papeteries, l'agroalimentaire, la chimie, les cimenteries, les mines ou la métallurgie.

Il y a souvent dans ces industries des défauts d'isolement des circuits d'alimentation dus à l'humidité ou aux conditions ambiantes; ces défauts affectent aussi bien les systèmes d'isolation des *moteurs* que les circuits d'alimentation. Pour maintenir un service continu dans un milieu ainsi perturbé, un transformateur d'isolement est utilisé pour isoler galvaniquement le circuit d'alimentation du *BDM/CDM* du système général de distribution. De cette manière, un fonctionnement en continu du circuit d'alimentation du *BDM/CDM* 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 convient de ne 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 *fabricant*, mais peut ne pas fournir la continuité du service attendue.

#### **C.2.5 Déséquilibre de la tension du réseau**

Un déséquilibre de la tension d'entrée entre phases supérieur à 3 % peut conduire à obtenir, à partir de la ligne de courant alternatif, des courants supérieurs à la valeur assignée. Un transformateur d'isolement équipé de prises peut être utilisé pour compenser le déséquilibre de tension dans une quelconque condition de charge assignée.

#### **C.2.6 Réduction des courants harmoniques d'entrée du *convertisseur***

Les *courants d'entrée* d'un *BDM/CDM* ne sont généralement pas sinusoïdaux. Ces courants non sinusoïdaux comportent une composante sinusoïdale à la fréquence du réseau (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 est souhaitable de réduire le plus possible l'amplitude de ces courants harmoniques.

Sur certains modèles de *BDM/CDM*, le résidu harmonique du courant d'entrée peut être modifié 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 le plus possible des encoches de commutation.

#### **C.2.7 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 maximale en court-circuit du *convertisseur* spécifiée par le *fabricant*, un transformateur peut être inséré entre le réseau de distribution d'énergie et le *convertisseur* afin de réduire la valeur du courant de court-circuit présumé.

#### **C.2.8 Augmentation de l'indice de pulsation**

Dans certains cas, des transformateurs ou autotransformateurs sont utilisés pour multiplier l'indice de pulsation et ainsi réduire la distorsion harmonique en tension et/ou courant résultante.

### C.3 Bobines d'inductance

Des bobines d'inductance 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 réduire le plus possible les encoches de commutation et réduire la valeur du courant de court-circuit présumé.

Des bobines d'inductance (à air ou à noyau de fer) sont aussi employées dans la configuration des *convertisseurs* du *PDS* 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 configuration 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 *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);
- assurer la protection.



## Annexe D (informative)

### Stratégies de commande

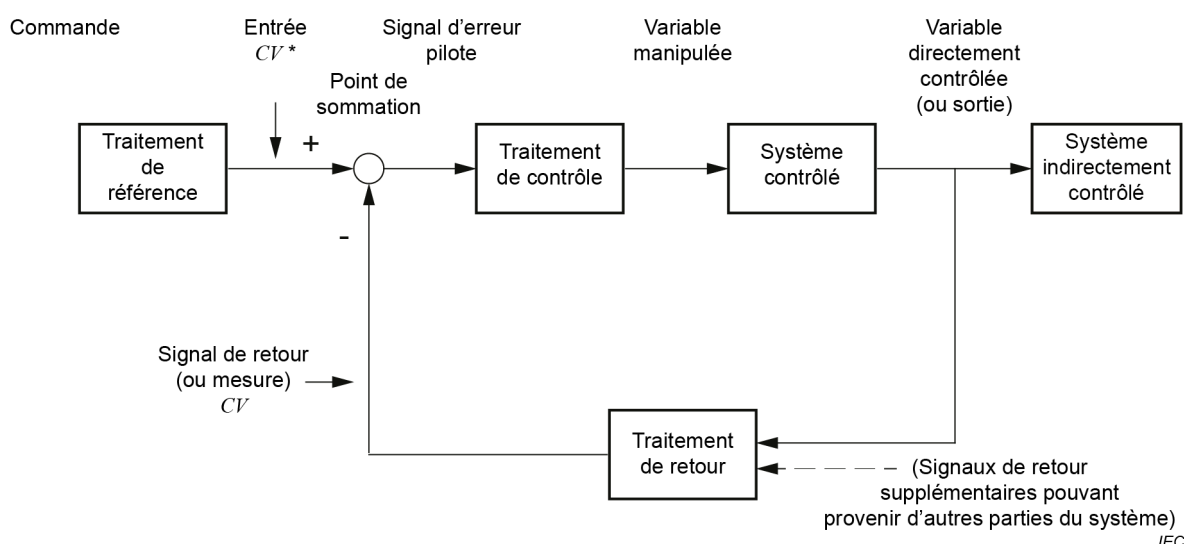
#### D.1 Généralités

Différents types de stratégies de commande sont 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'une *efficacité* élevée, d'un faible résidu harmonique, d'un *facteur de puissance* d'entrée élevé, etc.

#### D.2 Configurations de commande

##### D.2.1 Généralités

L'objectif final d'un entraînement à vitesse variable à courant continu est de contrôler 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.



NOTE  $CV$  est la variable contrôlée qui apparaît dans le schéma en tant que:

- référence notée  $CV^*$ ;
- mesurage de la valeur réelle noté  $CV$ .

**Figure D.1 – Schéma fonctionnel simplifié d'un système bouclé d'asservissement – Éléments de base**

En règle générale, Il peut exister à l'intérieur du système bouclé d'asservissement un régulateur maître et un système de commande 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 commande 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 ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

La présente annexe traite de la configuration des systèmes de commande des *moteurs à courant continu*.

