NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61800-4

Première édition
First edition
2002-09

Entraînements électriques de puissance à vitesse variable –

Partie 4: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînements de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1 000 V alternatif et ne dépassant pas 35 kV

Adjustable speed electrical power drive systems –

Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V a.c. and not exceeding 35 kV

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XE

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 10

1 Domaine d'application 12
2 Références normatives 12
3 Définitions 18
3.1 Système 18
3.2 Paramètres d'entrée de l'entraînement 30
3.3 Convertisseur 32
3.4 Paramètres de sortie du moteur et du système 34
3.5 Contrôle 34
3.6 Essais 36
3.7 Symboles 38
4 Aperçu des topologies des entraînements 42
4.1 Classification des topologies 42
4.2 Configuration du convertisseur 42
4.3 Type de moteur 44
4.4 Couplage direct du moteur et configurations redondantes 46
4.5 Récupération et freinage dynamique 48
5 Conditions de service 50
5.1 Installation et fonctionnement 50
5.2 Transport 56
5.3 Magasinage de l'équipement 58
6 Caractéristiques assignées 60
6.1 Entraînement de puissance (PDS) 60
6.2 Convertisseur 66
6.3 Transformateur 70
6.4 Moteur 70
7 Prescriptions de performances du contrôle 72
7.1 Performances en régime établi 72
7.2 Performance dynamique 74
7.3 Performances de l'interface procédé asservissement 86
8 Composants principaux du système d'entraînement 90
8.1 Responsabilités 90
8.2 Transformateur 90
8.3 Convertisseur et contrôles associés 98
8.4 Moteur 100
9 Exigences d'intégration du PDS 112
9.1 Conditions générales 112
9.2 Intégration des composants de tension supérieure à 1 000 V 118
9.3 Interface de protection 126
9.4 Interface avec le matériel entraîné 130
10 Essais 132
10.1 Exécution des essais 132
10.2 Essais des constituants séparés du PDS 132
10.3 Essais de l'entraînement 140

CONTENTS

FOREWORD 11

1 Scope 13
2 Normative references 13
3 Definitions 19
3.1 System 19
3.2 PDS input parameters 31
3.3 Converter 33
3.4 PDS output parameters 35
3.5 Control 35
3.6 Tests 37
3.7 Symbols 39
4 Overview of drive system topologies 43
4.1 Topologies classification 43
4.2 Converter configuration 43
4.3 Motor type 45
4.4 By-pass and redundant configurations 47
4.5 Regenerative and dynamic braking 49
5 Service conditions 51
5.1 Installation and operation 51
5.2 Transportation 57
5.3 Storage of equipment 59
6 Ratings 61
6.1 Power drive system (PDS) 61
6.2 Converter 67
6.3 Transformer 71
6.4 Motor 71
7 Control performance requirements 73
7.1 Steady state performance 73
7.2 Dynamic performance 75
7.3 Process control interface performance 87
8 PDS main components 91
8.1 Responsibilities 91
8.2 Transformer 91
8.3 Converter and associated controls 99
8.4 Motor 101
9 PDS integration requirements 113
9.1 General conditions 113
9.2 Integration of components with voltages above 1 000 V 119
9.3 Protection interface 127
9.4 Driven equipment interface 131
10 Tests 133
10.1 Performance of tests 133
10.2 Items of individual PDS component tests 133
10.3 Drive system tests 141

11 Détermination du rendement 152
11.1 Généralités 152
11.2 Méthode des pertes séparées 156
11.3 Essai du système à pleine charge 164

Annexe A (informative) Topologies les plus utilisées pour les entraînements 170
A.1 Objet 170
A.2 Topologies d'entraînements avec convertisseurs indirects 170
A.3 Topologies d'entraînement à convertisseurs directs 186

