

TECHNICAL SPECIFICATION

SPECIFICATION TECHNIQUE



**Rotating electrical machines –
Part 25: AC electrical machines used in power drive systems – Application
guide**

**Machines électriques tournantes –
Partie 25: Machines électriques à courant alternatif utilisées dans les
entraînements électriques de puissance – Guide d'application**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XC**
CODE PRIX

ICS 29.160

ISBN 978-2-8322-1876-1

**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
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	12
4 System characteristics.....	14
4.1 General.....	14
4.2 System information	14
4.3 Torque/speed considerations	15
4.3.1 General	15
4.3.2 Torque/speed capability.....	15
4.3.3 Electrical machine rating.....	16
4.3.4 Limiting factors on torque/speed capability	16
4.3.5 Safe operating speed, over-speed capability and over-speed test.....	16
4.3.6 Cooling arrangement	17
4.3.7 Voltage/frequency characteristics	17
4.3.8 Resonant speed bands	18
4.3.9 Duty cycles.....	18
4.4 Electrical machine requirements	19
5 Losses and their effects (for induction electrical machines fed from voltage source converters).....	21
5.1 General.....	21
5.2 Location of the additional losses due to converter supply and ways to reduce them.....	22
5.3 Converter features to reduce the electrical machine losses.....	23
5.3.1 Reduction of fundamental losses	23
5.3.2 Reduction of additional losses due to converter supply.....	23
5.4 Use of filters to reduce additional electrical machine losses due to converter supply.....	24
5.5 Temperature influence on life expectancy	24
5.6 Determination of electrical machine efficiency.....	25
6 Acoustic noise, vibration and torsional oscillation	25
6.1 Acoustic noise	25
6.1.1 General	25
6.1.2 Changes in noise emission due to changes in speed	25
6.1.3 Magnetically excited noise	26
6.1.4 Sound power level determination and limits	27
6.2 Vibration (excluding torsional oscillation)	28
6.2.1 General	28
6.2.2 Vibration level determination and limits.....	28
6.3 Torsional oscillation	29
7 Electrical machine insulation electrical stresses	29
7.1 General.....	29
7.2 Causes	29
7.3 Winding electrical stress	31
7.4 Limits and responsibility.....	33

7.4.1	Electrical machines design for low voltage($\leq 1\ 000\ \text{V}$).....	33
7.4.2	Electrical machines designed for medium and high voltage ($> 1\ 000\ \text{V}$)	34
7.5	Methods of reduction of voltage stress	34
7.6	Insulation stress limitation.....	35
8	Bearing currents	36
8.1	Sources of bearing currents in converter-fed electrical machines	36
8.1.1	General	36
8.1.2	Magnetic asymmetry	36
8.1.3	Electrostatic build-up	36
8.1.4	High-frequency voltages	36
8.2	Generation of high-frequency bearing currents.....	36
8.2.1	General	36
8.2.2	Circulating current	37
8.2.3	Shaft earthing current	37
8.2.4	Capacitive discharge current	37
8.3	Common-mode circuit	38
8.3.1	General	38
8.3.2	System common-mode current flow	38
8.4	Stray capacitances.....	38
8.4.1	General	38
8.4.2	Major component of capacitance	39
8.4.3	Other capacitances	39
8.5	Consequences of excessive bearing currents.....	40
8.6	Preventing high-frequency bearing current damage	40
8.6.1	Basic approaches	40
8.6.2	Other preventive measures.....	41
8.6.3	Other factors and features influencing the bearing currents	42
8.7	Additional considerations for electrical machines fed by high voltage source converters.....	43
8.7.1	General	43
8.7.2	Bearing protection of cage induction, brushless synchronous and permanent magnet electrical machines	43
8.7.3	Bearing protection for slip-ring electrical machines and for synchronous electrical machines with brush excitation	43
8.8	Bearing current protection for electrical machines fed by high-voltage current source converters	44
9	Installation.....	44
9.1	Earthing, bonding and cabling	44
9.1.1	General	44
9.1.2	Earthing.....	44
9.1.3	Bonding of electrical machines	44
9.1.4	Electrical machine power cables for high switching frequency converters	45
9.2	Reactors and filters.....	49
9.2.1	General	49
9.2.2	Output reactors.....	49
9.2.3	Voltage limiting filter (du/dt filter)	49
9.2.4	Sinusoidal filter.....	49
9.2.5	Electrical machine termination unit	50
9.3	Power factor correction	50