### D.2.2 Structure de base

La structure de base d'un système de commande d'un *moteur* dépend des exigences de l'application.

Les plus importantes sont répertoriées ci-dessous:

- a) la variable du *moteur*, qui est à l'origine du signal de retour principal, peut être la vitesse de rotation (commande de la vitesse avec signal de retour de vitesse), la tension continue (commande de la vitesse avec signal de retour de tension continue) ou le courant produisant le couple (commande du courant d'induit et du courant d'excitation);
- b) le fonctionnement avec ou sans désexcitation (défluxage);
- c) le fonctionnement avec ou sans inversion du courant d'induit ou du courant d'excitation;
- d) l'inversion du courant d'induit (le cas échéant) avec ou sans courant de circulation.

Le Tableau D.1 indique comment neuf configurations principales de commande d'un *moteur à courant continu* (notées de A à I) peuvent être obtenues en prenant en considération ces variables et leurs éventuelles combinaisons.

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 équipés d'un régulateur de courant.

**Tableau D.1 – Exemples types de configurations de commande**

		Configurations de commande								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Variantes</b>	<b>Organe de mesure du retour</b>	<b>Capteur de vitesse</b>						<b>Transducteur de tension continue</b>		
	<b>Avec/sans désexcitation</b>	Sans			Avec			Sans*		
	<b>Avec/sans inversion du courant d'induit</b>	Sans	Avec		Sans	Avec		Sans	Avec	
	<b>Inversion du courant d'induit avec/sans courant de circulation</b>		Sans	Avec		Sans	Avec		Sans	Avec
	<b>Avec/sans inversion du courant d'excitation</b>	A1 sans; A2 avec			D1 sans; D2 avec			G1 sans; G2 avec		
* Dans le cas d'un retour par le transducteur de tension continue, il est possible de commander la désexcitation en envoyant la "vitesse" de référence au régulateur de courant d'excitation au moyen d'un générateur de fonction délivrant une consigne appropriée entre le courant d'excitation et la vitesse à la tension d'induit continue constante, 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 capteur de vitesse ou à un transducteur de tension continue en tant qu'organe de mesure du 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, des régulations de vitesse et de courant parallèles en variante de la régulation en cascade classique sont utilisées.

### **D.2.3 Aménagements facultatifs**

En plus de sa structure de base, un système de commande de *moteur à courant continu* possède des aménagements facultatifs. Les plus pertinents sont cités dans le Tableau D.21. Ceux-ci sont également représentés dans le schéma fonctionnel simplifié de la Figure D.2.

