

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Adjustable speed electrical power drive systems –  
Part 9-2: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics  
and their driven applications – Energy efficiency indicators for power drive  
systems and motor starters**

**Entraînements électriques de puissance à vitesse variable –  
Partie 9-2: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des  
démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications  
entraînées – Indicateurs d'efficacité énergétique pour les entraînements  
électriques de puissance et les démarreurs de moteurs**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 29.130.01; 29.160.30; 29.200

ISBN 978-2-8322-3996-4

**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.....	12
2 Normative references .....	13
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	14
3.1 Terms and definitions.....	14
3.2 Symbols and abbreviated terms .....	17
4 Reference PDS (RPDS), reference CDM (RCDM) and reference motor (RM).....	24
4.1 General.....	24
4.2 Reference operating points of the RPDS, RCDM, RM and associated losses .....	25
4.3 Combining PDS losses with the driven equipment – Workflow for the semi-analytical model (SAM) .....	27
4.4 IE classes of line-fed motors .....	29
4.5 IE classes of converter-fed motors .....	29
4.6 IE Classes of frequency converters (complete drive modules, CDM) .....	29
4.7 IES Classes of a PDS .....	29
4.8 Consistency of IE and IES classes .....	30
4.9 Determination of the IES class of a PDS by application of "reference" and "test" devices and guidance for the manufacturers .....	30
5 Mathematical model of CDM, motor and PDS .....	32
5.1 General.....	32
5.2 CDM losses .....	32
5.2.1 General procedure and definition of the CDM and the test load .....	32
5.2.2 Output inverter losses .....	34
5.2.3 Input converter losses .....	37
5.2.4 Input choke losses .....	38
5.2.5 DC link losses.....	39
5.2.6 Current conductor losses .....	39
5.2.7 Control and standby losses.....	40
5.2.8 Cooling loss factor .....	40
5.2.9 Other CDM losses .....	40
5.2.10 Overall CDM losses .....	40
5.3 Motor losses .....	41
5.3.1 General .....	41
5.3.2 Additional harmonic losses of three-phase asynchronous motors fed by a CDM .....	42
5.3.3 Reference motor (RM) data .....	42
5.4 Reference PDS (RPDS) .....	43
5.4.1 Reference PDS losses .....	43
5.4.2 PDS losses at different switching frequencies .....	44
5.5 PDS losses for regenerative operation .....	45
5.6 Losses of motor starters .....	45
6 Limits of IE and IES classes .....	46
6.1 General.....	46
6.2 CDM .....	46
6.3 Motor .....	48
6.4 PDS.....	48

7	Loss determination .....	51
7.1	General.....	51
7.2	Type testing of CDM for IE classification.....	51
7.3	Type testing of PDS for IES classification .....	52
7.4	Determination procedures for CDM and PDS losses in part load operation.....	52
7.5	CDM loss calculation .....	53
7.6	PDS loss calculation .....	53
7.7	Input-output measurement method.....	53
7.7.1	Input-output measurement of CDM losses .....	53
7.7.2	Input-output measurement of PDS losses .....	54
7.7.3	Requirements of input-output measurement methods .....	54
7.8	Calorimetric measurement of CDM losses.....	57
7.9	Testing conditions for CDM testing.....	58
7.10	Testing conditions for PDS testing .....	59
7.11	Flowcharts for test procedures .....	59
8	Requirements for the user's documentation .....	62
8.1	General.....	62
8.2	Information for selection .....	62
8.3	Information for determination of energy efficiency classification .....	63
8.4	Information on the determination of additional energy losses and part load conditions .....	63
8.4.1	General .....	63
8.4.2	Losses in part load conditions.....	63
8.4.3	Losses of auxiliaries and options .....	63
8.4.4	Losses in stand-by mode .....	64
8.4.5	Losses in regenerative mode .....	64
Annex A	(normative) Losses of RCDM, RM and RPDS.....	65
A.1	Relative loss tables.....	65
Annex B	(informative) Description of the elements of an extended product using PDS with regard to their impact on losses.....	69
B.1	General.....	69
B.2	Losses in the mains cabling and feeding section.....	69
B.3	Input filter .....	70
B.3.1	High frequency EMI filter .....	70
B.3.2	Low frequency line harmonics filter .....	71
B.4	Input converter.....	71
B.4.1	General .....	71
B.4.2	Diode rectifier .....	72
B.4.3	Active infeed converter .....	72
B.4.4	Power factor of the input converter .....	74
B.5	DC link.....	75
B.6	Output inverter.....	76
B.7	Output filter and motor cables .....	77
B.7.1	General .....	77
B.7.2	Sine wave filters .....	78
B.7.3	$dV/dt$ filters and motor chokes.....	79
B.7.4	High frequency EMI motor filters.....	79
B.7.5	Motor cables.....	79

B.8	Motor .....	79
B.9	Mechanical load .....	79
B.10	Control and standby losses .....	79
B.11	Cooling losses .....	80
B.11.1	Primary cooling losses .....	80
B.11.2	Secondary cooling losses .....	80
Annex C	(informative) Converter topology .....	81
C.1	General .....	81
C.2	Voltage source output inverter topologies different from those mathematically described in 5.2.2 .....	81
C.3	Voltage source input converter topologies different from those mathematically described in 5.2.3 .....	81
C.4	CDM topologies different from voltage source type .....	82
Annex D	(informative) Motor model and loss interpolation .....	83
D.1	Overview .....	83
D.2	Losses of AC motors .....	83
D.2.1	General .....	83
D.2.2	Stator and rotor winding $I^2R$ losses ( $P_{LS} + P_{LR}$ (for induction or wound rotor motors)) .....	83
D.2.3	Additional losses ( $P_{LL}$ ) .....	83
D.2.4	Iron losses ( $P_{Lfe}$ ) .....	84
D.2.5	Friction and windage losses ( $P_{Lfw}$ ) .....	84
D.2.6	Additional harmonic losses ( $P_{LHL}$ ) .....	85
D.3	Interpolation formula .....	85
D.4	Analytical determination of the interpolation coefficients .....	86
D.4.1	General .....	86
D.4.2	Additional losses due to frequency converter voltage drop .....	87
D.4.3	Alternate operating points to determine interpolation coefficients .....	88
D.4.4	Motors for square-torque applications .....	89
D.5	Determination of interpolation error .....	89
D.6	Numerical determination of the interpolation coefficients .....	89
D.7	Typical IE2 induction motor efficiency .....	90
Annex E	(informative) Application example for loss calculations of a CDM and a PDS .....	93
E.1	General .....	93
E.2	CDM loss determination .....	93
E.2.1	General .....	93
E.2.2	Loss determination by maximum losses of neighbouring loss points .....	94
E.2.3	Loss determination by two-dimensional interpolation of losses of neighbouring loss points .....	94
E.2.4	Loss determination by the mathematical model described in 5.2 .....	97
E.3	Loss determination of the motor .....	99
E.4	Loss determination of the PDS .....	100
Annex F	(informative) Uncertainty of loss determination method .....	101
F.1	General .....	101
F.2	Calculation of uncertainty at randomly occurring errors .....	101
F.3	Comparison of uncertainties for different loss determination methods .....	101
Annex G	(informative) Calorimetric measurement for CDM losses .....	102
G.1	General .....	102
G.2	Calorimeter with two chambers with air as a cooling medium .....	102