Annexe B (informative) Performance du contrôle de vitesse et système mécanique 192
B.1 Généralités 192
B.2 Types de contrôle de vitesse fondamentaux 192
B.3 Effet de l'élasticité de torsion sur la performance de contrôle de vitesse 194
B.4 Effets des jeux mécaniques 198
B.5 Choix des critères du système de contrôle de vitesse 200
B.6 Spécification des performances du contrôle de vitesse 202

Annexe C (informative) Pertes des semi-conducteurs 204
C.1 Thyristor 204
C.2 GTO/GCT (thyristor commandé à l'extinction/thyristor à commande d'extinction intégrée) 206
C.3 IGBT 210
C.4 Pertes des circuits d'aide à la commutation (CALC) 214

Figure 1 – Schéma fonctionnel d'un entraînement à vitesse variable à courant alternatif (PDS) – Tension supérieure à 1 kV 20
Figure 2 – Exemple d'enveloppe de charge 34
Figure 3 – Structure générale d'un entraînement avec convertisseur indirect 42
Figure 4 – Structure générale d'un entraînement avec convertisseur direct 44
Figure 5 – Exemple de convertisseur à modules multiples et d'enroulements stator séparés 46
Figure 6 – Configuration générique de couplage direct du moteur pour un système à convertisseur indirect 46
Figure 7 – Onduleur à commutation assistée par la charge (LCI) pour moteur synchrone en configuration partiellement redondante 48
Figure 8 – Exemple de freinage dynamique 48
Figure 9 – Caractéristiques typiques du rendement et des pertes d'un entraînement en fonctionnement à flux constant 64
Figure 10 – Exemple de cycle de surcharge 66
Figure 11 – Bande de précision 74
Figure 12 – Réponse temporelle suivant une variation de référence d'entrée en échelon – Variable opérationnelle constante 80
Figure 13 – Réponse temporelle suivant une variation de la variable opérationnelle – Référence constante 82
Figure 14 – Réponse temporelle suivant une variation de la référence à un taux spécifié 82

11 Efficiency determination 153
11.1 General 153
11.2 Segregated loss method 157
11.3 Full load system test 165

Annex A (informative) Most commonly used drive system topologies 171
A.1 Object 171
A.2 Drive system topologies with indirect converters 171
A.3 Drive system topologies with direct converters 187

Annex B (informative) Speed control performance and the mechanical system 193
B.1 General 193
B.2 Basic speed control types 193
B.3 Effect of torsion elasticity on speed control performance 195
B.4 Effects of backlash 199
B.5 Selection criteria for the speed control system 201
B.6 Specification of the speed control performance 203

Annex C (informative) Power semiconductor losses 205
C.1 Thyristor 205
C.2 GTO/GCT thyristor (gate turn-off, gate commutated turn-off) 207
C.3 IGBT 211
C.4 Snubber losses 215

Figure 1 – Functional diagram of an a.c. adjustable speed power drive system (PDS) – Voltage above 1 kV 21
Figure 2 – Example of load envelope 35
Figure 3 – General structure of a drive system with an indirect converter 43
Figure 4 – General structure of a drive system with direct converter 45
Figure 5 – Example of multiple converter modules and separate stator winding systems motor 47
Figure 6 – Bypass configuration for system with indirect converter 47
Figure 7 – LCI-synchronous motor in a partly redundant configuration 49
Figure 8 – Example of dynamic braking 49
Figure 9 – Typical curves for efficiency and losses of a PDS at constant flux operation 65
Figure 10 – Overload cycle example 67
Figure 11 – Deviation band 75
Figure 12 – Time response following a step change of reference input – no change in operating variables 81
Figure 13 – Time response following a change in an operating variable – no reference change 83
Figure 14 – Time response following a reference change at specified rate 83