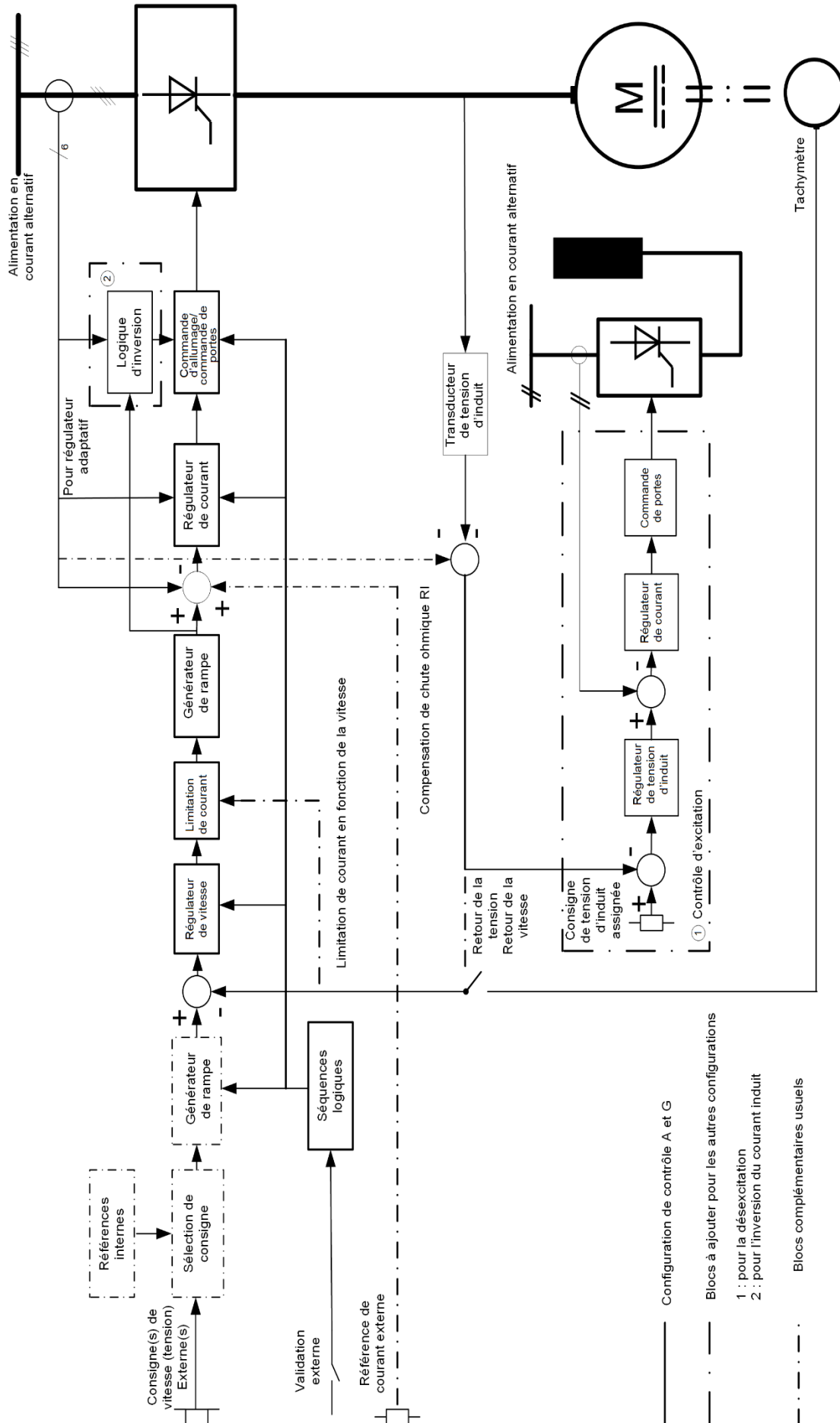


Figure D.2 – Schéma fonctionnel simplifié des aménagements facultatifs

**Tableau D.2 – Composition des configurations types de commande**

		Configurations de commande								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Blocs principaux</b>	Capteur de vitesse	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	≠	≠	≠
	Transducteur de tension d'induit continue	≠	≠	≠	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Régulateur de vitesse	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Limiteur de courant	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Régulateur de courant	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Déclencheur (commande de portes)	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Séquences logiques	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
	Commande d'excitation	≠	≠	≠	⊗	⊗	⊗	≠	≠	≠
	Logique d'inversion (bande morte)	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠	≠	⊗	≠
<b>Options</b>	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	≠	≠	≠
Limites minimale et maximale de l'excitation	≠	≠	≠	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.2.4 Commande analogique et commande numérique

La commande de l'entraînement peut être effectuée 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 est choisie en fonction des constantes de temps du processus étudié et du temps de réponse exigé par le processus.

Ces remarques sont valables également pour la durée des transferts nécessaires à la transmission des informations entre différents systèmes numériques.

## D.3 Modes de commande

### D.3.1 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 dispositif d'entraînement. Il s'agit:

- a) du mode commande du couple;
- b) du mode commande 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 prend en compte le système mécanique dans son ensemble à cause des réactions de la charge. Sauf spécification contraire, il est généralement admis que le couple est un couple électromagnétique non compris les réactions de la charge et les pertes de charge.

### D.3.2 Système de commande en boucle

Pour permettre des comparaisons significatives, trois types d'asservissement sont pris en considération.

- a) Commande en boucle ouverte, sans contre-réaction.
- b) Commande 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 *fabricant* précise comment la grandeur de retour est calculée, par exemple l'utilisation de telle ou telle variable, courant continu, courant alternatif, etc.
- c) Commande en boucle fermée, avec mesurage direct (capteur) de la grandeur de retour. Le *fabricant* doit également préciser les exigences de performances du capteur: exactitude, bande passante, etc.

### D.3.3 Exactitude et performances

Le Tableau D.3 présente une trame établie dans le but d'aider l'utilisateur à analyser la stratégie d'asservissement d'un système d'entraînement, et par conséquent à en évaluer les performances attendues.

Par ce tableau le *fabricant* identifie les performances d'asservissement aussi bien en régime permanent qu'en réponse dynamique. Le *fabricant* doit préciser la valeur type d'exactitude 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.

**Tableau D.3 – Stratégies d’asservissement de l’entraînement**

Mode de fonctionnement	Type de contre réaction	Résultat statique (exactitude/bande de précision)				Résultat dynamique (Temps d’établissement sur échelon de référence)
		Vitesse faible	Vitesse moyenne	Vitesse de base	Vitesse maximale	
Commande du couple	Sans contre-réaction					
	Avec contre-réaction indirecte (calculée)					
	Avec contre-réaction directe (capteurs)					
Commande de la vitesse	Sans contre-réaction					
	Avec contre-réaction indirecte (calculée)					
	Avec contre-réaction directe (capteurs)					

NOTE 1 La précision de service et la précision opérationnelle sont relatives aux valeurs à pleine échelle (voir l'Article D.3).

NOTE 2 Entre vitesse de base et vitesse maximale, le CDM alimente le *moteur* en régime défluxé. L'entraînement peut alors fournir une puissance électrique constante.

## D.4 Performances en régime permanent et transitoire

### D.4.1 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 d'entrée de référence 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 théorique est atteinte lorsque le signal de retour est égal à l'entrée de référence.

### D.4.2 Temps de réponse

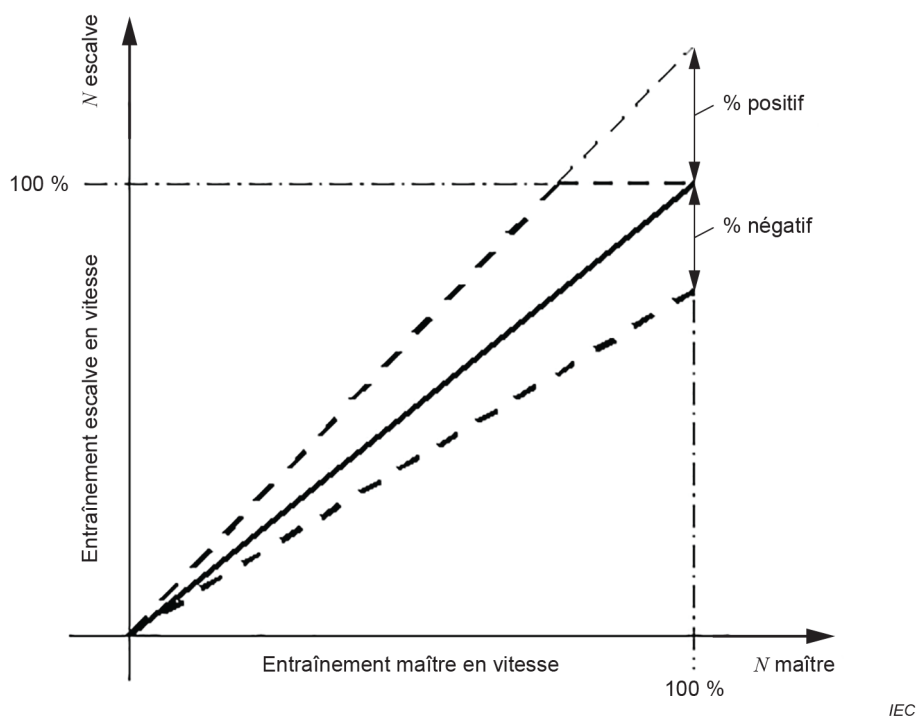
Voir 4.4.1.3.2.

