This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 61800-9-2

Edition 2.0 2023-10

Corrected version
2025-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Adjustable speed electrical power drive systems (PDS) – Part 9-2: Ecodesign for motor systems – Energy efficiency determination and classification

Entraînements électriques de puissance (PDS) à vitesse variable – Partie 9-2: Écoconception des systèmes moteurs – Détermination et classification de l'efficacité énergétique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.01; 29.160.30; 29.200

ISBN 978-2-8322-7576-4

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

This is a preview - click here to buy the full publication

CONTENTS

FOREWORD 9
INTRODUCTION 11
1 Scope 12
2 Normative references 13
3 Terms, definitions and symbols 14
3.1 Terms and definitions 14
3.2 Symbols 18
4 PDS efficiency, reference CDM (RCDM) and reference motor (RM) 26
4.1 General 26
4.2 Reference operating points of the PDS, RCDM, RM and associated losses 27
4.3 Combining PDS losses with the driven equipment – Workflow for the semi-analytical model (SAM) 29
4.4 IE Classes of line-fed motors 31
4.5 IE Classes of converter-fed motors 31
4.6 IE Classes of frequency converters (complete drive modules, CDM) 31
4.7 IES Classes of a PDS 32
4.8 Consistency of IE and IES Classes 32
4.9 Determination of the IES class of a PDS by application of "reference" and "test" devices and guidance for the providers 33
5 Determination of CDM, motor and PDS loss by calculation 34
5.1 General 34
5.2 CDM losses 35
5.2.1 General procedure and definition of the CDM and the test load 35
5.2.2 Overall CDM losses 37
5.2.3 Loss determination of CDMs composed by combination of submodules 38
5.2.4 Validation of loss calculation method 40
5.3 Motor losses 40
5.3.1 General 40
5.3.2 Additional harmonic losses of three-phase asynchronous motors fed by a CDM 41
5.3.3 Motor loss data 41
5.4 Power drive system (PDS) losses 41
5.4.1 PDS losses 41
5.4.2 PDS losses at different switching frequencies 43
5.5 PDS losses for regenerative operation 44
5.6 Losses of motor starters 44
6 Limits of IE and IES Classes 44
6.1 General 44
6.2 CDM 45
6.3 Correction factors for CDMs with modified functionality 47
6.3.1 General 47
6.3.2 Correction factors 48
6.3.3 Reference losses and loss determination concept for CDMs and SDOMs with multiple AC outputs 49
6.4 Motor 51
6.5 PDS 51
7 Loss determination 52

This is a preview - click here to buy the full publication

7.1 General ... 52
7.2 Type testing of CDM or SDM for IE classification ... 53
7.3 Type testing of PDS for IES classification ... 54
7.4 Determination of losses by calculation ... 54
7.4.1 CDM or SDM losses by calculation ... 54
7.4.2 PDS losses by calculation ... 55
7.5 Determination of losses by measurement, Input-output method ... 55
7.5.1 Instrumentation ... 55
7.5.2 Test conditions ... 56
7.5.3 Input-output measurement of CDM losses ... 57
7.5.4 Input-output measurement of SDIM losses ... 59
7.5.5 Input-output measurement of SDOM losses ... 61
7.5.6 Input-output measurement of PDS losses ... 62
7.6 Calorimetric measurement of CDM losses ... 63
7.7 Flowcharts for test procedures ... 64
8 Requirements for the user's documentation ... 67
8.1 General ... 67
8.2 Information for selection ... 68
8.3 Information for determination of energy efficiency classification ... 68
8.4 Information on the determination of additional energy losses and part load conditions ... 68
8.4.1 General ... 68
8.4.2 Losses in part load conditions ... 68
8.4.3 Losses of accessories and options ... 69
8.4.4 Losses in stand-by mode ... 69
8.4.5 Regenerative mode ... 69
8.4.6 Characteristics and correction factors ... 69
Annex A (informative) Losses of RCDM and example of IES class limit determination ... 70
A.1 Relative loss tables ... 70
A.2 Calculation of relative losses for IES classes ... 71
A.2.1 General ... 71
A.2.2 Determination of CDM relative losses ... 71
A.2.3 Determination of motor relative losses ... 72
A.2.4 Summation of PDS relative losses ... 72
Annex B (informative) Description of the elements of an extended product using PDS with regard to their impact on losses ... 73
B.1 General ... 73
B.2 Losses in the mains cabling and feeding section ... 73
B.3 Input filter ... 75
B.3.1 High frequency EMI filter ... 75
B.3.2 Low frequency line harmonics filter ... 75
B.4 Input converter ... 76
B.4.1 General ... 76
B.4.2 Diode rectifier ... 76
B.4.3 Active infeed converter ... 76
B.4.4 Power factor of the input converter ... 78
B.4.5 Sub drive input module (SDIM) ... 79
B.5 DC link ... 79
B.6 Output inverter ... 80