Figure 15 – Réponse fréquentielle de l'asservissement – Excitation en référence 84
Figure 16 – Responsabilités du fournisseur du système 90
Figure 17 – Types de contraintes d'isolement 106
Figure 18 – Définition de la tension transitoire aux bornes du moteur 108
Figure 19 – Caractéristiques limites admissibles d'une impulsion de tension (y compris l'effet de réflexion et l'amortissement) aux bornes du moteur en fonction du temps de montée t_a 108
Figure 20 – Entraînement de puissance (PDS) de tension supérieure à 1 000 V 114
Figure 21 – Intégration du PDS 118
Figure 22 – Exemple de mise à la terre de protection et d'interconnexion des composants principaux 122
Figure 23 – Points de mesures recommandés sur un entraînement 142
Figure 24 – Schéma de l'essai en opposition 150
Figure 25 – Configuration matérielle du PDS et rendement individuel de chaque composant 154
Figure A.1 – Structure de base d'un entraînement à moteur synchrone et onduleur de type LCI 170
Figure A.2 – Structure de base d'un entraînement avec moteur à induction et onduleur LCI 172
Figure A.3 – Structure de base d'un entraînement avec moteur à induction et onduleur auto-commuté en source de courant et à MLI 172
Figure A.4 – Topologie d'un entraînement avec moteur à induction et double onduleur CSI-MLI 174
Figure A.5 – Entraînement triphasé avec onduleur en source de tension (VSI) 176
Figure A.6 – Entraînement à onduleur en source de tension NPC 176
Figure A.7 – Structure NPC 178
Figure A.8 – Entraînement à onduleur multiniveaux en source de tension 178
Figure A.9 – Structure de l'onduleur multiniveaux 180
Figure A.10 – Onduleur triphasé en source de tension avec convertisseur bidirectionnel côté réseau 182
Figure A.11 – Entraînement à double onduleur en source de tension (VSI) 182
Figure A.12 – Entraînement à onduleur multiniveaux en source de tension 184
Figure A.13 – Module de puissance (PM) pour onduleur multiniveaux en source de tension 186
Figure A.14 – Cycloconvertisseur triphasé d'indice de pulsation 6 avec transformateur à 3 secondaires 188
Figure A.15 – Cycloconvertisseur à circulation de courant 188
Figure B.1 – Schéma bloc d'un système de contrôle en boucle fermée avec les éléments fondamentaux 192
Figure B.2 – Schéma mécanique d'un système à deux inerties 194
Figure C.1 – Forme d'onde de commutation des GTO/GCT 208
Figure C.2 – Forme d'onde de commutation d'un IGBT 212
Figure C.3 – Pont à thyristor triphasé 216
Figure C.4 – Ecrêteur commun de type RCD 216

Figure 15 – Frequency response of the control – reference value as stimulus 85
Figure 16 – Responsibilities of the system supplier 91
Figure 17 – Insulation stressing types 107
Figure 18 – Definition of the transient voltage at the terminals of the motor 109
Figure 19 – Admissible pulse voltage (including voltage reflection and damping) at the motor terminals as a function of the peak rise time t_a 109
Figure 20 – Power drive system (PDS) – voltage above 1 000 V 115
Figure 21 – PDS integration 119
Figure 22 – Example of protective earthing and interconnection of main components 123
Figure 23 – Reference measuring points for drive system tests 143
Figure 24 – Back-to-back test 151
Figure 25 – PDS hardware configuration and individual component efficiency 155
Figure A.1 – Basic structure of an LCI synchronous motor drive system 171
Figure A.2 – Basic structure of an LCI induction motor drive system 173
Figure A.3 – Basic structure of a self-commutated PWM-CSI inverter for an induction motor drive system 173
Figure A.4 – Dual CSI-PWM converter topology for induction motor drive system 175
Figure A.5 – Three-phase VSI drive systems 177
Figure A.6 – Voltage source NPC inverter drive system 177
Figure A.7 – NPC structure 179
Figure A.8 – Voltage source multi-level inverter drive system 179
Figure A.9 – Multi-level inverter structure 181
Figure A.10 – Three-phase VSI inverter with a bi-directional line-side converter 183
Figure A.11 – Dual voltage source inverter (VSI) drive system 183
Figure A.12 – Voltage source multilevel inverter drive system 185
Figure A.13 – Power module (PM) for each level 187
Figure A.14 – Three-phase six-pulse connection cycloconverter with a four-winding transformer 189
Figure A.15 – Circulating current cycloconverter 189
Figure B.1 – Block diagram of the feedback control system containing all the basic elements 193
Figure B.2 – Mechanical diagram of a two moment inertia system 195
Figure C.1 – GTO/GCT switching waveform 209
Figure C.2 – IGBT switching waveform 213
Figure C.3 – Three-phase thyristor bridge circuit 217
Figure C.4 – Common RCD clamp 217