G.3	Calorimeter with one chamber with air as a cooling medium .....	103
G.4	Calorimeter with liquid as a cooling medium.....	104
	Bibliography.....	105
Figure 1	– Illustration of core requirements of energy efficiency standardization .....	10
Figure 2	– Illustration of the extended product with included motor system .....	15
Figure 3	– Torque-speed-characteristic of servo PDS .....	16
Figure 4	– Illustration of the operating points (shaft speed, torque) for the determination of relative losses of the power drive system (RPDS).....	25
Figure 5	– Illustration of the operating points (shaft speed, torque) for the determination of relative losses of the reference motor (RM).....	26
Figure 6	– Illustration of the operating points (relative motor stator frequency, relative torque-producing current) for the determination of losses of the reference complete drive module (RCDM) .....	26
Figure 7	– Illustration of the workflow to determine the energy efficiency index (EEI) of an extended product .....	28
Figure 8	– Illustration how to combine different data sources to determine the energy efficiency index (EEI) of an extended product .....	28
Figure 9	– Metrical relation of IE, IES classes.....	30
Figure 10	– Guidance for CDM and Motor manufacturers for the usage of "test" and "reference" devices to determine the IE/IES classes .....	31
Figure 11	– Illustration of the CDM and the test load.....	32
Figure 12	– Relative losses $p_{L,CDM}$ of the 9,95 kVA RCDM .....	41
Figure 13	– Example of the relative power losses of PDS as function of speed and torque .....	44
Figure 14	– Example of the relative power losses versus switching frequency.....	45
Figure 15	– Example of a CDM with resistor for dissipating generated power .....	45
Figure 16	– Illustration of IE classes for a CDM .....	48
Figure 17	– Illustration of IES classes of a PDS .....	49
Figure 18	– Losses of CDM are provided as the sum of the determined losses plus the uncertainty of the determination method .....	52
Figure 19	– Input-output measurement setup for determination of CDM losses .....	54
Figure 20	– Input-output measurement setup for PDS losses .....	54
Figure 21	– Order of CDM measurements from [1] to [8] .....	56
Figure 22	– Order of PDS measurements from [1] to [8].....	57
Figure 23	– Calorimetric measurement setup for determining CDM losses .....	58
Figure 24	– Determination of IE classification for CDM and loss determination for part load operating points .....	60
Figure 25	– Determination of IES classification for PDS and loss determination for part load operating points .....	61
Figure B.1	– Overview of the extended product and energy flow .....	69
Figure B.2	– Equivalent circuit of the mains and mains cabling .....	70
Figure B.3	– Illustration of a single phase line harmonics filter .....	71
Figure B.4	– PDS with a diode rectifier input converter .....	72
Figure B.5	– PDS with a standard AIC input converter .....	73
Figure B.6	– PDS with a F3E-AIC input converter without line choke.....	74

Figure B.7 – Typical waveform of a diode rectifier line current .....	74
Figure B.8 – DC link circuit .....	75
Figure B.9 – DC link circuit with additional DC chokes .....	76
Figure B.10 – Output inverter of the PDS .....	77
Figure B.11 – Motor cable and optional output filter of the PDS .....	77
Figure B.12 – Typical waveform of inverter output voltage and motor voltage when using a sine wave output filter.....	78
Figure D.1 – Normative operating points .....	87
Figure E.1 – Segments of operating points.....	93
Figure E.2 – Two-dimensional interpolation .....	95
Figure G.1 – One-step calorimetric measurement setup for comparative loss measurement (CDM and heating resistor are loaded simultaneously).....	103
Figure G.2 – Two-step calorimetric measurement setup for comparative loss measurement (CDM and heating resistor are not loaded simultaneously).....	104
Figure G.3 – Liquid cooled calorimetric measurement setup for CDM loss measurement.....	104
Table 1 – Minimum test load currents at different points of operation .....	33
Table 2 – Test load displacement factor between fundamental output current and fundamental output voltage at different points of operation .....	33
Table 3 – Reference parameters for Formula (5).....	35
Table 4 – Variables for Formula (5).....	35
Table 5 – Reference parameters for Formula (6).....	35
Table 6 – Reference parameters for Formula (7).....	36
Table 7 – Reference parameters for Formula (8).....	37
Table 8 – Reference parameters for Formula (10).....	38
Table 9 – Variables for Formula (10).....	38
Table 10 – Reference parameters for Formula (11):.....	38
Table 11 – Reference parameters for Formula (12).....	39
Table 12 – Reference parameters for Formula (13).....	39
Table 13 – Reference parameter for Formula (15).....	40
Table 14 – Reference parameter for Formula (14).....	40
Table 15 – Relative losses of the 400 V/9,95 kVA reference CDM at the operating points described in Figure 6 .....	41
Table 16 – Reference parameter for Formula (19).....	43
Table 17 – Relative losses of the 400 V/7,5 kW RPDS .....	44
Table 18 – Reference CDM losses for class IE1 definition .....	47
Table 19 – Reference PDS losses of IES class 1 definition .....	50
Table 20 – Information requirements.....	62
Table A.1 – Relative losses (%) of reference CDMs at different power ratings at the operating points described in Figure 6 .....	65
Table A.2 – Relative losses (%) of reference motors at different power ratings at the operating points described in Figure 5 .....	66
Table A.3 – Relative losses (%) for a reference PDS at different power ratings at the operating points described in Figure 4 .....	67
Table B.1 – Typical values of $\lambda$ for different input converter topologies .....	75