9.4	Integral electrical machines (integrated electrical machine and drive modules)	51
10	Additional considerations for permanent magnet (PM) synchronous electrical machines fed by voltage source converters	51
10.1	System characteristics	51
10.2	Losses and their effects	51
10.3	Noise, vibration and torsional oscillation	52
10.4	Electrical machine insulation electrical stresses	52
10.5	Bearing currents	52
10.6	Particular aspects of permanent magnets	52
11	Additional considerations for cage induction electrical machines fed by high voltage source converters	52
11.1	General	52
11.2	System characteristics	53
11.3	Losses and their effects	54
11.3.1	Additional losses in the stator and rotor winding	54
11.3.2	Measurement of additional losses	54
11.4	Noise, vibration and torsional oscillation	54
11.5	Electrical machine insulation electrical stresses	55
11.5.1	General	55
11.5.2	Electrical machine terminal overvoltage	55
11.5.3	Stator winding voltage stresses in converter applications	55
11.6	Bearing currents	57
12	Additional considerations for synchronous electrical machines fed by voltage source converters	57
12.1	System characteristics	57
12.2	Losses and their effects	57
12.3	Noise, vibration and torsional oscillation	57
12.4	Electrical machine insulation electrical stresses	57
12.5	Bearing currents	57
13	Additional considerations for cage induction electrical machines fed by block-type current source converters	58
13.1	System characteristics (see Figures 30 and 31)	58
13.2	Losses and their effects	59
13.3	Noise, vibration and torsional oscillation	61
13.4	Electrical machine insulation electrical stresses	61
13.5	Bearing currents	61
13.6	Additional considerations for six-phase cage induction electrical machines	61
14	Additional considerations for synchronous electrical machines fed by LCI	62
14.1	System characteristics	62
14.2	Losses and their effects	63
14.3	Noise, vibration and torsional oscillation	63
14.4	Electrical machine insulation electrical stresses	63
14.5	Bearing currents	63
15	Additional considerations for cage induction electrical machines fed by pulsed current source converters (PWM CSI)	64
15.1	System characteristics (see Figure 34)	64
15.2	Losses and their effects	65
15.3	Noise, vibration and torsional oscillation	65

15.4	Electrical machine insulation electrical stresses	65
15.5	Bearing currents	65
16	Wound rotor induction (asynchronous) electrical machines supplied by voltage source converters in the rotor circuit.....	65
16.1	System characteristics	65
16.2	Losses and their effects	65
16.3	Noise, vibration and torsional oscillation	66
16.4	Electrical machine insulation electrical stresses.....	66
16.5	Bearing currents	66
17	Other electrical machine/converter systems.....	66
17.1	Drives supplied by cyclo-converters	66
17.2	Wound rotor induction (asynchronous) electrical machines supplied by current source converters in the rotor circuit	68
18	Special consideration for standard fixed-speed induction electrical machines in the scope of IEC 60034-12 when fed from voltage source converter.....	68
18.1	Torque derating during converter operation.....	68
18.2	Losses and their effects	70
18.3	Noise, vibrations and torsional oscillation	70
18.4	Electrical machine insulation electrical stresses.....	70
18.5	Bearing currents	71
18.6	Maximum safe operating speed.....	72
19	Additional considerations for synchronous reluctance electrical machine fed by voltage source converters.....	72
19.1	System characteristics	72
19.2	Losses and their effects	72
19.3	Noise, vibration and torsional oscillation	72
19.4	Electrical machine insulation electrical stresses.....	73
19.5	Bearing currents	73
19.6	Particular aspects of synchronous reluctance electrical machines.....	73
Annex A	(informative) Converter characteristics.....	74
A.1	Converter control types.....	74
A.1.1	General	74
A.1.2	Converter type considerations	75
A.2	Converter output voltage generation (for voltage source converters).....	76
A.2.1	Pulse width modulation (PWM).....	76
A.2.2	Hysteresis (sliding mode)	76
A.2.3	Influence of switching frequency.....	76
A.2.4	Multi-level converters.....	78
A.2.5	Parallel converter operation.....	78
Annex B	(informative) Output characteristics of 2 level voltage source converter spectra	79
Annex C	(informative) Voltages to be expected at the power interface between converter and electrical machine.....	83
Figure 1	– Torque/speed capability	15
Figure 2	– Converter output current	16
Figure 3	– Examples of possible converter output voltage/frequency characteristics	18