This is a preview - click here to buy the full publication

B.6.1 General 80
B.6.2 Sub drive output model (SDOM) 81
B.7 Output filter and motor cables 81
B.7.1 General 81
B.7.2 Sine wave filters 82
B.7.3 dV/dt filters and motor chokes 83
B.7.4 High frequency EMI motor filters 83
B.7.5 Motor cables 83
B.8 Motor 83
B.9 Mechanical load 83
B.10 Control and standby losses 84
B.11 Cooling losses 84
B.11.1 Primary cooling losses 84
B.11.2 Secondary cooling losses 84
Annex C (informative) Mathematical model for CDM losses 85
C.1 General 85
C.2 Output inverter losses 85
C.2.1 General 85
C.2.2 Transistor on state losses 85
C.2.3 Freewheeling diode on state losses 86
C.2.4 Transistor switching losses 86
C.2.5 Freewheeling diode switching losses 87
C.2.6 Output inverter total losses 88
C.3 Input converter losses 88
C.3.1 Active infeed converter 88
C.3.2 Diode rectifier 88
C.4 Input choke losses 89
C.5 DC link losses 90
C.6 Current conductor losses 90
C.7 Control and standby losses 91
C.8 Cooling loss factor 91
C.9 Other CDM losses 91
Annex D (informative) Converter topology 92
D.1 General 92
D.2 Voltage source output inverter topologies different from those mathematically described in Clause C.2 92
D.3 Voltage source input converter topologies different from those mathematically described in Clause C.3 92
D.4 CDM topologies different from voltage source type 93
Annex E (informative) Interpolation of motor losses and motor current 94
E.1 General 94
E.2 Relative and reference values 94
E.3 Motor connections and operating ranges 95
E.4 Interpolation of motor losses 96
E.5 Interpolation of motor current 99
E.6 Determination of the interpolation coefficients 101
E.6.1 General 101
E.6.2 Analytical determination 101
E.6.3 Numerical determination 103

This is a preview - click here to buy the full publication

E.7 Achievable accuracies 104
E.8 Typical induction motor efficiency 104
Annex F (informative) Application example for loss calculations of a CDM and a PDS 110
F.1 General 110
F.2 CDM loss determination 110
F.2.1 General 110
F.2.2 Loss determination by two-dimensional interpolation of losses of neighbouring loss points 111
F.2.3 Loss determination by the mathematical model described in Annex C 114
F.3 Loss determination of the motor 116
F.4 Loss determination of the PDS 117
F.5 Determination of part load factors for SDIMs 118
F.6 Application examples of reference losses and efficiency classes for modified functionality 119
F.6.1 General 119
F.6.2 Example 1 – IE classification of an SDIM 119
F.6.3 Example 2 – IE classification of an SDOM 119
F.6.4 Example 3 – IE classification of a CDM with regenerative capability and sinewave output filter 120
Annex G (informative) Uncertainty of loss determination method 122
G.1 General 122
G.2 Calculation of uncertainty at randomly occurring errors 122
G.3 Comparison of uncertainties for different loss determination methods 122
Annex H (informative) Calorimetric measurement for CDM losses 123
H.1 General 123
H.2 Calorimeter with two chambers with air as a cooling medium 123
H.3 Calorimeter with one chamber with air as a cooling medium 124
H.4 Calorimeter with liquid as a cooling medium 125
Annex I (informative) PDS loss calculation above rated speed and torque 126
I.1 General 126
I.2 Operating points above rated torque 126
I.3 Operating points above rated speed 126
I.3.1 General 126
I.3.2 Dependency of motor losses on the CDM performance 126
I.3.3 Dependency of CDM on the motor performance 127
I.3.4 PDS loss calculation in the field weakening range up to 200 % of rated speed 127
Annex J (informative) Explanation for correction factors for the reference losses in Table 8 128
J.1 General 128
J.2 CDM 128
J.2.1 CDM without regenerative capability 128
J.2.2 CDM with regenerative capability 129
J.2.3 CDM with $DF_U \leq 10$ % 130
J.2.4 CDM with a rated input voltage ≤ 250 V (three phase) 130
J.2.5 CDM with single phase input 130
J.3 SDIM and SDOM 131
J.3.1 General 131
J.3.2 SDIM without regenerative capability 131

This is a preview - click here to buy the full publication

J.3.3 SDIM with regenerative capability 131
J.3.4 SDOM 132
J.4 CDM, SDIM and SDOM with external cooling 132
J.5 CDM and SDOM with multiple AC outputs 132
Bibliography 133