Table D.1 – Recommended split of windage and friction losses for IC 411 self-ventilated motors ..... 85

Table D.2 – Normative operating points with graphical representation ..... 86

Table D.3 – Non-normative alternate operating points..... 88

Table D.4 – Interpolation coefficients of typical 4-pole reference IE2 induction machines ..... 91

Table D.5 – Interpolation coefficients of typical 2-pole reference IE2 induction machines ..... 92

Table E.1 – Relative losses of a 400 V/9,95 kVA example CDM at the predefined operating points ..... 94

Table E.2 – Parameters of the example CDM..... 98

Table E.3 – Results of the CDM calculation according to the mathematical model ..... 99

Table E.4 – Comparison of different loss evaluation methods ..... 99

Table E.5 – Loss data of the 7,5kW reference motor ..... 99

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –****Part 9-2: Ecodesign for power drive systems,  
motor starters, power electronics and their driven applications –  
Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61800-9-2 has been prepared by subcommittee 22G: Adjustable speed electric drive systems incorporating semiconductor power converters, of IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment.

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

FDIS	Report on voting
22G/349/FDIS	22G/352/RVD

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

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



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

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

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

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

## INTRODUCTION

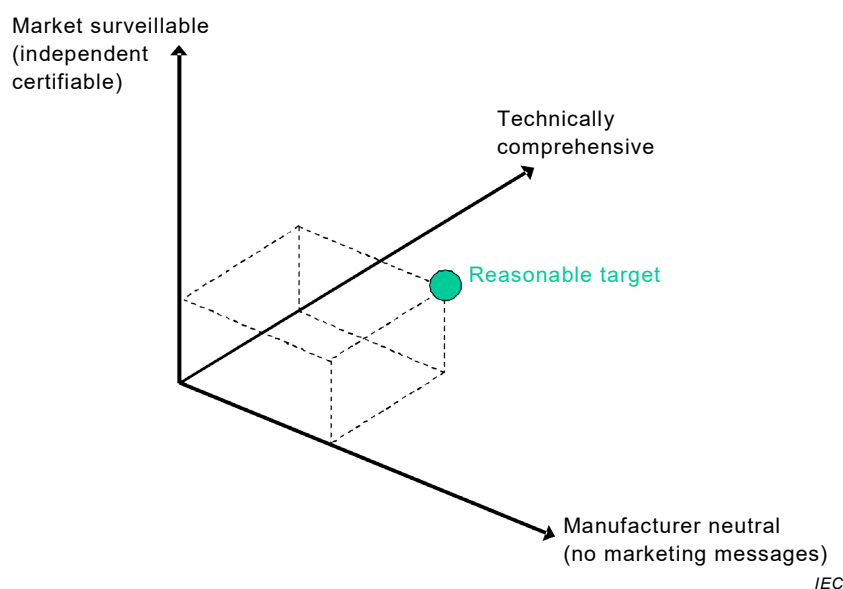
This part of IEC 61800 has been developed to allow evaluation of power losses of CDMs (complete drive modules) and PDSs (power drive systems).

The requirements for measuring energy efficiency of motors with non-sinusoidal supply are under the responsibility of IEC/TC 2 and will be published under the IEC 60034 series.

IEC SC 22G includes the standardization task force for dealing with this topic. It has close collaboration with several other technical committees (for example, IEC TC 2, IEC SC 121A).

IEC SC 22G maintains responsibility for all relevant aspects in the field of energy efficiency and ecodesign requirements for power electronics, switchgear, control gear and power drive systems and their industrial applications.

The core requirements of energy efficiency standardization are illustrated in Figure 1. The work has been agreed to provide the reasonable target as a best compromise.



**Figure 1 – Illustration of core requirements of energy efficiency standardization**

IEC 61800 (all parts) does not deal with mechanical engineering components.

NOTE Geared motors (motors with directly adapted gearboxes) are treated like power drive systems (converter plus motor). See IEC 60034-30-1 for classification of the losses of a geared motor. The efficiency classes of gearboxes as individual components are under consideration.

IEC 61800-9-2 is a subpart of the IEC 61800 series, which has the following structure:

- *Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed DC power drive systems*
- *Part 2: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed AC power drive systems*
- *Part 3: EMC requirements and specific test methods*
- *Part 4: General requirements – Rating specifications for AC power drive systems above 1 000 V AC and not exceeding 35 kV*
- *Part 5: Safety requirements*

- *Part 6: Guide for determination of types of load duty and corresponding current ratings*
- *Part 7: Generic interface and use of profiles for power drive systems*
- *Part 8: Specification of voltage on the power interface*
- *Part 9: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications*

Each part is further subdivided into several subparts, published either as International Standards or as Technical Specifications or Technical Reports, some of which have already been published. Other will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: IEC 61800-9-2).

It considers basic requirements from the EN 50598-2 CENELEC standard published on 2014-12-19 and considers also the following key points in cooperation with relevant technical committees.

It has been developed in close collaboration with other technical committees (IEC TC 2, IEC SC 121A) and with a customer's stakeholder committee CEN/TC 197 in order to provide a comprehensive standard for energy efficiency and ecodesign requirements.

Key points:

- Requirements for energy-efficient design of electric drive systems in accordance with the driven load
- Requirements and IE-classification of complete drive modules (CDM)
- Requirements and IES-classification of power drive systems (PDS)
- Determination of PDS losses and requirements for the link to the driven equipment for the determination of energy efficiency classification/evaluation of the extended product
- Requirements for an environmentally conscious system design and environmental declaration of a motor system

## **ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –**

### **Part 9-2: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications – Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters**

#### **1 Scope**

This part of IEC 61800 specifies energy efficiency indicators of power electronics (complete drive modules, CDM), power drive systems (PDS) and motor starters, all used for motor driven equipment.