### D.4.3 Performances des fonctions particulières

Des informations complémentaires peuvent être demandées au sujet des fonctions particulières.

### D.4.4 Suiveur de vitesse

Le suiveur de vitesse est le contrôle qui permet de faire fonctionner deux entraînements 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 cela est représenté à la Figure D.3, est généralement exprimé en pourcentage positif ou négatif de la vitesse du dispositif d'entraînement maître.



**Figure D.3 – Entraînement maître-esclave en vitesse**

- **Générateur de rampe de vitesse**

Les performances du générateur de rampe, s'il est fourni, sont définies par la plage d'accélération ou de décélération qui peut être affichée. De plus, il convient d'envisager la possibilité d'une décélération rapide pour un arrêt en cas d'urgence.

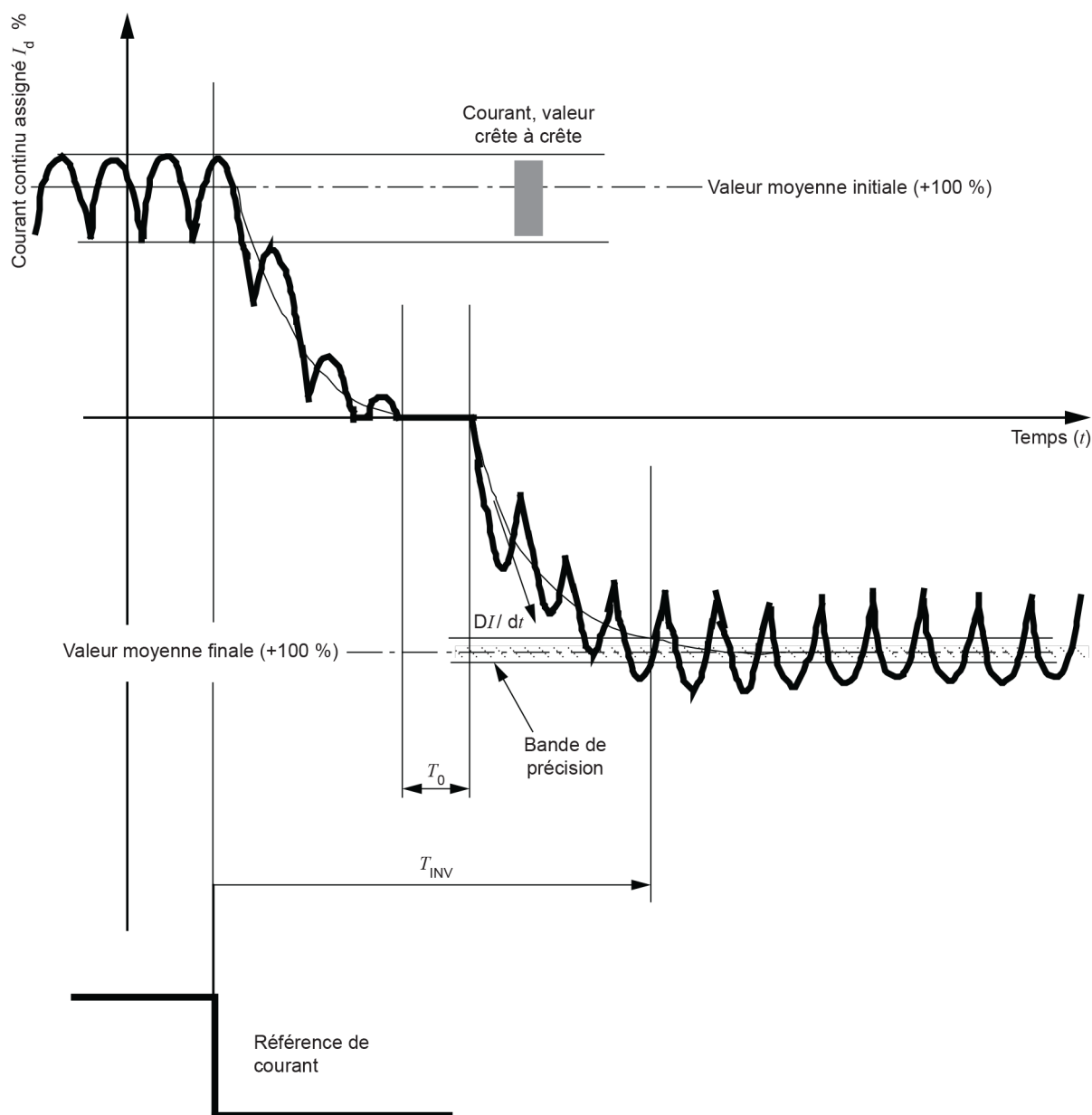
- **Limitation de courant – Limitation de couple**

Les caractéristiques de la limitation de courant ou de couple sont définies par la plage de réglage de la valeur de limitation.