Figure 1 – Example of complete drive module (CDM) built by sub drive modules (SDM) 15
Figure 2 – Illustration of the extended product with included motor system 16
Figure 3 – Torque-speed-characteristic of servo PDS 17
Figure 4 – Illustration of the operating points (shaft speed, torque) for the determination of relative losses of the power drive system (PDS) 28
Figure 5 – Illustration of the operating points (shaft speed, torque) for the determination of relative losses of the reference motor (RM) 28
Figure 6 – Illustration of the operating points (relative motor stator frequency, relative torque current) for the determination of losses of the reference complete drive module (RCDM) 29
Figure 7 – Illustration of the workflow to determine the energy efficiency index (EEI) of an extended product 30
Figure 8 – Illustration how to combine different data sources to determine the energy efficiency index (EEI) of an extended product 31
Figure 9 – Metrical relation 32
Figure 10 – Guidance for CDM and motor providers for the usage of "test" and "reference" devices to determine the IE/IES classes 34
Figure 11 – Illustration of a typical CDM and test load 35
Figure 12 – Example of relative losses $p_{L,CDM}$ of the 9,95 kVA RCDM 38
Figure 13 – Example of the relative power losses of PDS as function of speed and torque 43
Figure 14 – Example representation of the relative power losses versus switching frequency of a 7,5 kW to 11 kW PDS 43
Figure 15 – Example of a CDM with resistor for dissipating generated power 44
Figure 16 – Illustration of IE Classes for a CDM 47
Figure 17 – Topology of a CDM with multiple AC outputs 50
Figure 18 – Losses of CDM or SDM are provided as the sum of the determined losses plus the uncertainty of the determination method 53
Figure 19 – Input-output measurement setup for determination of CDM losses 58
Figure 20 – Order of CDM measurements from [1] to [8] 58
Figure 21 – Input-output measurement setup for determination of SDIM losses 60
Figure 22 – Input-output measurement setup for determination of SDOM losses 61
Figure 23 – Input-output measurement setup for PDS losses 62
Figure 24 – Order of PDS measurements from [1] to [8] 63
Figure 25 – Calorimetric measurement setup for determining CDM losses 64
Figure 26 – Determination of IE classification for CDM and loss determination for part load operating points 65
Figure 27 – Determination of IES classification for PDS and loss determination for part load operating points 66
Figure B.1 – Overview of the extended product and energy flow 73
Figure B.2 – Equivalent circuit of the mains and mains cabling 74

This is a preview - click here to buy the full publication

Figure B.3 – Illustration of a single-phase line harmonics filter 75
Figure B.4 – PDS with a diode rectifier input converter 76
Figure B.5 – PDS with a standard AIC input converter 77
Figure B.6 – PDS with a F3E-AIC input converter without line choke 77
Figure B.7 – Typical waveform of a diode rectifier line current 78
Figure B.8 – DC link circuit 79
Figure B.9 – DC link circuit with additional DC chokes 80
Figure B.10 – Output inverter of the PDS 81
Figure B.11 – Motor cable and optional output filter of the PDS 82
Figure B.12 – Typical waveform of inverter output voltage and motor voltage when using a sine wave output filter 82
Figure E.1 – Normalized torque and speed of ranges a and b for connection Y or D 95
Figure E.2 – Normalized torque and speed of ranges a and b for connection Y → D 96
Figure E.3 – Normalized torque and speed of range a for connection Y → YY 96
Figure E.4 – Normalized losses of an exemplary motor in connection Y or D 97
Figure E.5 – Normalized losses of an exemplary motor in connection Y → D 97
Figure E.6 – Normalized losses of an exemplary motor in connection Y → YY 98
Figure E.7 – Efficiency map of the exemplary motor in connection Y or D 98
Figure E.8 – Efficiency map of the exemplary motor in connection Y → D 99
Figure E.9 – Efficiency map of the exemplary motor in connection Y → YY 99
Figure E.10 – Line-current of the exemplary motor in connection Y or D 100
Figure E.11 – Line-current of the exemplary motor in connection Y → D 100
Figure E.12 – Line-current of the exemplary motor in connection Y → YY 101
Figure E.13 – Standardized operating points of IEC 60034-2-3 102
Figure F.1 – Segments of operating points 110
Figure F.2 – Two-dimensional interpolation 111
Figure H.1 – One-step calorimetric measurement setup for comparative loss measurement (CDM and heating resistor are loaded simultaneously) 123
Figure H.2 – Two-step calorimetric measurement setup for comparative loss measurement (CDM and heating resistor are not loaded simultaneously) 124
Figure H.3 – Liquid cooled calorimetric measurement setup for CDM loss measurement 125

Table 1 – Minimum test load currents at different points of operation 36
Table 2 – Test load displacement factor between fundamental output current and fundamental output voltage at different points of operation 36
Table 3 – Example of relative losses of the 400 V/9,95 kVA reference CDM at the operating points described in Figure 6 38
Table 4 – Active SDIM power ratio to be used for loss calculation at the CDM operating points 40
Table 5 – Reference parameter for Formula (13) 42
Table 6 – Relative losses of the 400 V/7,5 kW PDS 42
Table 7 – Reference CDM losses for class IE1 definition 45
Table 8 – Correction factors for different CDM, SDIM and SDOM characteristics 49
Table 9 – Information requirements 67