Tableau 1 – Symboles 40
Tableau 2 – Conditions de service pour l'alimentation aux bornes de l'entraînement (principales et auxiliaires) 50
Tableau 3 – Limites de vibration de l'installation 54
Tableau 4 – Limites de vibration au cours du transport (voir classe 2M1 de la CEI 60721-3-2) 58
Tableau 5 – Exemple de réduction de la charge maximale permanente en fonction de la surcharge 66
Tableau 6 – Bandes de précision – Erreurs maximales (%) 74
Tableau 7 – Limites et types de contraintes 110
Tableau 8 – Fonctions de protection de l'entraînement 128
Tableau 9 – Essais normalisés des constituants des entraînements 132
Tableau 10 – Essais normalisés du convertisseur en tant que constituant 136
Tableau 11 – Essais d'un entraînement 140

Table 1 – Symbols 41
Table 2 – Service conditions for the voltage supply at the PDS terminals (main and auxiliary) 51
Table 3 – Installation vibration limits 55
Table 4 – Transportation vibration limits (see class 2M1 IEC 60721-3-2) 59
Table 5 – Example of reduced maximum continuous load as a function of an overload 67
Table 6 – Maximum deviation bands (percent) 75
Table 7 – Limiting parts and typical voltage stress capability of the motor insulation system 111
Table 8 – PDS protection functions 129
Table 9 – Standard tests for PDS components 133
Table 10 – Standard tests of the converter as component 137
Table 11 – Drive system tests 141

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE À VITESSE VARIABLE–

Partie 4: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînements de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1 000 V alternatif et ne dépassant pas 35 kV

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61800-4 a été établie par le sous-comité 22G: Convertisseurs à semiconducteurs pour les systèmes d'entraînement électriques à vitesse variable, du comité d'études 22 de la CEI: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22G/99/FDIS	22G/107/RVD

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

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –

Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V a.c and not exceeding 35 kV

FOREWORD

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

International Standard IEC 61800-4 has been prepared by sub-committee 22G: Semiconductor power converters for adjustable speed electric drive systems, of IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

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

FDIS	Report on voting
22G/99/FDIS	22G/107/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A, B and C are for information only.

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

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

ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE À VITESSE VARIABLE –

Partie 4: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînements de puissance en courant alternatif de tension supérieure à 1 000 V alternatif et ne dépassant pas 35 kV

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61800 s'applique aux entraînements à vitesse variable à courant alternatif comprenant la conversion de puissance, l'équipement de contrôle et un moteur. La traction pour les applications ferroviaires et les entraînements de véhicules électriques sont exclus.

La présente partie s'applique aux systèmes (voir figure 1) dont les tensions du convertisseur sont comprises entre 1 kV alternatif et 35 kV alternatif (tension entre phases), 50 Hz ou 60 Hz en entrée, et pour lesquels la tension générée en sortie du convertisseur peut aller jusqu'à 600 Hz. Les prescriptions concernant les tensions supérieures à 15 kV ne sont pas spécifiées et sont définies d'un commun accord entre le constructeur et le fournisseur du système.

Les prescriptions relatives aux entraînements de puissance, de tensions supérieures à 1 kV, qui utilisent un transformateur abaisseur en entrée et/ou un transformateur élévateur en sortie associé à un convertisseur en basse tension (inférieure à 1 000 V) sont celles de la CEI 61800-2.