It specifies the methodology for the determination of losses of the complete drive module (CDM), the power drive system (PDS) and the motor system.

It defines IE and IES-classes, their limit values and provides test procedures for the classification of the overall losses of the motor system.

Furthermore, this document proposes a methodology for the implementation of the best energy efficiency solution of drive systems. This depends on the architecture of the motor driven system, on the speed/load profile and on the operating points over time of the driven equipment.

The methodology of the extended product approach and the semi analytical models are defined in IEC 61800-9-1.

The structure of this document is as follows:

- the losses of standardized reference PDS (RPDS), standardized reference CDM (RCDM) and the mathematical model for their calculation are given and classified;
- the reference motor (RM) and the reference CDM (RCDM) are defined and can be used to determine the efficiency class of a motor system when one of its constituents is unknown;
- the requirements for the determination of the losses of a real PDS and a real CDM are given and compared to the reference RPDS and RCDM;
- the requirements for type testing and user documentation are given;
- some exemplary losses of an overall system are illustrated in annexes;
- information about system and drive topologies are given in annexes.

Specific data for power losses of RCDM, RM, RPDS and IE/IES-classes are given for low voltage (100 V up to and equal to 1 000 V), single axis AC/AC power drive systems with three-phase motors. Geared motors are treated as standard motors when motor and gearbox can be separated.

All provided reference data is derived from PDS with induction motors. It may be used for all types of PDS with other types of motors as well.

The application of this document to the following equipment may be technically possible but is not mandatory:

- High voltage CDM and PDS with a rated voltage above 1 000 V AC;
- Low voltage CDM and PDS with a rated voltage below 100 V AC;

- High power PDS above a rated power of 1 000 kW;
- High power CDM above a rated apparent output power of 1 209 kVA;
- Low power PDS below a rated power of 0,12 kW;
- Low power CDM below a rated power of 0,278 kVA;
- CDMs other than those converting electrical AC power into one single AC output;
- PDSs other than those converting electrical AC power into one single mechanical rotating shaft;
- PDSs and CDMs that are able to regenerate energy back into the AC power supply;
- PDSs and CDMs having an input current with a THC (according to the definition in IEC 61000-3-12) of less than 10 %;
- PDS with geared motors where motor and gearbox cannot be separated, for example because of a common housing,
- Servo PDS (consisting of frequency converter, motor and position feedback sensor);
- PDSs that are not put on the market as one single product.

NOTE IEC 61800-9 (all parts) does not cover energy efficiency classification of driven equipment but provides input for the assessment according to the extended product approach.

## 2 Normative references

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

IEC 60038:2009, *IEC standard voltages*

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 161: Electromagnetic compatibility*

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

IEC 60034-2-1:2014, *Rotating electrical machines – Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)*

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

IEC 60034-30-1, *Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE Code)*

IEC 60947-4-1, *Low voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters*

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

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	114
INTRODUCTION.....	116
1 Domaine d'application .....	118
2 Références normatives .....	119
3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés .....	120
3.1 Termes et définitions .....	120
3.2 Symboles et termes abrégés.....	125
4 PDS de référence (RPDS), CDM de référence (RCDM) et moteur de référence (RM).....	132
4.1 Généralités .....	132
4.2 Points de fonctionnement de référence du RPDS, du RCDM, du RM et pertes associées.....	133
4.3 Combinaison des pertes du PDS avec l'équipement entraîné – Workflow pour le modèle semi-analytique (SAM).....	136
4.4 Classes IE des moteurs alimentés par réseau.....	139
4.5 Classes IE des moteurs alimentés par convertisseur.....	139
4.6 Classes IE des convertisseurs de fréquence (modules d'entraînement complets, CDM) .....	139
4.7 Classes IES d'un PDS .....	140
4.8 Cohérence des classes IE et IES .....	140
4.9 Détermination de la classe IES d'un PDS à l'aide de dispositifs "de référence" et "d'essai" et de préconisations pour les fabricants.....	142
5 Modèle mathématique du CDM, du moteur et du PDS .....	143
5.1 Généralités .....	143
5.2 Pertes de CDM .....	143
5.2.1 Procédure générale et définition du CDM et de la charge d'essai.....	143
5.2.2 Pertes de l'onduleur de sortie .....	146
5.2.3 Pertes du convertisseur d'entrée .....	149
5.2.4 Pertes de la bobine d'arrêt d'entrée .....	150
5.2.5 Pertes de la liaison à courant continu .....	151
5.2.6 Pertes des conducteurs de courant.....	152
5.2.7 Pertes de commande et de veille .....	152
5.2.8 Facteur de perte de refroidissement .....	152
5.2.9 Autres pertes du CDM .....	153
5.2.10 Pertes globales du CDM .....	153
5.3 Pertes du moteur .....	154
5.3.1 Généralités.....	154
5.3.2 Pertes supplémentaires dues aux fréquences harmoniques des moteurs asynchrones triphasés alimentés par un CDM .....	154
5.3.3 Données du moteur de référence (RM) .....	155
5.4 PDS de référence (RPDS).....	155
5.4.1 Pertes du PDS de référence .....	155
5.4.2 Pertes du PDS à différentes fréquences de commutation.....	157
5.5 Pertes du PDS pour un fonctionnement en récupération .....	158
5.6 Pertes des démarreurs de moteurs .....	159
6 Limites des classes IE et IES.....	159
6.1 Généralités .....	159