This is a preview - click here to buy the full publication

Table A.1 – Relative losses (%) of reference CDMs (IE1) at different power ratings at the operating points described in Figure 6 70
Table A.2 – Relative losses of the 9,95 kVA CDM according to Table A.1 71
Table B.1 – Typical values of λ for different input converter topologies 78
Table C.1 – Reference parameters for Formula (C.1) 85
Table C.2 – Variables for Formula (C.1) 86
Table C.3 – Reference parameters for Formula (C.2) 86
Table C.4 – Reference parameters for Formula (C.3) 87
Table C.5 – Reference parameters for Formula (C.4) 87
Table C.6 – Reference parameters for Formula (C.6) 89
Table C.7 – Variables for Formula (C.6) 89
Table C.8 – Reference parameters for Formula (C.7) 89
Table C.9 – Reference parameters for Formula (C.8) 90
Table C.10 – Reference parameters for Formula (C.9) 90
Table C.11 – Reference parameter for Formula (5) 91
Table C.12 – Reference parameter for Formula (C.10) 91
Table E.1 – Normative operating points of IEC 60034-2-3 101
Table E.2 – Interpolation coefficients of typical 4-pole IE2 induction machines 105
Table E.3 – Interpolation coefficients of typical 2-pole IE2 induction machines 106
Table E.4 – Interpolation coefficients of typical 4-pole IE3 induction machines 107
Table E.5 – Interpolation coefficients of typical 4-pole IE4 induction machines 108
Table E.6 – Interpolation coefficients of typical 4-pole IE5 induction machines 109
Table F.1 – Relative losses of a 400 V/9,95 kVA example CDM (IE1) at the predefined operating points 111
Table F.2 – Parameters of the example CDM 115
Table F.3 – Results of the CDM calculation according to the mathematical model 116
Table F.4 – Comparison of different loss evaluation methods 116
Table F.5 – Loss data of the 7,5 kW example motor 116
Table F.6 – Calculated part-load factors for SDIM part load operation points 118

This is a preview - click here to buy the full publication

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS (PDS) –

Part 9-2: Ecodesign for motor systems – Energy efficiency determination and classification

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61800-9-2 has been prepared by subcommittee 22G: Adjustable speed electric drive systems (PDS), of IEC technical committee 22: Power electronic systems and equipment. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2017. This edition constitutes a technical revision.

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

a) Additional IES Classes defined to IES5;
b) Removed reference motor loss data and now point to IEC 60034-30-2;
c) Expanded and modified factors in Clause 6 for CDMs;

This is a preview - click here to buy the full publication

d) Annex C is now the Mathematical Model for CDM Losses;
e) Moved the mathematical model for the CDM to Annex C;
f) Added Sub Drive Input Module and Sub Drive Output Modules to Annex B;
g) Annex D is now the Converter Topology (old Annex C);
h) Annex E is now the Interpolation of Motor Losses (Old Annex D);
i) Annex E expanded to include various motor connections and updated interpolation method;
j) New Annex E for determination of Interpolation Coefficients;
k) Annex F is the old Annex E;
l) New Annex J Explanation of Correction Factors for the Reference Losses in Table 8.

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

Draft	Report on voting
22G/475/FDIS	22G/478/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

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

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.

This corrected version of IEC 61800-9-2:2023 incorporates the following correction:

– Removal of the status of group energy efficiency publication, previously mentioned on the cover pages, in the foreword, and in the scope.

This is a preview - click here to buy the full publication

INTRODUCTION

This part of IEC 61800 has been developed to allow evaluation of power losses of SDMs (sub drive modules), 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, ISO/TC 115, ISO/TC 117, ISO/TC 118, CEN/TC 197) in order to provide a comprehensive standard for energy efficiency and ecodesign requirements.

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 IEC 61800 series does not deal with mechanical engineering components.

NOTE 1 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 adjustable speed AC power drive systems
– Part 3: EMC requirements and specific test methods
– 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 motor systems

Some parts are further subdivided into several subparts, published either as International Standards or as Technical Specifications or Technical Reports and will be published with the part number followed by a dash and a second number identifying the subdivision (example: IEC 61800-9-2).

NOTE 2 It is understood that Formula (13) is for Direct-on-Line motors. Formula (13) will be modified in the next amendment to account for Variable Frequency Drive motors.

NOTE 3 A new figure will be developed to demonstrate the use of a star point for measuring the converter phase voltages to determine the cosphi for each phase in 7.5.3.1.

This is a preview - click here to buy the full publication

ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS (PDS) –

Part 9-2: Ecodesign for motor systems – Energy efficiency determination and classification

1 Scope

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

This document specifies the methodology for the determination of losses of the complete drive module (CDM), the sub drive module (SDM), 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/torque profile and on the operating points over time of the driven load equipment. It provides a link for the energy efficiency evaluation and classification of the extended product.