- **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 d'inversion du courant durant lequel le courant est nul. La méthode de mesure de la durée d'inversion est donnée à la Figure D.4. Les conditions d'essai sont: vitesse nulle, excitation nulle, freinage de l'arbre du *moteur*, application du courant assigné et ordre d'inversion de courant. Le mesurage est alors réalisé et son résultat enregistré.





IEC

### Légende

$T_0$  temps d'inversion à courant nul (temps de bande morte)

$T_{INV}$  temps d'inversion

NOTE Le temps d'inversion  $T_{INV}$  débute avec l'échelon de consigne et dure jusqu'à ce que la valeur moyenne du courant reste dans la bande de précision opérationnelle. La rapidité de variation du courant influence bien sûr le temps d'inversion.

**Figure D.4 – Temps de bande morte**

## D.5 Liste de paramètres de commande utiles

### D.5.1 Paramètres de commande du *BDM/CDM*

Selon la Figure D.2, les paramètres principaux du *BDM/CDM* 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 d'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.5.2 Paramètres du moteur**

Les paramètres *moteur* sont:

- la résistance d'induit;
- l'inductance d'induit;
- la résistance d'excitation;
- l'inductance d'excitation.

#### **D.5.3 Paramètres mécaniques**

Les paramètres mécaniques sont:

- l'inertie (incluant la part du rotor du *moteur*);
- la souplesse;
- les jeux;
- etc.

#### **D.5.4 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.6 Structures**

#### **D.6.1 Structures fonctionnelles**

Les variables impliquées dans l'entraînement sont la vitesse et le couple.

Référence est faite ci-dessous aux éléments de la Figure D.5.

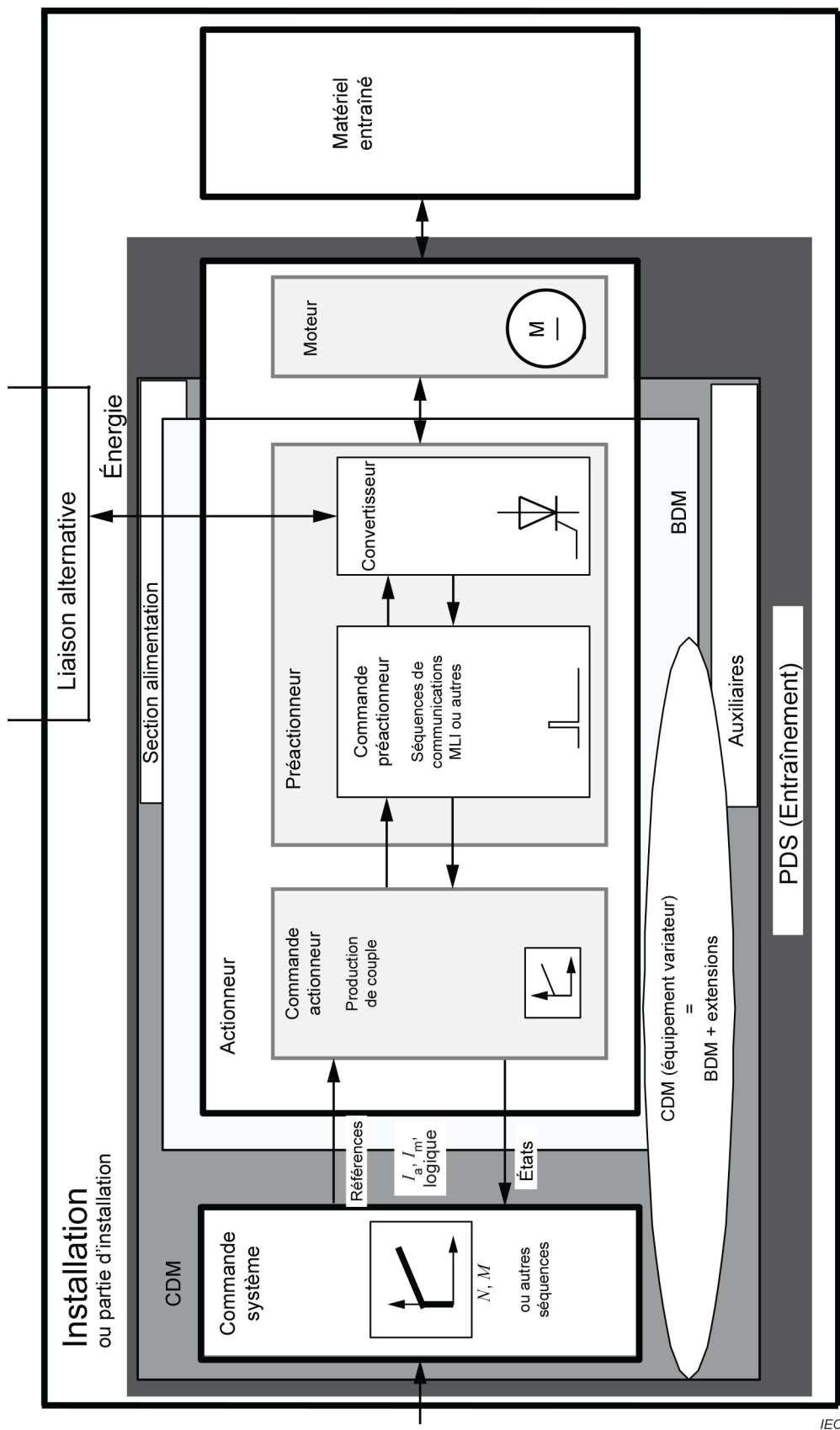


Figure D.5 – Structure d'un entraînement

Le *moteur* est un *convertisseur* d'énergie (électrique à mécanique). Électromagnétiquement, 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 du *convertisseur* et interface). La combinaison des deux (*convertisseur* et commande du *convertisseur*) constitue le préactionneur (*convertisseur* commandé).