6.2	CDM .....	160
6.3	Moteur .....	162
6.4	PDS .....	162
7	Détermination des pertes .....	164
7.1	Généralités .....	164
7.2	Essais de type du CDM pour le classement IE .....	164
7.3	Essais de type du PDS pour le classement IES .....	166
7.4	Procédures de détermination des pertes du CDM et du PDS dans un fonctionnement de charge partielle .....	166
7.5	Calcul des pertes du CDM .....	166
7.6	Calcul des pertes des PDS .....	167
7.7	Méthode de mesure d'entrée-sortie .....	167
7.7.1	Mesurage d'entrée-sortie des pertes du CDM .....	167
7.7.2	Mesurage d'entrée-sortie des pertes du PDS .....	168
7.7.3	Exigences relatives aux méthodes de mesure d'entrée-sortie .....	169
7.8	Mesurage calorimétrique des pertes du CDM .....	172
7.9	Conditions d'essai pour les essais du CDM .....	173
7.10	Conditions d'essai pour les essais du PDS .....	174
7.11	Organigrammes des procédures d'essai .....	174
8	Exigences relatives à la documentation de l'utilisateur .....	178
8.1	Généralités .....	178
8.2	Informations destinées à la sélection .....	179
8.3	Informations pour la détermination du classement de l'efficacité énergétique .....	180
8.4	Informations pour la détermination des pertes d'énergie supplémentaires et des conditions de charge partielle .....	180
8.4.1	Généralités .....	180
8.4.2	Pertes dans des conditions de charge partielle .....	180
8.4.3	Pertes des dispositifs auxiliaires et options .....	180
8.4.4	Pertes en mode de veille .....	181
8.4.5	Pertes en mode régénérateur .....	181
Annexe A (normative) Pertes du RCDM, RM et du RPDS .....		182
A.1	Tableaux des pertes relatives .....	182
Annexe B (informative) Description des éléments d'un produit étendu utilisant un PDS par rapport à leur effet sur les pertes .....		186
B.1	Généralités .....	186
B.2	Pertes dans les câbles de réseau et dans l'alimentation .....	187
B.3	Filtre d'entrée .....	188
B.3.1	Filtre EMI haute fréquence .....	188
B.3.2	Filtres anti harmoniques de ligne basse fréquence .....	188
B.4	Convertisseur d'entrée .....	189
B.4.1	Généralités .....	189
B.4.2	Redresseur à diodes .....	189
B.4.3	Convertisseur à alimentation active .....	190
B.4.4	Facteur de puissance du convertisseur d'entrée .....	191
B.5	Liaison à courant continu .....	192
B.6	Onduleur de sortie .....	194
B.7	Filtre de sortie et câbles de moteur .....	196
B.7.1	Généralités .....	196

B.7.2	Filtres à onde sinusoïdale.....	196
B.7.3	Filtres $dI/dt$ et bobines d'arrêt de moteur .....	197
B.7.4	Filtres de moteur EMI haute fréquence .....	198
B.7.5	Câbles de moteur .....	198
B.8	Moteur .....	198
B.9	Charge mécanique.....	198
B.10	Pertes de commande et de veille .....	198
B.11	Pertes de refroidissement .....	199
B.11.1	Pertes de refroidissement principal.....	199
B.11.2	Pertes de refroidissement secondaire .....	199
Annexe C (informative)	Topologie de convertisseur .....	200
C.1	Généralités .....	200
C.2	Topologies d'onduleurs de sortie de source de tension, différentes de celles décrites mathématiquement en 5.2.2.....	200
C.3	Topologies de convertisseurs d'entrée de source de tension, différentes de celles décrites mathématiquement en 5.2.3.....	200
C.4	Topologies de CDM autres que le type source de tension .....	201
Annexe D (informative)	Modèle de moteur et interpolation des pertes .....	202
D.1	Aperçu .....	202
D.2	Pertes des moteurs à courant alternatif.....	202
D.2.1	Généralités .....	202
D.2.2	Pertes $I^2R$ dans l'enroulement du stator et du rotor ( $P_{LS} + P_{LR}$ (pour les moteurs à induction ou à rotor bobiné)).....	202
D.2.3	Pertes supplémentaires ( $P_{LL}$ ).....	202
D.2.4	Pertes dans le fer ( $P_{Lfe}$ ).....	203
D.2.5	Pertes par frottement et par ventilation ( $P_{Lfw}$ ) .....	203
D.2.6	Pertes supplémentaires dues aux fréquences harmoniques ( $P_{LHL}$ ) .....	204
D.3	Formule d'interpolation .....	204
D.4	Détermination analytique des coefficients d'interpolation .....	205
D.4.1	Généralités .....	205
D.4.2	Pertes supplémentaires dues à la chute de tension du convertisseur de fréquence .....	207
D.4.3	Autres points de fonctionnement permettant de déterminer les coefficients d'interpolation .....	207
D.4.4	Moteurs pour les applications à couple quadratique.....	208
D.5	Détermination de l'erreur d'interpolation.....	209
D.6	Détermination numérique des coefficients d'interpolation .....	209
D.7	Efficacité des moteurs à induction IE2 typiques .....	209
Annexe E (informative)	Exemple d'application pour le calcul des pertes d'un CDM et d'un PDS .....	212
E.1	Généralités .....	212
E.2	Détermination des pertes du CDM .....	212
E.2.1	Généralités .....	212
E.2.2	Détermination des pertes d'après les pertes maximales aux points de perte voisins .....	213
E.2.3	Détermination des pertes par interpolation bidimensionnelle des pertes aux points de perte voisins .....	213
E.2.4	Détermination des pertes à l'aide du modèle mathématique décrit en 5.2.....	216
E.3	Détermination des pertes du moteur .....	218