Figure 4 – Example for the dependence of the electrical machine losses caused by harmonics P_h , related to the losses P_{f1} at operating frequency f_1 , on the switching frequency f_s in case of 2 level voltage source converter supply	22
Figure 5 – Example of measured losses P_L as a function of frequency f and supply type	23
Figure 6 – Additional losses ΔP_L of an electrical machine (same electrical machine as Figure 5) due to converter supply, as a function of pulse frequency f_p , at 50 Hz rotational frequency	24
Figure 7 – Relative fan noise as a function of fan speed	26
Figure 8 – Vibration modes of the stator core.....	27
Figure 9 – Typical surges at the terminals of an electrical machine fed from a PWM converter	30
Figure 10 – Typical voltage surges on one phase at the converter and at the electrical machine terminals (2 ms/division)	31
Figure 11 – Individual short rise-time surge from Figure 10 (1 μ s/division).....	31
Figure 12 – Definition of the rise-time t_r of the voltage pulse at the electrical machine terminals.....	32
Figure 13 – First turn voltage as a function of the rise-time	33
Figure 14 – Discharge pulse occurring as a result of converter generated voltage surge at electrical machine terminals (100 ns/division)	35
Figure 15 – Possible bearing currents	37
Figure 16 – Electrical machine capacitances.....	39
Figure 17 – Bearing pitting due to electrical discharge (pit diameter 30 μ m to 50 μ m)	40
Figure 18 – Fluting due to excessive bearing current	40
Figure 19 – Bonding strap from electrical machine terminal box to electrical machine frame	45
Figure 20 – Examples of shielded electrical machine cables and connections	46
Figure 21 – Parallel symmetrical cabling of high-power converter and electrical machine	47
Figure 22 – Converter connections with 360° HF cable glands showing the Faraday cage	47
Figure 23 – Electrical machine end termination with 360° connection.....	48
Figure 24 – Cable shield connection	48
Figure 25 – Characteristics of preventative measures	50
Figure 26 – Schematic of typical three-level converter	53
Figure 27 – Output voltage and current from typical three-level converter	53
Figure 28 – Typical first turn voltage ΔU (as a percentage of the line-to-ground voltage) as a function of du/dt	55
Figure 29 – Medium-voltage and high-voltage form-wound coil insulating and voltage stress control materials	56
Figure 30 – Schematic of block-type current source converter	58
Figure 31 – Current and voltage waveforms of block-type current source converter	58
Figure 32 – Influence of converter supply on the losses of a cage induction electrical machine (frame size 315 M, design N) with rated values of torque and speed	60
Figure 33 – Schematic and voltage and current waveforms for a synchronous electrical machine supplied from a current source converter	62
Figure 34 – Schematic of pulsed current source converter	64
Figure 35 – Voltages and currents of pulsed current source converter	64

Figure 36 – Schematic of cyclo-converter	66
Figure 37 – Voltage and current waveforms of a cyclo-converter.....	67
Figure 38 – Fundamental voltage U_1 as a function of operating frequency f_1	69
Figure 39 – Torque derating factor for cage induction electrical machines of design N, IC 0141 (self-circulating cooling) as a function of operating frequency f_1 (example).....	70
Figure 40 – Limiting curve of admissible impulse voltage \hat{U}_{LL}/U_N (peak value of line to line voltage including voltage reflection and damping/rated voltage) at the electrical machine terminals as a function of the rise-time t_r	71
Figure A.1 – Effects of switching frequency on electrical machine and converter losses.....	77
Figure A.2 – Effects of switching frequency on acoustic noise.....	77
Figure A.3 – Effects of switching frequency on torque ripple	78
Figure B.1 – Waveform of line-to-line voltage U_{LL} for voltage source converter supply with switching frequency $f_s = 30 \times f_1$ (example).....	79
Figure B.2 – Typical frequency spectra of converter output voltage.....	80
Figure B.3 – Typical frequency spectra of converter output voltage.....	80
Figure B.4 – Typical spectra of converter output voltage	81
Figure B.5 – Typical time characteristics of electrical machine current.....	81
Figure B.6 – Typical time characteristics of electrical machine current.....	82
Figure C.1 – Example of typical voltage curves and parameters of a two level inverter versus time at the electrical machine terminals (phase to phase voltage; taken from IEC TS 61800-8).....	83
Table 1 – Significant factors affecting torque/speed capability	16
Table 2 – Electrical machine design considerations	19
Table 3 – Electrical machine parameters for the tuning of the converter.....	20
Table 4 – Operating voltage at the terminals in units of U_N where the electrical machines may operate reliably without special agreements between manufacturers and system integrators	34
Table 5 – Effectiveness of bearing current countermeasures	42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 25: AC electrical machines used in power drive systems – Application guide

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC 60034-25, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This third edition of IEC TS 60034-25 cancels and replaces the second edition of IEC TS 60034-25, published in 2007, and the fourth edition of IEC TS 60034-17, published in 2006. It constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous editions of IEC TS 60034-25 and IEC TS 60034-17 are as follows:

- a) merging of IEC TS 60034-17 into IEC TS 60034-25 adding Clause 18 which now includes all specific requirements for standard non-definite purpose electric machines. General information and knowledge have been combined with the other Clauses of IEC TS 60034-25;
- b) replacement of “U Converter” with “voltage source converter”;
- c) replacement of “I Converter” with “current source converter”;
- d) redrafting of Clause 7;
- e) addition of Subclause 9.2.6;
- f) removal of Annex C: Noise increments due to converter supply.

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

Enquiry draft	Report on voting
2/1731/DTS	2/1750/RVC

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

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

NOTE A table of cross-references of all IEC TC 2 publications can be found on the IEC TC 2 dashboard on the IEC website.

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

- transformed into an International standard,
- 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

The performance characteristics and operating data for converter-fed electrical machines are influenced by the complete drive system, comprising supply system, converter, cabling, electrical machine, mechanical shafting and control equipment. Each of these components exists in numerous technical variants. Any values quoted in this technical specification are thus indicative only.