La commande de l'actionneur assure le contrôle de la production de couple; en utilisant le préactionneur (*convertisseur* commandé), 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 de l'équipement entraîné constitue l'installation, ou une partie de celle-ci.

### **D.6.2 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 des structures 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, l'équipement entraîné ne fait pas partie du système d'entraînement.

Il est utile de définir le module d'entraînement complet (*CDM*), qui est l'entraînement sans le *moteur* (et ses capteurs associés). Comme cela est représenté à la Figure 2, l'équipement variateur *CDM* peut se décomposer en un module d'entraînement principal (*BDM*) et ses extensions. Ce *BDM* peut inclure ou non le régulateur de vitesse.

Les produits de type unitaire sont des modules d'entraînement principal ou complet (*BDM* ou *CDM*) L'ensemble relié au *moteur* constitue l'entraînement (*PDS*).

### **D.6.3 Conséquences importantes sur les performances de l'entraînement**

Les performances spécifiques du *BDM/CDM* ne concernent que le courant producteur de couple *moteur*.

Les performances de vitesse dépendent du *BDM/CDM*, du *moteur* et de l'équipement entraîné. Elles ne sont pas spécifiques au *BDM/CDM* 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.6.4 Effets de la souplesse de torsion

L'accouplement d'un *moteur* à un équipement entraîné par un arbre et/ou une transmission, génère une fréquence de torsion naturelle ( $f_{NT}$ ) en fonction de l'inertie de la masse et de l'élasticité de la transmission, comme suit:

$$f_{NT} = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{K(J_M + J_D)}{J_M J_D} \right]^{1/2}$$

où

$f_{NT}$  est la fréquence de torsion naturelle;

$J_M$  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 –  $1/K =$  souplesse).

Cette formule fait référence à un système à deux masses.

NOTE Un système à trois masses ou plus présente deux fréquences  $f_{NT}$  ou plus.

Dans beaucoup de cas, la fréquence  $f_{NT}$  est très élevée.

Si:

$$f_{NT} \gg 10 / T_r$$

où

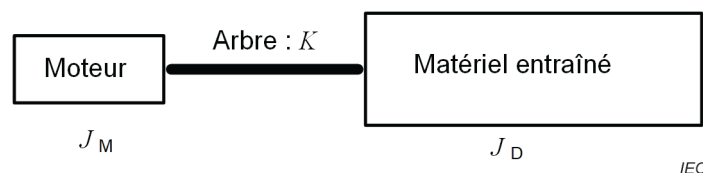
$T_r$  est le temps de réponse nécessaire au régulateur de vitesse.

La réponse temporelle est relativement indépendante des paramètres électriques et mécaniques de l'entraînement. Elle est davantage liée 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 d'entraînement et/ou de l'amplitude de l'échelon de charge appliqué.

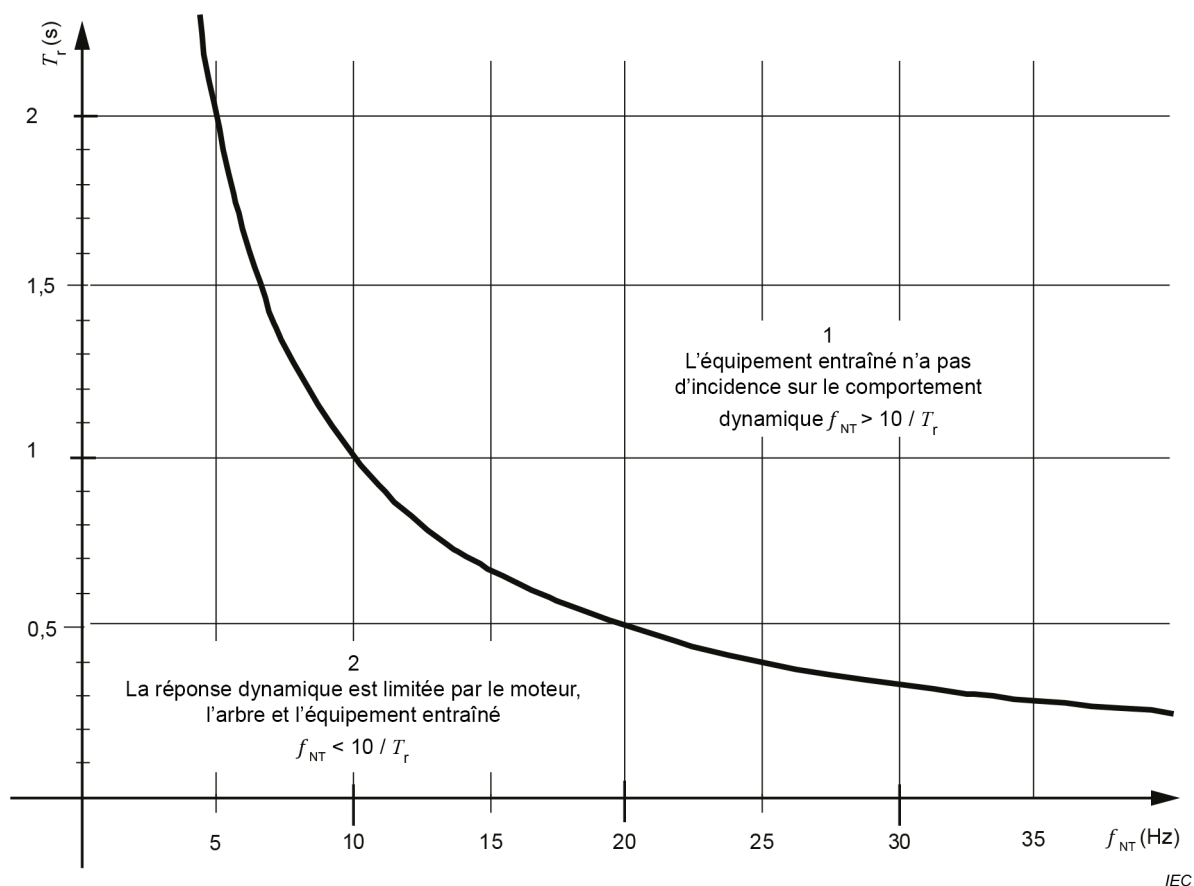
Toutefois, dans certains cas, et plus particulièrement lorsque la raideur de l'arbre de transmission est faible (par exemple, s'il est long), et que l'inertie de l'équipement entraîné est élevée, alors la fréquence  $f_{NT}$  de l'entraînement peut être inférieure à  $10 / T_r$ .