E.4	Détermination des pertes du PDS .....	219
Annexe F (informative) Incertitude de la méthode de détermination des pertes .....		220
F.1	Généralités .....	220
F.2	Calcul de l'incertitude dans des erreurs aléatoires .....	220
F.3	Comparaison des incertitudes pour différentes méthodes de détermination des pertes .....	220
Annexe G (informative) Mesurage calorimétrique pour les pertes du CDM .....		221
G.1	Généralités .....	221
G.2	Calorimètre avec deux chambres avec de l'air comme milieu de refroidissement .....	221
G.3	Calorimètre avec une chambre avec de l'air comme milieu de refroidissement .....	222
G.4	Calorimètre avec du liquide comme milieu de refroidissement.....	223
Bibliographie.....		225
Figure 1 – Représentation des exigences de base relatives dans la normalisation de l'efficacité énergétique .....		116
Figure 2 – Représentation du produit étendu intégrant un système moteur .....		122
Figure 3 – Caractéristique couple-vitesse du PDS à servomoteur .....		124
Figure 4 – Représentation des points de fonctionnement (vitesse de l'arbre, couple) pour la détermination des pertes relatives de l'entraînement électrique de puissance (RPDS) .....		134
Figure 5 – Représentation des points de fonctionnement (vitesse de l'arbre, couple) pour la détermination des pertes relatives du moteur de référence (RM).....		135
Figure 6 – Représentation des points de fonctionnement (fréquence relative du stator du moteur, courant relatif produisant le couple) pour la détermination des pertes du module d'entraînement complet de référence (RCDM) .....		135
Figure 7 – Représentation du workflow pour la détermination de l'indice d'efficacité énergétique (EEI) d'un produit étendu.....		137
Figure 8 – Représentation de la façon de combiner différentes sources de données pour la détermination de l'indice d'efficacité énergétique (EEI) d'un produit étendu.....		139
Figure 9 – Relation métrique des classes IE et IES .....		141
Figure 10 – Préconisations destinées aux fabricants de CDM et de moteurs concernant l'utilisation des dispositifs "d'essai" et "de référence" pour la détermination des classes IE/IES .....		143
Figure 11 – Représentation du CDM et de la charge d'essai .....		144
Figure 12 – Pertes relatives $p_{L,CDM}$ du RCDM de 9,95 kVA.....		153
Figure 13 – Exemple de pertes relatives de puissance d'un PDS en fonction de la vitesse et du couple .....		157
Figure 14 – Exemple de pertes relatives de puissance par rapport à la fréquence de commutation .....		158
Figure 15 – Exemple de CDM comportant une résistance pour dissiper la puissance produite .....		159
Figure 16 – Représentation des classes IE pour un CDM.....		162
Figure 17 – Représentation des classes IES d'un PDS .....		163
Figure 18 – Pertes du CDM correspondant à la somme des pertes déterminées et de l'incertitude de la méthode de détermination .....		165

Figure 19 – Installation de mesure d'entrée-sortie pour la détermination des pertes du CDM .....	168
Figure 20 – Installation de mesure d'entrée-sortie des pertes du PDS.....	169
Figure 21 – Ordre des mesurages du CDM de [1] à [8] .....	170
Figure 22 – Ordre des mesurages du PDS de [1] à [8] .....	171
Figure 23 – Installation de mesure calorimétrique pour la détermination des pertes du CDM .....	173
Figure 24 – Détermination du classement IE pour le CDM et détermination des pertes aux points de fonctionnement de charge partielle.....	176
Figure 25 – Détermination du classement IES pour le PDS et détermination des pertes aux points de fonctionnement de charge partielle.....	178
Figure B.1 – Vue d'ensemble du produit étendu et du flux d'énergie .....	186
Figure B.2 – Circuit équivalent du réseau et des câbles de réseau.....	187
Figure B.3 – Représentation d'un filtre anti harmoniques de ligne monophasée .....	188
Figure B.4 – PDS dont le convertisseur d'entrée est un redresseur à diodes.....	189
Figure B.5 – PDS dont le convertisseur d'entrée est un AIC normalisé.....	190
Figure B.6 – PDS à convertisseur d'entrée F3E-AIC sans bobine d'arrêt de ligne.....	191
Figure B.7 – Forme d'onde typique d'un courant de ligne de redresseur à diodes .....	192
Figure B.8 – Circuit à liaison à courant continu .....	193
Figure B.9 – Circuit à liaison à courant continu comportant des bobines d'arrêt à courant continu supplémentaires.....	194
Figure B.10 – Onduleur de sortie du PDS .....	195
Figure B.11 – Câble de moteur et filtre de sortie optionnel du PDS .....	196
Figure B.12 – Forme d'onde typique de la tension de sortie de l'onduleur et de la tension du moteur lors de l'utilisation d'un filtre de sortie à onde sinusoïdale .....	197
Figure D.1 – Points de fonctionnement normatifs .....	206
Figure E.1 – Segments des points de fonctionnement.....	212
Figure E.2 – Interpolation bidimensionnelle.....	214
Figure G.1 – Installation de mesure calorimétrique en une étape pour le mesurage comparatif des pertes (CDM et résistance chauffante chargés simultanément) .....	222
Figure G.2 – Installation de mesure calorimétrique en deux étapes pour le mesurage comparatif des pertes (CDM et résistance chauffante non chargés simultanément).....	223
Figure G.3 – Installation de mesure calorimétrique refroidie par liquide pour le mesurage des pertes du CDM.....	224
Tableau 1 – Courants minimums de charge d'essai à différents points de fonctionnement .....	145
Tableau 2 – Facteur de déplacement de la charge d'essai entre le courant fondamental de sortie et la tension fondamentale de sortie à différents points de fonctionnement.....	145
Tableau 3 – Paramètres de référence de la Formule (5) .....	147
Tableau 4 – Variables de la Formule (5) .....	147
Tableau 5 – Paramètres de référence de la Formule (6) .....	147
Tableau 6 – Paramètres de référence de la Formule (7) .....	148
Tableau 7 – Paramètres de référence de la Formule (8) .....	149
Tableau 8 – Paramètres de référence de la Formule (10).....	150
Tableau 9 – Variables de la Formule (10) .....	150

Tableau 10 – Paramètres de référence de la Formule (11):.....	151
Tableau 11 – Paramètres de référence de la Formule (12).....	151
Tableau 12 – Paramètres de référence de la Formule (13).....	152
Tableau 13 – Paramètre de référence de la Formule (15) .....	152
Tableau 14 – Paramètre de référence de la Formule (14) .....	152
Tableau 15 – Pertes relatives du CDM de référence de 400 V/9,95 kVA aux points de fonctionnement décrits à la Figure 6 .....	154
Tableau 16 – Paramètre de référence de la Formule (19) .....	156
Tableau 17 – Pertes relatives du RPDS 400 V/7,5 kW .....	156
Tableau 18 – Pertes du CDM de référence pour la définition de la classe IE1 .....	160
Tableau 19 – Pertes du PDS de référence pour la définition de la classe IES 1 .....	163
Tableau 20 – Exigences relatives aux informations .....	179
Tableau A.1 – Pertes relatives (%) des CDM de référence à des puissances assignées différentes aux points de fonctionnement décrits à la Figure 6 .....	182
Tableau A.2 – Pertes relatives (%) des moteurs de référence à des puissances assignées différentes aux points de fonctionnement décrits à la Figure 5 .....	183
Tableau A.3 – Pertes relatives (%) d'un PDS de référence à des puissances assignées différentes aux points de fonctionnement décrits à la Figure 4 .....	184
Tableau B.1 – Valeurs typiques de $\lambda$ pour différentes topologies de convertisseurs d'entrée .....	192
Tableau D.1 – Répartition recommandée des pertes par frottement et par ventilation pour les moteurs autoventilés IC 411 .....	204
Tableau D.2 – Points de fonctionnement normatifs avec représentation graphique .....	206
Tableau D.3 – Autres points de fonctionnement non normatifs .....	208
Tableau D.4 – Coefficients d'interpolation des machines typiques à induction IE2 de référence et à quatre pôles .....	210
Tableau D.5 – Coefficients d'interpolation des machines typiques à induction IE2 de référence et à quatre pôles .....	211
Tableau E.1 – Pertes relatives d'un exemple de CDM de 400 V/9,95 kVA aux points de fonctionnement prédéfinis .....	213
Tableau E.2 – Paramètres de l'exemple de CDM .....	217
Tableau E.3 – Résultats du calcul pour le CDM d'après le modèle mathématique .....	218
Tableau E.4 – Comparaison des différentes méthodes d'évaluation des pertes .....	218
Tableau E.5 – Données de perte pour le moteur de référence de 7,5 kW .....	218