Les aspects CEM sont traités dans la CEI 61800-3.

Les prescriptions spécifiques de sécurité des entraînements de tension supérieure à 1 kV seront traitées dans la CEI 61800-5.

Cette norme définit les caractéristiques des convertisseurs, leurs topologies et leurs relations aux systèmes d'entraînement à courant alternatif complet. Elle définit également les exigences de performance en termes de caractéristiques assignées, de conditions normales de fonctionnement, de conditions de surcharge, de tenue aux dépassements transitoires, de stabilité, de protection, de mise à la terre du réseau alternatif, de topologies et d'essais. De plus, elle fournit des guides d'application, par exemple relatifs aux stratégies de commande, à l'analyse de torsion, aux recommandations de mise à la terre ou à l'intégration des composants du système d'entraînement.

2 Références normatives

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

CEI 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60034-2:1972, *Machines électriques tournantes – Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction)*
Amendement 1 (1995)
Amendement 2 (1996)

ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –

Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V a.c and not exceeding 35 kV

1 Scope

This part of IEC 61800 applies to adjustable speed a.c. drive systems that include power conversion, control equipment and a motor. Excluded are traction for railway applications and electrical vehicle drives.

It applies to power drive systems (see figure 1) with converter voltages (line-to-line voltage), between 1 kV a.c. and 35 kV a.c., input side 50 Hz or 60 Hz, and load side frequencies up to 600 Hz. Requirements for voltages above 15 kV are not included and are defined by agreement between the manufacturer and the system supplier.

For power drive systems, with voltages above 1 kV, using a step-down input transformer and/or a step-up output transformer in connection with a low voltage converter (below 1 000 V), IEC 61800-2 applies.

EMC aspects are covered in IEC 61800-3.

Specific safety requirements for drive systems with voltage above 1 kV will be covered in IEC 61800-5.

This standard gives the characteristics of the converters, their topologies and their relationship with the complete a.c. drive system. It also states their performance requirements with respect to ratings, normal operating conditions, overload conditions, surge withstand capabilities, stability, protection, a.c. line earthing, topologies and testing. Furthermore, it deals with application guidelines, such as control strategies, torsion analysis, recommendations for earthing and drive system component integration.

2 Normative references

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

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

IEC 60034-2:1972, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)*
Amendment 1 (1995)
Amendment 2 (1996)

CEI 60034-2A:1974, *Machines électriques tournantes – Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction) – Premier complément: Mesure des pertes par la méthode calorimétrique*

CEI 60034-5, *Machines électriques tournantes – Cinquième partie: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines électriques tournantes (code IP)*

CEI 60034-6:1991, *Machines électriques tournantes – Partie 6: Modes de refroidissement (Code IC)*

CEI 60034-7: *Machines électriques tournantes – Partie 7: Classification des formes de construction et les dispositions de montage (Code IM)*

CEI 60034-9:1997, *Machines électriques tournantes – Partie 9: Limites de bruits*

CEI 60034-14:1996, *Machines électriques tournantes – Partie 14: Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm – Mesurage, évaluation et limites de la vibration*

CEI 60034-17:1998, *Machines électriques tournantes – Partie 17: Moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs – Guide d'application*

CEI 60034-18-31:1992, *Machines électriques tournantes – Partie 18: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Section 31: Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines jusqu'à et y compris 50 MVA et 15 kV*
Amendement 1 (1996)

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*
Amendement 1 (1994)
Amendement 2 (1997)

CEI 60050-111:1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 111: Physique et chimie*

CEI 60050-151:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-351:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 351: Commande et régulation automatiques*

CEI 60050-441:1984, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Appareillage et fusibles*
Amendement1 (2000)

CEI 60050-551:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 551: Electronique de puissance*

CEI 60050-601:1985, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*
Amendement 1 (1998)

CEI 60076-1:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 60076-2:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