In view of the complex technical interrelations within the system and the variety of operating conditions, it is beyond the scope and object of this technical specification to specify numerical or limiting values for all the quantities which are of importance for the design of the power drive system.

To an increasing extent, it is the practice that power drive systems consist of components produced by different manufacturers. The object of this technical specification is to explain, as far as possible, the influence of these components on the design of the electrical machine and its performance characteristics.

This technical specification deals with both a.c. electrical machines which are specifically designed for converter supply and converter-fed electrical machines within the scope of IEC 60034-12, which are designed originally for mains supply.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 25: AC electrical machines used in power drive systems – Application guide

1 Scope

This part of IEC 60034 describes the performance characteristics of a.c. electrical machines for use on converter supplies. For electrical machines specifically designed for converter duty application design features are defined. It also specifies the interface parameters and interactions between the electrical machine and the converter including installation guidance as part of a power drive system, but except for the voltage at the power interface which is described in IEC 61800-8.

The general requirements of relevant parts of the IEC 60034 series of standards also apply to electrical machines within the scope of this technical specification.

For electrical machines operating in potentially explosive atmospheres, additional requirements as described in the IEC 60079 series or IEC 61241 series for dust ignition proof apply.

This technical specification is not primarily concerned with safety. However, some of its recommendations may have implications for safety, which should be considered as necessary.

Where a converter manufacturer provides specific installation recommendations, they should take precedence over the recommendations of this technical specification.

2 Normative references

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

IEC 60034-1:2010, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-2-1, *Rotating electrical machines – Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)*

IEC 60034-2-2, *Rotating electrical machines – Part 2-2: Specific methods for determining separate losses of large machines from tests – Supplement to IEC 60034-2-1*

IEC 60034-2-3, *Rotating electrical machines – Part 2-3: Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC induction motors*

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

IEC 60034-9:2003, *Rotating electrical machines – Part 9: Noise limits*
Amendment 1:2007

IEC 60034-12, *Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors*

IEC 60034-14:2003, *Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity*
Amendment 1:2007

IEC TS 60034-18-41:2014, *Rotating electrical machines – Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests*

IEC TS 60034-18-42, *Rotating electrical machines – Part 18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters*

IEC 60050 (all parts): *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC TR 61000-5-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 1: General considerations – Basic EMC publication*

IEC TR 61000-5-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling*

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, *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 TS 61800-8:2010, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface*

IEC TS 62578:2009, *Power electronics systems and equipment – Operation conditions and characteristics of active infeed converter applications*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	95
INTRODUCTION	97
1 Domaine d'application	98
2 Références normatives	98
3 Termes et définitions	99
4 Caractéristiques de système	101
4.1 Généralités	101
4.2 Informations de système	102
4.3 Considérations relatives au couple/à la vitesse	102
4.3.1 Généralités	102
4.3.2 Capacité couple/vitesse	102
4.3.3 Caractéristiques assignées de la machine électrique	103
4.3.4 Facteurs de limitation applicables à la capacité couple/vitesse	104
4.3.5 Vitesse de sécurité en fonctionnement, capacité et essai de survitesse	104
4.3.6 Dispositif de refroidissement	104
4.3.7 Caractéristiques de tension/fréquence	105
4.3.8 Gammes de vitesses résonantes	105
4.3.9 Cycles de service	106
4.4 Exigences relatives à la machine électrique	106
5 Pertes et leurs effets (pour les machines électriques à induction alimentées par des convertisseurs de source de tension)	109
5.1 Généralités	109
5.2 Emplacement des pertes supplémentaires dues à l'alimentation par convertisseur et méthodes de réduction de ces pertes	110
5.3 Caractéristiques du convertisseur visant à réduire les pertes de la machine électrique	111
5.3.1 Réduction des pertes fondamentales	111
5.3.2 Réduction des pertes supplémentaires dues à l'alimentation par convertisseur	111
5.4 Utilisation de filtres afin de réduire les pertes supplémentaires de la machine électrique dues à une alimentation par convertisseur	112
5.5 Influence de la température sur la durée de vie utile	112
5.6 Détermination du rendement des machines électriques	113
6 Bruit acoustique, vibrations et vibrations de torsion	113
6.1 Bruit acoustique	113
6.1.1 Généralités	113
6.1.2 Variations de l'émission de bruit dues aux variations de la vitesse	113
6.1.3 Bruit d'origine magnétique	114
6.1.4 Détermination et limites du niveau de puissance acoustique	116
6.2 Vibrations (à l'exclusion des vibrations de torsion)	116
6.2.1 Généralités	116
6.2.2 Détermination et limites des niveaux de vibrations	117
6.3 Vibrations de torsion	117
7 Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	118
7.1 Généralités	118
7.2 Causes	118