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE À VITESSE VARIABLE –

### **Partie 9-2: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Indicateurs d'efficacité énergétique pour les entraînements électriques de puissance et les démarreurs de moteurs**

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61800-9-1 a été établie par le sous-comité 22G: Systèmes d'entraînement électrique à vitesse variable comprenant des convertisseurs à semiconducteurs, du comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance.

Le texte de ce document est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22G/349/FDIS	22G/352/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61800, publiées sous le titre général *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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. À cette date, la publication sera

- 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

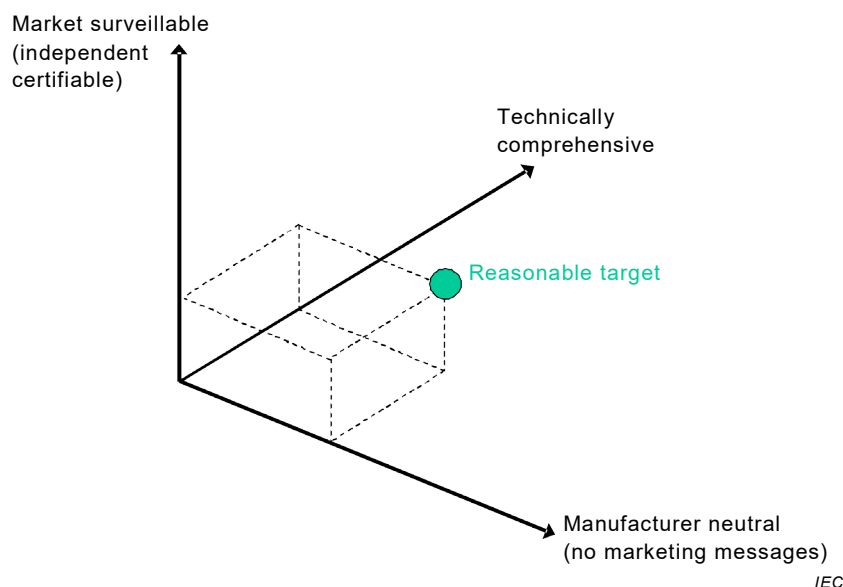
La présente partie de l'IEC 61800 a été élaborée pour pouvoir évaluer les pertes de puissance des CDM (modules d'entraînement complets) et des PDS (entraînements électriques de puissance).

Les exigences relatives au mesurage de l'efficacité énergétique des moteurs à alimentation non sinusoïdale relèvent de la responsabilité du CE 2 de l'IEC et seront publiées dans la série IEC 60034.

Le sous-comité 22G de l'IEC comprend le groupe d'étude de normalisation chargé du présent sujet. Il a établi une étroite collaboration avec plusieurs autres comités d'études (par exemple, le CE 2 et le SC 121A de l'IEC).

Le sous-comité 22G de l'IEC demeure responsable de tous les aspects pertinents relevant des exigences sur l'efficacité énergétique et l'écoconception pour l'électronique de puissance, l'appareillage de connexion, l'appareillage de commande et les entraînements électriques de puissance, ainsi que leurs applications industrielles.

Les exigences de base relatives à la normalisation de l'efficacité énergétique sont représentées à la Figure 1. Il a été convenu de fournir une solution raisonnable qui présente le meilleur compromis.



Anglais	Français
Market surveillable (independent certifiable)	Marché susceptible d'être surveillé (certification indépendante)
Technically comprehensive	Techniquement détaillé
Reasonable target	Solution raisonnable
Manufacturer neutral (no marketing messages)	Fabrication neutre (pas de messages commerciaux)

**Figure 1 – Représentation des exigences de base relatives dans la normalisation de l'efficacité énergétique**

L'IEC 61800 (toutes les parties) ne traite pas des composants techniques mécaniques.

NOTE Les moteurs à réducteur (moteurs avec boîtes à engrenages directement adaptées) sont traités comme des entraînements électriques de puissance (convertisseur et moteur). Voir l'IEC 60034-30-1 pour le classement des pertes d'un moteur à réducteur. Les classes d'efficacité des boîtes à engrenages en tant que composants individuels sont à l'étude.

L'IEC 61800-9-2 est une sous-partie de la série IEC 61800, dont la structure est la suivante:

- *Partie 1: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînement de puissance à vitesse variable en courant continu et basse tension*
- *Partie 2: Exigences générales – Spécifications de dimensionnement pour systèmes d'entraînement de puissance à vitesse variable en courant alternatif et basse tension*
- *Partie 3: Exigences de CEM et méthodes d'essais spécifiques*
- *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*
- *Partie 5: Exigences de sécurité*
- *Partie 6: Guide de détermination du type de régime de charge et de dimensionnement en courant correspondant*
- *Partie 7: Interface générique et utilisation de profils pour les entraînements électriques de puissance*
- *Partie 8: Specification of voltage on the power interface (disponible en anglais seulement)*
- *Partie 9: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées*

Chaque partie est subdivisée en plusieurs sous-parties, publiées en tant que Normes internationales, Spécifications techniques ou Rapports techniques. Certaines d'entre elles ont déjà été publiées. D'autres seront publiées avec leur numéro de partie suivi d'un tiret et d'un deuxième numéro afin d'identifier la subdivision (par exemple: IEC 61800-9-2).