IEC 60034-2A:1974, *Rotating electrical machines – Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery form tests (excluding machines for traction vehicles) – First supplement: Measurement of losses by the calorimetric method*

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification*

IEC 60034-6:1991, *Rotating electrical machines – Part 6: Methods of cooling (IC Code)*

IEC 60034-7, *Rotating electrical machines – Part 7: Classification of types of constructions and mounting arrangements (IM Code)*

IEC 60034-9:1997, *Rotating electrical machines – Part 9: Noise limits*

IEC 60034-14:1996, *Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration*

IEC 60034-17:1998, *Rotating electrical machines – Part 17: Cage induction motors when fed from converters – Application guide*

IEC 60034-18-31:1992, *Rotating electrical machines – Part 18: Functional evaluation of insulation systems – Section 31: Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in machines up to and including 50 MVA and 15 kV*
Amendment 1 (1996)

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*
Amendment 1 (1994)
Amendment 2 (1997)

IEC 60050-111:1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 111: Physics and chemistry*

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-351:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 351: Automatic control*

IEC 60050-441:1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Switchgear, controlgear and fuses*
Amendment 1 (2000)

IEC 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551: Power electronics*

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*
Amendment 1 (1998)

IEC 60076-1:2000, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2:1993, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

CEI 60076-3:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

CEI 60076-5:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

CEI 60076-8:1997, *Transformateurs de puissance – Partie 8: Guide d'application*

CEI 60146-1-1:1991, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*
Amendement 1 (1996)

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

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

CEI 60146-2:1999, *Convertisseurs à semiconducteurs – Partie 2: Convertisseurs auto-commutés à semiconducteurs y compris les convertisseurs à courant continu directs*

CEI 60146-6:1992, *Convertisseurs à semiconducteurs – Partie 6: Guide d'application pour la protection par fusibles des convertisseurs contre les surintensités*

CEI 60204-11: *Sécurité des machines – Equipement électrique des machines – Partie 11: Prescriptions pour les équipements HT fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. et ne dépassant pas 36 kV*

CEI 60417 (toutes les parties): *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*
Amendement 1 (1999)

CEI 60664-1:2000, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 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*

CEI 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*

CEI 60721-3-3:1994, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*
Amendement 1 (1995)
Amendement 2 (1996)

CEI 60726:1982, *Transformateurs de puissance de type sec*
Amendement 1 (1986)

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

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60076-5:2000, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60076-8:1997, *Power transformers – Part 8: Application guide*

IEC 60146-1-1:1991, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*
Amendment 1 (1996)

IEC 60146-1-2:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-2: Application guide*

IEC 60146-1-3:1991, *Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-3: Transformers and reactors*

IEC 60146-2:1999, *Semiconductor converters – Part 2: Self-commutated semi-conductor converters including direct d.c. converters*

IEC 60146-6:1992, *Semiconductor converters – Part 6: Application guide for the protection of semiconductor converters against overcurrent by fuses*

IEC 60204-11:2000, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60417 (all parts): *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
Amendment 1 (1999)

IEC 60664-1:2000, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

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 weather protected locations*
Amendment 1 (1995)
Amendment 2 (1996)

IEC 60726:1982, *Dry type power transformers*
Amendment 1 (1986)

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

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

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

CEI 61378-1:1997, *Transformateurs de conversion – Partie 1: Transformateurs pour applications industrielles*

CEI 61800-2:1998, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 2: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînement de puissance à fréquence variable en courant alternatif et basse tension*

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

ISO 1680:1999, *Acoustique – Code d'essai pour le mesurage du bruit aérien émis par les machines électriques tournantes*

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

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

IEC 61378-1:1997, *Converter transformers – Part 1: Transformers for industrial applications*

IEC 61800-2:1998, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 2: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable frequency a.c. power drive systems*

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

ISO 1680:1999, *Acoustics – Test code for the measurement of airborne noise emitted by rotating electrical machines*