Dans ce cas, et afin d'éviter les vibrations, le temps de réponse du régulateur de vitesse doit être réglé à une valeur supérieure (en fonction de  $f_{NT}$ ) qui dépend des valeurs des paramètres mécaniques (c'est à dire inerties de la masse, raideur de la transmission). Par conséquent, l'erreur transitoire maximale de vitesse est supérieure à celle obtenue dans un système dans lequel la fréquence de torsion naturelle  $f_{NT} > 10 / T_r$ , toutes choses égales par ailleurs (inertie et caractéristiques de la commande). Voir Figure D.6 et Figure D.7.



IEC

Figure D.6 – Diagramme mécanique



**Légende**

$T_r$  temps de réponse nécessaire au régulateur de vitesse

$f_{NT}$  fréquence de torsion naturelle

**Figure D.7 – Critère de stabilité simple**

**D.6.5 Effets des jeux**

Un jeu d'engrenage introduit une non-linéarité dans le système d'entraînement, lorsqu'il y a possibilité d'inversion du couple (c'est-à-dire réduction de la vitesse de référence, provoquant un ralentissement du système d'entraînement, alimenté par *convertisseurs* à quatre quadrants) (voir Figure 4).

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 d'entraînement. Ainsi, le régulateur de vitesse rattrape le jeu rapidement. À 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 exigeant une bonne performance dynamique élevée, il est donc nécessaire de réduire le plus possible les jeux d'engrenage.

## **Annexe E** (informative)

### **Protection**

#### **E.1 Généralités**

L'Annexe E vise à aider l'utilisateur à comprendre comment protéger correctement le *BDM/CDM/PDS*. 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. L'Annexe E ne donne qu'une information générale relative à la disponibilité de l'équipement.

#### **E.2 Disponibilité de l'équipement**

##### **E.2.1 Généralités**

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.2.2 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 l'action de ces protections. Les valeurs limites sont fixées en dessous des valeurs de destruction des composants.

##### **E.2.3 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 l'urgence de l'action de protection. La Figure E.1 représente quelques exemples d'alarmes et de défauts. 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 équipements entraînés actionnant le procédé. De telles stratégies doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le *fabricant*. 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 n'exige pas d'action immédiate, (par exemple, défaut d'isolement). L'alarme reste active jusqu'à une action d'effacement et ne disparaît que lorsque la cause a été éliminée.

b) **Défaut mineur 1**

C'est un défaut généralement 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 *fabricant* en fonction du programme de production, par exemple arrêt de la production sans perte de produit.

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 *fabricant* en fonction de la nature du procédé. Du produit peut être stocké avant déclenchement de l'équipement.

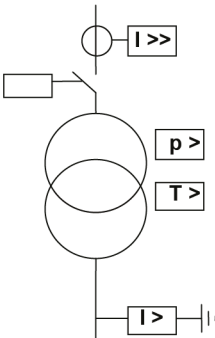
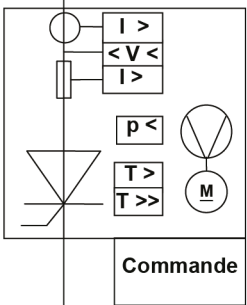
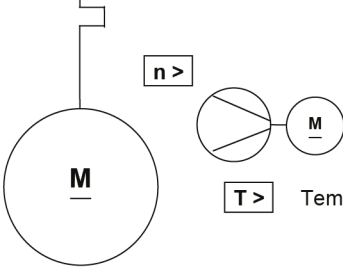
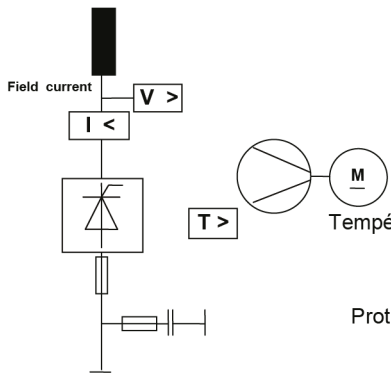
d) Défaut majeur

Le déclenchement de l'équipement est instantané et la production est interrompue immédiatement. Le produit dépendant de l'équipement entraîné et/ou du procédé peut être perdu et mis au rebut.