7.3	Contraintes électriques des enroulements.....	120
7.4	Limites et responsabilité	122
7.4.1	Conception de machines électriques pour basse tension ($\leq 1\,000\text{ V}$).....	122
7.4.2	Machines électriques conçues pour une tension moyenne et élevée ($> 1\,000\text{ V}$)	123
7.5	Méthodes de réduction de la contrainte de tension.....	124
7.6	Limitation de la contrainte d'isolation	124
8	Courants parasites de paliers	125
8.1	Sources des courants parasites de paliers dans les machines électriques alimentées par convertisseurs.....	125
8.1.1	Généralités	125
8.1.2	Asymétrie magnétique	125
8.1.3	Cumul électrostatique	125
8.1.4	Tensions à haute fréquence.....	125
8.2	Génération de courants parasites de paliers à haute fréquence	125
8.2.1	Généralités	125
8.2.2	Courant circulant	126
8.2.3	Courant de mise à la terre de l'arbre.....	126
8.2.4	Courant de décharge capacitive.....	126
8.3	Circuit en mode commun	127
8.3.1	Généralités	127
8.3.2	Écoulement du courant en mode commun du système	127
8.4	Capacités parasites	128
8.4.1	Généralités	128
8.4.2	Composante principale de la capacité.....	128
8.4.3	Autres capacités	129
8.5	Conséquences de courants parasites de paliers excessifs	130
8.6	Prévention d'un endommagement par un courant parasite de palier à haute fréquence	130
8.6.1	Principes	130
8.6.2	Autres mesures de prévention	131
8.6.3	Autres facteurs et caractéristiques qui influent sur les courants parasites de paliers	133
8.7	Considérations supplémentaires pour les machines électriques alimentées par des convertisseurs de source de tension élevée	133
8.7.1	Généralités	133
8.7.2	Protection des paliers des machines électriques synchrones à aimants permanents, sans balai et à induction à cage	133
8.7.3	Protection des paliers pour les machines électriques à bagues et pour les machines électriques synchrones avec excitation par balai	134
8.8	Protection contre les courants parasites de paliers pour les machines électriques alimentées par des convertisseurs de source de courant à haute tension.....	134
9	Installation.....	134
9.1	Mise à la terre, liaison équipotentielle et câblage	134
9.1.1	Généralités	134
9.1.2	Mise à la terre	134
9.1.3	Liaison équipotentielle des machines électriques.....	135
9.1.4	Câbles d'alimentation de la machine électrique pour des convertisseurs à fréquence de commutation élevée	136
9.2	Bobines de réactance et filtres	140

9.2.1	Généralités	140
9.2.2	Bobines de réactance de sortie.....	140
9.2.3	Filtre de limitation de la tension (filtre du/dt)	140
9.2.4	Filtre sinusoïdal	141
9.2.5	Bloc terminal de la machine électrique.....	141
9.3	Correction du facteur de puissance	142
9.4	Machines électriques intégrées (machine électrique et modules d'entraînement intégrés)	143
10	Considérations supplémentaires pour les machines électriques synchrones à aimants permanents (PM) alimentées par des convertisseurs de source de tension.....	143
10.1	Caractéristiques de système	143
10.2	Pertes et leurs effets.....	144
10.3	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	144
10.4	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	144
10.5	Courants parasites de paliers.....	144
10.6	Aspects particuliers des aimants permanents.....	144
11	Considérations supplémentaires pour les machines électriques à induction à cage alimentées par des convertisseurs de source de tension élevée	144
11.1	Généralités	144
11.2	Caractéristiques de système	145
11.3	Pertes et leurs effets.....	146
11.3.1	Pertes supplémentaires dans l'enroulement du stator et du rotor	146
11.3.2	Mesure des pertes supplémentaires	146
11.4	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	146
11.5	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	147
11.5.1	Généralités	147
11.5.2	Surtension aux bornes de la machine électrique	147
11.5.3	Contraintes de tension dans l'enroulement du stator dans les applications avec convertisseur	148
11.6	Courants parasites de paliers.....	149
12	Considérations supplémentaires pour les machines électriques synchrones alimentées par des convertisseurs de source de tension	149
12.1	Caractéristiques de système	149
12.2	Pertes et leurs effets.....	150
12.3	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	150
12.4	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	150
12.5	Courants parasites de paliers.....	150
13	Considérations supplémentaires pour les machines électriques à induction à cage alimentées par des convertisseurs de source de courant du type pleine onde.....	150
13.1	Caractéristiques de système (voir Figures 30 et 31).....	150
13.2	Pertes et leurs effets.....	151
13.3	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	154
13.4	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	154
13.5	Courants parasites de paliers.....	154
13.6	Considérations supplémentaires pour les machines électriques à induction à cage hexaphasées	155
14	Considérations supplémentaires pour les machines électriques synchrones alimentées par LCI	155
14.1	Caractéristiques de système	155
14.2	Pertes et leurs effets.....	157