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 PDS, 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. They are used for determining the efficiency class of a PDS if either the physical motor or physical CDM is unknown;
- the requirements for the determination of the losses of a physical PDS and a physical CDM including correction factors for other types of CDM, not defined as RCDM or SDM, are given and compared to the IES class limits and the 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 the RCDM and RM, limits for the PDS 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. A methodology is given in addition how this reference data can also be applied to other topologies like AC/DC or DC/AC converters.

All provided reference data is derived from PDS with induction motors. They can be used for various types of PDS with other types of motors as well, for example but not limited to, electronically commutated motors (ECM), permanent magnet motors (PM) or synchronous reluctance motors (SYN-RM), and line-start permanent magnet motors (LSPM).

This is a preview - click here to buy the full publication

PDS requirements in this document only apply to PDSs that are placed on the market as one single product, i.e. combination of motor and CDM that are not intended to be used separately.

CDM requirements only apply to a CDM where the included SDMs have not already been evaluated according to SDM requirements.

The following equipment is excluded from the scope:

- high voltage CDM, SDM and PDS with a rated voltage above 1,0 kV AC or 1,5 kV DC;
- low voltage CDM, SDM and PDS with a rated voltage below 100 V AC;
- high power PDS above a rated power of 1 000 kW;
- high power CDM and SDM above a rated apparent output power of 1 209 kVA;
- low power PDS below a rated power of 0,12 kW;
- low power CDM and SDM below a rated apparent output power of 0,278 kVA;
- 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);
- CDM, BDM and SDM that are exclusively designed to drive servo motors;
- PDS, CDM, BDM and SDM specifically designed for DC motor applications according to IEC 61800-1;
- PDS where several motors are connected in parallel to a single CDM with one three-phase output.
- SDM with DC input and DC output.

NOTE The IEC 61800-9 series 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 60034-1:2022, *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 60034-2-3:2020, *Rotating electrical machines – Part 2-3: Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC induction motors*

IEC 60034-30-1:2014, *Rotating electrical machines – Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)*

IEC TS 60034-30-2:2016, *Rotating electrical machines – Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors (IE-code)*

IEC TS 60034-31:2021, *Rotating electrical machines – Part 31: Selection of energy-efficient motors including variable speed applications – Application guidelines*

IEC 60038:2009, *IEC standard voltages*
IEC 60038:2009/AMD1:2021

This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 161: Electromagnetic compatibility*, available at www.electropedia.org

IEC 60947-4-1:2018, *Low voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motor-starters – Electromechanical contactors and motor-starters*

IEC 61000-3-12:2011, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-12: Limits – Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current > 16 A and ≤ 75 A per phase*

IEC Guide 118:2017, *Inclusion of energy efficiency aspects in electrotechnical publications*

This is a preview - click here to buy the full publication

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 142
INTRODUCTION 145
1 Domaine d'application 146
2 Références normatives 147
3 Termes, définitions et symboles 148
3.1 Termes et définitions 148
3.2 Symboles 153
4 Rendement du PDS, du CDM de référence (RCDM) et du moteur de référence (RM) 162
4.1 Généralités 162
4.2 Points de fonctionnement de référence du PDS/RCDM/RM et pertes associées 163
4.3 Combinaison des pertes du PDS avec l'équipement entraîné – Flux de travaux pour le modèle semi-analytique (SAM) 165
4.4 Classes IE des moteurs alimentés par le réseau 167
4.5 Classes IE des moteurs alimentés par des convertisseurs 167
4.6 Classes IE des convertisseurs de fréquences (modules d'entraînement complets, CDM) 168
4.7 Classes IES d'un PDS 168
4.8 Cohérence des classes IE et IES 168
4.9 Détermination de la classe IES d'un PDS à l'aide de dispositifs "de référence" et "d'essai" et recommandations à l'attention des fournisseurs 169
5 Détermination par calcul des pertes du CDM, du moteur et du PDS 170
5.1 Généralités 170
5.2 Pertes du CDM 171
5.2.1 Procédure générale et définition du CDM et de la charge d'essai 171
5.2.2 Pertes globales du CDM 173
5.2.3 Détermination des pertes des CDM formés par combinaison de sous-modules 175
5.2.4 Validation de la méthode de calcul des pertes 176
5.3 Pertes du moteur 177
5.3.1 Généralités 177
5.3.2 Pertes supplémentaires dues aux harmoniques des moteurs asynchrones triphasés alimentés par un CDM 177
5.3.3 Données relatives aux pertes du moteur 178
5.4 Pertes d'entraînement électrique de puissance (PDS) 178
5.4.1 Pertes du PDS 178
5.4.2 Pertes du PDS à différentes fréquences de commutation 179
5.5 Pertes du PDS pour le fonctionnement en récupération 180
5.6 Pertes des démarreurs de moteurs 181
6 Limites des classes IE et IES 181
6.1 Généralités 181
6.2 CDM 182
6.3 Facteurs de correction pour les CDM à fonctionnalité modifiée 184
6.3.1 Généralités 184
6.3.2 Facteurs de correction 185
6.3.3 Concept de détermination des pertes et des pertes de référence pour les CDM et les SDOM avec plusieurs sorties à courant alternatif 186
6.4 Moteur 188