#### **E.2.4 Liste des alarmes et défauts**

Les messages nécessaires ainsi que les valeurs de déclenchement sont proposés par le *fabricant*. Il convient qu'ils fassent l'objet d'un accord entre le *fabricant* et l'utilisateur. La Figure E.1 représente quelques exemples d'alarmes et de défauts. Ces exemples illustrent les alarmes et défauts d'un *PDS* utilisant des entraînements de hautes performances. Des applications d'entraînement simple peuvent ne fournir que les fonctions alarme et déclenchement.



Message	Catégories				
	Alarme	Défaut mineur 1	Défaut mineur 2	Défaut majeur	
 <p>Court-circuit</p> <p>Dégagement gazeux</p> <p>Température excessive</p> <p>Défaut d'isolement (simple/double)</p>				■	Circuit du CDM
 <p>Surintensité</p> <p>Sous-tension/surtension (courant alternatif/courant continu)</p> <p>Fusion fusibles</p> <p>Perte de phase</p> <p>Défaut ventilation</p> <p>Niveau d'échauffement du semiconducteur</p> <p>Survitesse</p> <p>Perte du retour de vitesse</p>			■	■	
 <p>Surcharge individuelle</p> <p>Survitesse</p> <p>Défaut ventilation</p> <p>Température excessive d'enroulement</p>			■	■	Moteur
 <p>Surintensité d'excitation</p> <p>Perte d'excitation</p> <p>Défaut ventilation</p> <p>Température excessive des thyristors</p> <p>Fusion fusibles</p> <p>Protection contre les surtensions</p>			■	■	Circuit d'excitation (le cas échéant)

IEC

Figure E.1 – Classification des protections

### E.3 Protection du système (fonctions et dispositifs)

L'objet de l'Article E.3 est d'aider l'utilisateur dans l'examen des techniques et dans le choix des dispositifs nécessaires pour protéger correctement le système. Le système comprend, entre autres:

- 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 commande du système.

La protection de ces auxiliaires est assurée par une coordination correcte des dispositifs de coupure du courant, des impédances de circuit, des dispositifs antisurtension, des relais et alarmes. Ces dispositifs sont mis en œuvre pour éviter des surtensions, des surintensités et des conditions anormales d'échauffement 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 signalent d'arrêter le système avant que toute détérioration mécanique ne se produise.

### E.4 Protection de l'entraînement

#### E.4.1 Protection comprise dans le *BDM/CDM*

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. Ces contraintes comprennent:

- a) 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) variation rapide de pression dans les bobines d'inductance ou transformateurs à isolant liquide;

- f) survitesse des *moteurs*;
- g) vibrations excessives des *moteurs*;
- h) perte de lubrification des *moteurs*.

Il convient de tenir compte des courants transitoires à la terre dus aux capacités parasites entre la terre et l'entraînement 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 qui peuvent 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 généralement 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 souvent fournies sur les unités de plus grande puissance. Il convient de choisir avec soin les relais de protection, en tenant compte des harmoniques.

La protection contre les surtensions transitoires est généralement 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 manœuvre.

## Annexe F (informative)

### Caractéristiques de surveillance

#### F.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 autonome;
- 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 *BDM* ou *CDM*), 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).

#### F.2 Technologie

Les systèmes à contrôle analogiques sont équipés 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, entre autres, les fonctions suivantes:

- vitesse maximale de sécurité;
- vitesse maximale;
- limitation de courant;
- mesurage du courant;
- mesurage 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, entre autres, les indications suivantes:

- modification de paramètres (tels que gain des régulateurs, accélération, décélération);
- surveillance des variables d'asservissement de contrôle (telles que vitesse, tension, courant pour les mesurages 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.

## Bibliographie

IEC 60027-3, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 3: Grandeurs logarithmiques et connexes, et leurs unités*

IEC 60034-6, *Machines électriques tournantes – Partie 6: Modes de refroidissement (Code IC)*

IEC 60050-131:2002, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 131: Théorie des circuits*

IEC 60050-151:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

IEC 60050-411:1996, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 411: Machines tournantes*

IEC 60050-551-20:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 551-20: Électronique de puissance – Analyse harmonique*

IEC TR 60146-1-2, *Semiconductor converters – General requirement and line commutated converters – Part 1-2: Application guide* (disponible en anglais seulement)

IEC 60204-1, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 61131-2, *Mesurage et contrôle des processus industriels – Automates programmables – Partie 2: Exigences et essais des équipements*

IEC 61439-1, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

IEC 61800-9 (toutes les parties), *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 9: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées*

IEC 61800-9-1, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 9-1: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Exigences générales pour définir les normes d'efficacité énergétique d'un équipement entraîné via l'approche produit étendu (EPA) et le modèle semi-analytique (SAM)*

IEC 61800-9-2, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 9-2: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Indicateurs d'efficacité énergétique pour les entraînements électriques de puissance et les démarreurs de moteurs*

EN 50325-4, *Sous-système de communications industriel basé sur l'ISO 11898 (CAN) pour les interfaces des dispositifs de commande – Partie 4: Protocole CANopen*

EN 50598-3:2015, *Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteur, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Partie 3: approche quantitative d'écoconception par l'évaluation du cycle de vie, comprenant les règles relatives aux catégories de produits et le contenu des déclarations environnementales*

IEEE-519, *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*

IEEE 597, *IEEE Standard Practices and Requirements for General Purpose Thyristor DC Drives*

IEEE Transactions on Industry Applications N°1 Jan/Feb 83

---



INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)