14.3	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	157
14.4	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	157
14.5	Courants parasites de paliers.....	157
15	Considérations supplémentaires pour les machines électriques à induction à cage alimentées par des convertisseurs de source de courant pulsés (MLI CSI)	158
15.1	Caractéristiques de système (voir Figure 34)	158
15.2	Pertes et leurs effets.....	159
15.3	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	159
15.4	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	159
15.5	Courants parasites de paliers.....	159
16	Machines électriques (asynchrones) à induction à rotor bobiné alimentées par des convertisseurs de source de tension dans le circuit du rotor	159
16.1	Caractéristiques de système	159
16.2	Pertes et leurs effets.....	159
16.3	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	160
16.4	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	160
16.5	Courants parasites de paliers.....	160
17	Autres systèmes machine électrique/convertisseur	160
17.1	Entraînements alimentés par des cycloconvertisseurs	160
17.2	Machines électriques (asynchrones) à induction à rotor bobiné alimentées par des convertisseurs de source de courant dans le circuit du rotor.....	162
18	Considération particulière pour les machines électriques à induction à vitesse fixe normales dans le domaine d'application de l'IEC 60034-12, et alimentées par un convertisseur de source de tension	162
18.1	Déclassement du couple pendant le fonctionnement du convertisseur	162
18.2	Pertes et leurs effets.....	164
18.3	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	164
18.4	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	164
18.5	Courants parasites de paliers.....	165
18.6	Vitesse maximale de sécurité en fonctionnement	166
19	Considérations supplémentaires pour une machine électrique à réductance synchrone alimentée par des convertisseurs de source de tension	166
19.1	Caractéristiques de système	166
19.2	Pertes et leurs effets.....	167
19.3	Bruit, vibrations et vibrations de torsion	167
19.4	Contraintes électriques d'isolation des machines électriques	167
19.5	Courants parasites de paliers.....	167
19.6	Aspects particuliers des machines électriques à réductance synchrones.....	167
Annexe A (informative) Caractéristiques du convertisseur.....		168
A.1	Types de commande du convertisseur	168
A.1.1	Généralités	168
A.1.2	Considérations relatives au type de convertisseur	169
A.2	Génération de tension de sortie du convertisseur (pour les convertisseurs de source de tension)	170
A.2.1	Modulation d'impulsions en largeur (MLI).....	170
A.2.2	Hystérésis (mode de glissement)	170
A.2.3	Influence de la fréquence de commutation	170
A.2.4	Convertisseurs multiniveaux	172
A.2.5	Fonctionnement du convertisseur en parallèle	172

Annexe B (informative) Caractéristiques des spectres de convertisseurs de source de tension à 2 niveaux.....	173
Annexe C (informative) Tensions prévisibles à l'interface de puissance entre le convertisseur et la machine électrique	177
Figure 1 – Capacité couple/vitesse	103
Figure 2 – Courant de sortie du convertisseur.....	103
Figure 3 – Exemples de caractéristiques possibles de tension/fréquence de sortie du convertisseur	105
Figure 4 – Exemple de dépendance des pertes de la machine électrique dues aux harmoniques P_h , liées aux pertes P_{f1} à la fréquence de fonctionnement f_1 , sur la fréquence de commutation f_s en cas d'alimentation par convertisseur de source de tension de niveau 2.....	110
Figure 5 – Exemple de pertes mesurées P_L en fonction de la fréquence f et du type d'alimentation	111
Figure 6 – Pertes supplémentaires ΔP_L d'une machine électrique (même machine électrique qu'à la Figure 5) dues à une alimentation par convertisseur, en fonction de la fréquence d'impulsion f_p , à une fréquence de rotation de 50 Hz.....	112
Figure 7 – Bruit relatif du ventilateur en fonction de sa vitesse.....	114
Figure 8 – Modes de vibration du noyau du stator	115
Figure 9 – Surtensions typiques aux bornes d'une machine électrique alimentée par un convertisseur MLI	119
Figure 10 – Surtensions typiques sur une phase au niveau du convertisseur et aux bornes de la machine électrique (2 ms/division).....	120
Figure 11 – Surtension individuelle à temps de montée de courte durée issue de la Figure 10 (1 μ s/division)	120
Figure 12 – Définition du temps de montée t_r de l'impulsion de tension aux bornes de la machine électrique.....	121
Figure 13 – Tension appliquée sur la première spire en fonction du temps de montée	122
Figure 14 – Impulsion de décharge suite à une surtension générée par le convertisseur aux bornes de la machine électrique (100 ns/division)	124
Figure 15 – Courants parasites de paliers potentiels.....	126
Figure 16 – Capacités de la machine électrique	129
Figure 17 – Formation de piqûres sur les paliers due à une décharge électrique (diamètre de piqûre compris entre 30 μ m et 50 μ m).....	130
Figure 18 – Formation de cannelures due à un courant parasite de palier excessif.....	130
Figure 19 – Bride de mise au potentiel entre la boîte à bornes et le châssis de la machine électrique.....	135
Figure 20 – Exemples de câbles et de connexions de machines électriques blindées	137
Figure 21 – Câblage symétrique parallèle de convertisseur et machine électrique à grande puissance	138
Figure 22 – Connexions du convertisseur avec presse-étoupe à haute fréquence sous un angle de 360° représentant la cage de Faraday	138
Figure 23 – Connecteur d'extrémité de la machine électrique avec une connexion sous un angle de 360°.....	139
Figure 24 – Connexion du blindage de câble.....	139
Figure 25 – Caractéristiques des mesures préventives	142
Figure 26 – Représentation schématique d'un convertisseur à trois niveaux type.....	145
Figure 27 – Tension et courant de sortie d'un convertisseur à trois niveaux type	145