This is a preview - click here to buy the full publication

6.5 PDS 188
7 Détermination des pertes 189
7.1 Généralités 189
7.2 Essais de type du CDM ou du SDM pour la classification IE 190
7.3 Essais de type du PDS pour la classification IES 191
7.4 Détermination des pertes par calcul 192
7.4.1 Pertes calculées du CDM ou SDM 192
7.4.2 Calcul des pertes des PDS 192
7.5 Détermination des pertes par mesurage à l'entrée-sortie 192
7.5.1 Instrumentation 192
7.5.2 Conditions d'essai 193
7.5.3 Mesurage des pertes à l'entrée-sortie du CDM 195
7.5.4 Mesurage des pertes à l'entrée-sortie du SDIM 197
7.5.5 Mesurage des pertes à l'entrée-sortie du SDOM 198
7.5.6 Mesurage des pertes à l'entrée-sortie du PDS 199
7.6 Mesurage calorimétrique des pertes du CDM 202
7.7 Organigrammes des procédures d'essai 202
8 Exigences relatives à la documentation de l'utilisateur 205
8.1 Généralités 205
8.2 Informations destinées à la sélection 206
8.3 Informations destinées à la détermination de la classification de l'efficacité énergétique 206
8.4 Informations destinées à la détermination des pertes d'énergie supplémentaires et des conditions de charge partielle 206
8.4.1 Généralités 206
8.4.2 Pertes en conditions de charge partielle 207
8.4.3 Pertes des accessoires et options 207
8.4.4 Pertes en mode veille 207
8.4.5 Mode de récupération 207
8.4.6 Caractéristiques et facteurs de correction 207
Annexe A (informative) Pertes du RCDM et exemple de détermination des limites de classe IES 208
A.1 Tableaux des pertes relatives 208
A.2 Calcul des pertes relatives pour les classes IES 209
A.2.1 Généralités 209
A.2.2 Détermination des pertes relatives du CDM 209
A.2.3 Détermination des pertes relatives du moteur 210
A.2.4 Somme des pertes relatives du PDS 210
Annexe B (informative) Description des éléments d'un produit étendu utilisant un PDS par rapport à leur impact sur les pertes 211
B.1 Généralités 211
B.2 Pertes dans le câblage de réseau et la section d'alimentation 211
B.3 Filtre d'entrée 213
B.3.1 Filtre EMI à haute fréquence 213
B.3.2 Filtres antiharmoniques à basse fréquence 213
B.4 Convertisseur d'entrée 214
B.4.1 Généralités 214
B.4.2 Redresseur à diodes 214
B.4.3 Convertisseur à alimentation active 215

This is a preview - click here to buy the full publication

B.4.4 Facteur de puissance du convertisseur d'entrée 216
B.4.5 Sous-module d'entrée d'entraînement (SDIM) 217
B.5 Liaison à courant continu 218
B.6 Onduleur de sortie 219
B.6.1 Généralités 219
B.6.2 Sous-module de sortie d'entraînement (SDOM) 220
B.7 Filtre de sortie et câbles de moteur 220
B.7.1 Généralités 220
B.7.2 Filtres sinusoïdaux 221
B.7.3 Filtres dV/dt et bobines d'arrêt de moteur 222
B.7.4 Filtres de moteur EMI à haute fréquence 222
B.7.5 Câbles de moteur 222
B.8 Moteur 223
B.9 Charge mécanique 223
B.10 Pertes de commande et pertes en veille 223
B.11 Pertes de refroidissement 223
B.11.1 Pertes de refroidissement principal 223
B.11.2 Pertes de refroidissement secondaire 224
Annexe C (informative) Modèle mathématique pour les pertes du CDM 225
C.1 Généralités 225
C.2 Pertes de l'onduleur de sortie 225
C.2.1 Généralités 225
C.2.2 Pertes des transistors à l'état passant 225
C.2.3 Pertes des diodes de roue libre à l'état passant 226
C.2.4 Pertes de commutation des transistors 227
C.2.5 Pertes de commutation des diodes de roue libre 228
C.2.6 Pertes totales de l'onduleur de sortie 228
C.3 Pertes du convertisseur d'entrée 228
C.3.1 Convertisseur à alimentation active 228
C.3.2 Redresseur à diodes 229
C.4 Pertes des bobines d'arrêt d'entrée 229
C.5 Pertes de la liaison à courant continu 230
C.6 Pertes des conducteurs de courant 231
C.7 Pertes de commande et pertes en veille 231
C.8 Facteur de pertes de refroidissement 232
C.9 Autres pertes du CDM 232
Annexe D (informative) Topologie des convertisseurs 233
D.1 Généralités 233
D.2 Topologies d'onduleurs de sortie de source de tension différentes de celles décrites mathématiquement en C.2 233
D.3 Topologies de convertisseurs d'entrée de source de tension différentes de celles décrites mathématiquement en C.3 233
D.4 Topologies de CDM autres que le type source de tension 234
Annexe E (informative) Interpolation des pertes de moteur et du courant de moteur 235
E.1 Généralités 235
E.2 Valeurs relatives et valeurs de référence 235
E.3 Connexions de moteur et plages de fonctionnement 236
E.4 Interpolation des pertes de moteur 237
E.5 Interpolation du courant du moteur 241