La présente partie prend en considération les exigences de base de la norme CENELEC EN 50598-2 parue le 19-12-2014 et prend également en considération les points clés suivants en collaboration avec les comités d'études compétents.

Elle a été élaborée en étroite collaboration avec d'autres comités d'études (CE 2 et SC 121A de l'IEC) et avec un comité partenaire CEN/TC 197 du côté clients afin de fournir une norme détaillée pour les exigences relatives à l'efficacité énergétique et l'écoconception.

Points clés:

- Exigences relatives à une conception écoénergétique des systèmes d'entraînement électrique conformément à la charge entraînée
- Exigences et classement IE des modules d'entraînement complets (CDM)
- Exigences et classement IES des entraînements électriques de puissance (PDS)
- Détermination des pertes du PDS et exigences pour la liaison à l'équipement entraîné afin de déterminer le classement/l'évaluation en termes d'efficacité énergétique du produit étendu
- Exigences relatives à une conception système respectueuse de l'environnement et la déclaration environnementale d'un système moteur

## ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE À VITESSE VARIABLE –

### **Partie 9-2: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Indicateurs d'efficacité énergétique pour les entraînements électriques de puissance et les démarreurs de moteurs**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 61800 spécifie les indicateurs d'efficacité énergétique pour l'électronique de puissance (modules d'entraînement complets, CDM), les entraînements électriques de puissance (PDS) et les démarreurs de moteurs, utilisés avec les équipements entraînés par moteur.

Elle spécifie la méthodologie de détermination des pertes du module d'entraînement complet (CDM), de l'entraînement électrique de puissance (PDS) et du système moteur.

Elle définit les classes IE et IES et établit leurs valeurs limites, ainsi que les procédures d'essai pour le classement des pertes globales du système moteur.

Le présent document propose également une méthodologie pour la mise en œuvre de la meilleure solution écoénergétique des entraînements électriques. Cela dépend de l'architecture du système entraîné par moteur, du profil vitesse/charge et des points de fonctionnement dans le temps de l'équipement entraîné.

La méthodologie de l'approche produit étendu et les modèles semi-analytiques sont définis dans l'IEC 61800-9-1.

La structure du présent document est la suivante:

- définition et classement des pertes d'un PDS de référence (RPDS) normalisé et d'un CDM de référence (RCDM) normalisé, ainsi que du modèle mathématique de calcul;
- définition du moteur de référence (RM) et du CDM de référence (RCDM) qui peuvent être utilisés pour déterminer la classe d'efficacité d'un système moteur lorsque l'un de ses composants est inconnu;
- définition et comparaison des exigences relatives à la détermination des pertes d'un PDS réel et d'un CDM réel, avec le RPDS et le RCDM de référence;
- définition des exigences pour les essais de type et la documentation de l'utilisateur;
- mise en annexe de quelques exemples de cas de pertes dans un système global;
- mise en annexe des informations relatives aux topologies de systèmes et d'entraînements.

Des données spécifiques sur les pertes de puissance des classes RCDM, RM, RPDS et IE/IES sont fournies pour les entraînements électriques de puissance alternative/alternative à axe unique et basse tension (de 100 V à 1 000 V inclus) avec des moteurs triphasés. Les moteurs à réducteur sont traités comme des moteurs normalisés lorsque moteur et boîte à engrenages peuvent être séparés.

Toutes les données de référence fournies sont dérivées de PDS équipés de moteurs à induction. Elles peuvent toutefois être utilisées pour tous les types de PDS également avec d'autres types de moteurs.



L'application du présent document aux équipements suivants peut être possible d'un point de vue technique, mais n'est pas obligatoire:

- CDM et PDS à haute tension avec une tension assignée supérieure à 1 000 V en courant alternatif;
- CDM et PDS à basse tension avec une tension assignée inférieure à 100 V en courant alternatif;
- PDS à puissance élevée supérieure à une puissance assignée de 1 000 kW;
- CDM à puissance élevée supérieure à une puissance de sortie apparente assignée de 1 209 kVA;
- PDS à puissance faible inférieure à une puissance assignée de 0,12 kW;
- CDM à puissance faible inférieure à une puissance assignée de 0,278 kVA;
- CDM autres que ceux qui convertissent la puissance alternative électrique en une puissance de sortie alternative unique;
- PDS autres que ceux qui convertissent la puissance alternative électrique en un arbre tournant mécanique unique;
- PDS et CDM capables de retransformer l'énergie en alimentation en courant alternatif,
- PDS et CDM dont le courant d'entrée comporte un courant harmonique total (THC) (selon la définition donnée dans l'IEC 61000-3-12) inférieur à 10 %;
- PDS avec moteur à réducteur dont le moteur et la boîte à engrenages ne peuvent pas être séparés, en raison, par exemple, d'un carter commun;
- PDS à servomoteur (composé d'un convertisseur de fréquence, d'un moteur et d'un capteur de réaction de mise en position);
- PDS non commercialisés en tant que produit unique.

NOTE L'IEC 61800-9 (toutes les parties) n'aborde pas le classement de l'efficacité énergétique de l'équipement entraîné, mais fournit des entrées pour l'évaluation selon l'approche produit étendu.

## 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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).

IEC 60038:2009, *Tensions normales de la CEI*

IEC 60050-161, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 161: Compatibilité électromagnétique*

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

IEC 60034-2-1:2014, *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 pour véhicules de traction)*

IEC TS 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 60034-30-1, *Machines électriques tournantes – Partie 30-1: Classes de rendement pour les moteurs à courant alternatif alimentés par le réseau (Code IE)*

IEC 60947-4-1, *Appareillage à basse tension – Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques*

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

IEC TS 62578, *Systèmes et équipements électroniques de puissance – Conditions de fonctionnement et caractéristiques des convertisseurs à alimentation active (AIC), y compris les recommandations de conception pour leurs valeurs d'émission inférieures à 150 kHz*