Figure 28 – Tension type de première spire ΔU (en pourcentage de la tension phase-terre) en fonction du rapport du/dt	147
Figure 29 – Matériaux isolants et de protection antieffluves dues aux contraintes de tension exercées sur les bobines préformées à moyenne tension et à haute tension	148
Figure 30 – Représentation schématique du convertisseur de source de courant du type pleine onde	150
Figure 31 – Formes d'onde de courant et de tension du convertisseur de source de courant du type pleine onde	151
Figure 32 – Influence de l'alimentation par convertisseur sur les pertes d'une machine électrique à induction à cage (taille de carcasse 315 M, conception N) avec valeurs assignées de couple et de vitesse	153
Figure 33 – Représentation schématique des formes d'onde de tension et de courant pour une machine électrique synchrone alimentée par un convertisseur de source de courant	156
Figure 34 – Représentation schématique du convertisseur de source de courant du type pleine onde	158
Figure 35 – Tensions et courants du convertisseur de source de courant pulsé	158
Figure 36 – Représentation schématique d'un cycloconvertisseur	160
Figure 37 – Formes d'ondes de tension et de courant d'un cycloconvertisseur	161
Figure 38 – Tension fondamentale U_1 en fonction de la fréquence de fonctionnement f_1	163
Figure 39 – Facteur de déclassement du couple des machines électriques à induction à cage de conception N, IC 0141 (refroidissement par autocirculation), en fonction de la fréquence de fonctionnement f_1 (exemple).....	164
Figure 40 – Courbe limite de tension de choc admissible \hat{U}_{LL}/U_N (valeur de crête de la tension entre phases incluant la réflexion et l'amortissement de la tension assignée) aux bornes de la machine électrique en fonction du temps de montée t_r	165
Figure A.1 – Effets de la fréquence de commutation sur les pertes dans la machine électrique et dans le convertisseur.....	171
Figure A.2 – Effets de la fréquence de commutation sur le bruit acoustique	171
Figure A.3 – Effets de la fréquence de commutation sur l'ondulation de couple.....	172
Figure B.1 – Forme d'onde de la tension entre phases U_{LL} pour une alimentation par convertisseur de source de tension avec fréquence de commutation $f_s = 30 \times f_1$ (exemple)	173
Figure B.2 – Spectres de fréquences types de la tension de sortie du convertisseur	174
Figure B.3 – Spectres de fréquences types de la tension de sortie du convertisseur	174
Figure B.4 – Spectres de fréquences types de la tension de sortie du convertisseur	175
Figure B.5 – Caractéristiques temporelles types du courant de machine électrique	175
Figure B.6 – Caractéristiques temporelles types du courant de machine électrique	176
Figure C.1 – Exemple de courbes et de paramètres de tension types d'un onduleur à deux niveaux par rapport au temps aux bornes de la machine électrique (tension entre phases, donnée dans l'IEC TS 61800-8)	177

Tableau 1 – Facteurs importants qui affectent la capacité couple/vitesse.....	104
Tableau 2 – Considérations de conception des machines électriques	107
Tableau 3 – Paramètres de la machine électrique pour l'accord du convertisseur	108
Tableau 4 – Tension de fonctionnement aux bornes en unités de U_N , lorsque les machines électriques peuvent fonctionner de manière fiable sans accord particulier entre les fabricants et les intégrateurs de système.....	123
Tableau 5 – Efficacité des mesures de prévention applicables aux courants parasites de paliers.....	132

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 25: Machines électriques à courant alternatif utilisées
dans les entraînements électriques de puissance –
Guide d'application**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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 tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

L'IEC 60034-25, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes.

Cette troisième édition de l'IEC TS 60034-25 annule et remplace la deuxième édition de l'IEC TS 60034-25, publiée en 2007, et la quatrième édition de l'IEC TS 60034-17, publiée en 2006. Elle constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport aux éditions précédentes de l'IEC TS 60034-25 et de l'IEC TS 60034-17 sont les suivantes:

- a) fusion de l'IEC TS 60034-17 avec l'IEC TS 60034-25, avec ajout de l'Article 18 qui inclut désormais toutes les exigences spécifiques concernant les machines électriques standard à usage non déterminé. Combinaison des informations et des connaissances d'ordre général avec les autres articles de l'IEC TS 60034-25;
- b) remplacement de "Convertisseur U" par "convertisseur de source de tension";
- c) remplacement de "Convertisseur I" par "convertisseur de source de courant";
- d) réécriture de l'Article 7;
- e) ajout du paragraphe 9.2.6;
- f) suppression de l'Annexe C: Noise increments due to converter supply.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
2/1731/DTS	2/1750/RVC

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

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

NOTE Un tableau des correspondances de toutes les publications du comité d'études 2 de l'IEC peut être trouvé sur le site web de l'IEC, à la page d'accueil de ce comité.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- transformée en Norme internationale;
- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée; ou
- amendée.