This is a preview - click here to buy the full publication

E.6 Détermination des coefficients d'interpolation 242
E.6.1 Généralités 242
E.6.2 Détermination analytique 242
E.6.3 Détermination numérique 244
E.7 Précisions pouvant être obtenues 245
E.8 Rendement type des moteurs à induction 245
Annexe F (informative) Exemple d'application pour le calcul des pertes d'un CDM et d'un PDS 251
F.1 Généralités 251
F.2 Détermination des pertes du CDM 251
F.2.1 Généralités 251
F.2.2 Détermination des pertes par interpolation bidimensionnelle des pertes aux points de perte voisins 252
F.2.3 Détermination des pertes à l'aide du modèle mathématique décrit à l'Annexe C 255
F.3 Détermination des pertes du moteur 257
F.4 Détermination des pertes du PDS 258
F.5 Détermination des facteurs de charge partielle pour les SDIM 259
F.6 Exemples d'application des pertes de référence et des classes de rendement pour la fonctionnalité modifiée 260
F.6.1 Généralités 260
F.6.2 Exemple 1 – Classification IE d'un SDIM 260
F.6.3 Exemple 2 – Classification IE d'un SDOM 261
F.6.4 Exemple 3 – Classification IE d'un CDM avec capacité de récupération et filtre de sortie sinusoïdal 262
Annexe G (informative) Incertitude de la méthode de détermination des pertes 263
G.1 Généralités 263
G.2 Calcul de l'incertitude sur les erreurs aléatoires 263
G.3 Comparaison des incertitudes pour différentes méthodes de détermination des pertes 263
Annexe H (informative) Mesurage calorimétrique pour les pertes du CDM 264
H.1 Généralités 264
H.2 Calorimètre à deux chambres utilisant l'air comme milieu de refroidissement 264
H.3 Calorimètre à une chambre utilisant l'air comme milieu de refroidissement 265
H.4 Calorimètre utilisant un liquide comme milieu de refroidissement 266
Annexe I (informative) Calcul des pertes du PDS au-delà de la vitesse et du couple assignés 268
I.1 Généralités 268
I.2 Points de fonctionnement au-dessus du couple assigné 268
I.3 Points de fonctionnement au-dessus de la vitesse assignée 268
I.3.1 Généralités 268
I.3.2 Dépendance des pertes du moteur aux performances du CDM 269
I.3.3 Dépendance du CDM aux performances du moteur 269
I.3.4 Calcul des pertes du PDS dans la plage de fonctionnement en régime défluxé jusqu'à 200 % de la vitesse assignée 269
Annexe J (informative) Explication des facteurs de correction pour les pertes de référence du Tableau 8 271
J.1 Généralités 271
J.2 CDM 271
J.2.1 CDM sans capacité de récupération 271

This is a preview - click here to buy the full publication

J.2.2 CDM avec capacité de récupération 272
J.2.3 CDM avec DF_U ≤ 10 % 273
J.2.4 CDM avec une tension d'entrée assignée ≤ 250 V (triphasée) 273
J.2.5 CDM avec entrée monophasée 273
J.3 SDIM et SDOM 274
J.3.1 Généralités 274
J.3.2 SDIM sans capacité de récupération 274
J.3.3 SDIM avec capacité de récupération 275
J.3.4 SDOM 275
J.4 CDM, SDIM et SDOM avec refroidissement externe 275
J.5 CDM et SDOM avec plusieurs sorties à courant alternatif 275
Bibliographie 276