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 cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Les caractéristiques de fonctionnement et les données de fonctionnement des machines électriques alimentées par convertisseurs dépendent du système d'entraînement complet, comprenant le réseau d'alimentation, le convertisseur, le câblage, la machine électrique, la transmission mécanique et l'équipement de commande. Chacun de ces composants existe dans de nombreuses variantes techniques. Toutes les valeurs citées dans cette spécification technique sont donc données uniquement à titre indicatif.

Compte tenu des corrélations techniques complexes dans le système et de la variété des conditions de fonctionnement, le domaine d'application et l'objet de la présente spécification technique n'incluent pas la spécification des valeurs numériques ou des valeurs limites de toutes les grandeurs importantes pour la conception de l'entraînement électrique de puissance.

Dans la pratique courante, les entraînements électriques de puissance sont de plus en plus fréquemment constitués de composants produits par différents fabricants. La présente spécification technique a pour objet d'expliquer, dans toute la mesure du possible, l'effet de ces composants sur la conception de la machine électrique et de ses caractéristiques de fonctionnement.

La présente spécification technique traite à la fois des machines électriques à courant alternatif conçues spécifiquement pour une alimentation par convertisseur et des machines électriques alimentées par convertisseur, comprises dans le domaine d'application de l'IEC 60034-12, qui sont conçues à l'origine pour l'alimentation réseau.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 25: Machines électriques à courant alternatif utilisées dans les entraînements électriques de puissance – Guide d'application

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034 décrit les caractéristiques de fonctionnement des machines électriques à courant alternatif destinées à être utilisées avec les alimentations par convertisseur. Des caractéristiques de conception sont définies pour les machines électriques conçues spécifiquement pour une application avec alimentation par convertisseur. La présente spécification technique spécifie également les paramètres d'interface et les interactions entre la machine électrique et le convertisseur, y compris les lignes directrices pour l'installation, comme partie intégrante d'un entraînement électrique de puissance, à l'exception toutefois de la tension à l'interface de puissance décrite dans l'IEC 61800-8.

Les exigences générales des parties correspondantes de la série de normes IEC 60034 s'appliquent également aux machines électriques comprises dans le domaine d'application de la présente spécification technique.

Pour les machines électriques fonctionnant dans des atmosphères explosibles, des exigences supplémentaires telles que décrites dans la série IEC 60079 ou la série IEC 61241 pour la protection contre l'inflammation des poussières s'appliquent.

La présente spécification technique ne traite pas principalement de la sécurité. Toutefois, certaines de ses recommandations peuvent avoir des implications pour la sécurité qu'il convient de prendre en considération le cas échéant.

Lorsqu'un fabricant de convertisseur fournit des recommandations d'installation spécifiques, il convient que ces dernières prévalent sur les recommandations de la présente spécification technique.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60034-1:2010, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60034-2-1, *Machines électriques tournantes – Partie 2-1: Méthodes normalisées pour la détermination des pertes et du rendement à partir d'essais (à l'exclusion des machines électriques pour véhicules de traction)*

IEC 60034-2-2, *Machines électriques tournantes – Partie 2-2: Méthodes spécifiques pour déterminer les pertes séparées des machines de grande taille à partir d'essais – Complément à la CEI 60034-2-1*

IEC 60034-2-3, *Machines électriques tournantes – Partie 2-3: Méthodes d'essai spécifiques pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs à induction en courant alternatif alimentés par convertisseur*

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

IEC 60034-9:2003, *Machines électriques tournantes – Partie 9: Limites de bruit*
Amendement 1:2007

IEC 60034-12, *Machines électriques tournantes – Partie 12: Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse*

IEC 60034-14:2003, *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 l'intensité vibratoire*
Amendement 1:2007

IEC TS 60034-18-41:2014, *Machines électriques tournantes – Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité*

IEC TS 60034-18-42, *Machines électriques tournantes – Partie 18-42: Essais de qualification et d'acceptation des systèmes d'isolation électrique résistants aux décharges partielles (Type II) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension*

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à <http://www.electropedia.org>)

IEC TR 61000-5-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation – Section 1: Considérations générales – Publication fondamentale en CEM*

IEC TR 61000-5-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guides d'installation et d'atténuation – Section 2: Mise à la terre et câblage*

IEC 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*

IEC 61800-3, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 3: Exigences de CEM et méthodes d'essais spécifiques*

IEC 61800-5-1, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 5-1: Exigences de sécurité – Électrique, thermique et énergétique*

IEC TS 61800-8:2010, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 62578:2009, *Power electronics systems and equipment – Operation conditions and characteristics of active infeed converter applications* (disponible en anglais seulement)