Figure 1 – Exemple de module d'entraînement complet (CDM) à base de sous-modules d'entraînement (SDM) 149
Figure 2 – Représentation du produit étendu intégrant un système moteur 150
Figure 3 – Caractéristique couple-vitesse d'un PDS asservi 152
Figure 4 – Représentation des points de fonctionnement (vitesse de l'arbre, couple) pour la détermination des pertes relatives de l'entraînement électrique de puissance (PDS) 163
Figure 5 – Représentation des points de fonctionnement (vitesse de l'arbre, couple) pour la détermination des pertes relatives de l'entraînement électrique de puissance (PDS) 164
Figure 6 – Représentation des points de fonctionnement (fréquence relative du stator du moteur, courant produisant le couple relatif) pour la détermination des pertes du module d'entraînement complet de référence (RCDM) 164
Figure 7 – Responsabilités et flux de travaux pour déterminer l'indicateur d'efficacité énergétique (EEI) d'un produit étendu 166
Figure 8 – Combinaison de différentes sources de données pour déterminer l'indicateur d'efficacité énergétique (EEI) d'un produit étendu 167
Figure 9 – Relation métrique 169
Figure 10 – Recommandations destinées aux fournisseurs de CDM et de moteurs concernant l'utilisation des dispositifs "d'essai" et "de référence" pour déterminer les classes IE/IES 170
Figure 11 – Représentation d'un CDM et d'une charge d'essai types 171
Figure 12 – Exemple de pertes relatives $p_{L,CDM}$ du RCDM de 9,95 kVA 174
Figure 13 – Exemple de pertes de puissance relatives d'un PDS en fonction de la vitesse et du couple 179
Figure 14 – Exemple de représentation des pertes de puissance relatives en fonction de la fréquence de commutation d'un PDS de 7,5 kW à 11 kW 180
Figure 15 – Exemple de CDM comportant une résistance pour dissiper la puissance produite 181
Figure 16 – Représentation des classes IE pour un CDM 184
Figure 17 – Topologie d'un CDM avec plusieurs sorties à courant alternatif 187
Figure 18 – Pertes du CDM ou du SDM correspondant à la somme des pertes déterminées et de l'incertitude de la méthode de détermination 191
Figure 19 – Montage de mesure à l'entrée-sortie pour la détermination des pertes du CDM 195
Figure 20 – Ordre des mesurages du CDM de [1] à [8] 196

This is a preview - click here to buy the full publication

Figure 21 – Montage de mesure à l'entrée-sortie pour la détermination des pertes du SDIM 197
Figure 22 – Montage de mesure à l'entrée-sortie pour la détermination des pertes du SDOM 199
Figure 23 – Montage de mesure à l'entrée-sortie pour la détermination des pertes du PDS 200
Figure 24 – Ordre des mesurages du PDS de [1] à [8] 201
Figure 25 – Montage de mesure calorimétrique pour la détermination des pertes du CDM 202
Figure 26 – Détermination de la classification IE pour le CDM et détermination des pertes aux points de fonctionnement à charge partielle 203
Figure 27 – Détermination de la classification IES pour le PDS et détermination des pertes aux points de fonctionnement à charge partielle 204
Figure B.1 – Vue d'ensemble du produit étendu et du flux énergétique 211
Figure B.2 – Circuit équivalent du réseau et du câblage de réseau 212
Figure B.3 – Représentation d'un filtre antiharmoniques monophasé 213
Figure B.4 – PDS dont le convertisseur d'entrée est un redresseur à diodes 214
Figure B.5 – PDS dont le convertisseur d'entrée est un AIC normal 215
Figure B.6 – PDS à convertisseur d'entrée F3E-AIC sans bobine d'arrêt de ligne 216
Figure B.7 – Forme d'onde type d'un courant de ligne de redresseur à diodes 217
Figure B.8 – Circuit de liaison à courant continu 218
Figure B.9 – Circuit de liaison à courant continu comportant des bobines d'arrêt à courant continu supplémentaires 219
Figure B.10 – Onduleur de sortie du PDS 220
Figure B.11 – Câble de moteur et filtre de sortie facultatif du PDS 221
Figure B.12 – Forme d'onde type de la tension de sortie de l'onduleur et de la tension du moteur lors de l'utilisation d'un filtre de sortie sinusoïdal 221
Figure E.1 – Couple et vitesse normalisés des plages a et b pour la connexion en Y ou en D 236
Figure E.2 – Couple et vitesse normalisés des plages a et b pour la connexion en Y → D. . 237
Figure E.3 – Couple et vitesse normalisés de la plage a pour la connexion Y → YY 237
Figure E.4 – Pertes normalisées d'un exemple de moteur à connexion en Y ou en D 238
Figure E.5 – Pertes normalisées d'un exemple de moteur à connexion Y → D 239
Figure E.6 – Pertes normalisées d'un exemple de moteur à connexion Y → YY 239
Figure E.7 – Carte de rendement de l'exemple de moteur à connexion en Y ou en D 240
Figure E.8 – Carte de rendement de l'exemple de moteur à connexion Y → D 240
Figure E.9 – Carte de rendement de l'exemple de moteur à connexion Y → YY 240
Figure E.10 – Courant de ligne de l'exemple de moteur à connexion en Y ou en D 241
Figure E.11 – Courant de ligne de l'exemple de moteur à connexion Y → D 242
Figure E.12 – Courant de ligne de l'exemple de moteur à connexion Y → YY 242
Figure E.13 – Points de fonctionnement normalisés de l'IEC 60034-2-3 243
Figure F.1 – Segments des points de fonctionnement 251
Figure F.2 – Interpolation bidimensionnelle 252
Figure H.1 – Installation de mesure calorimétrique en une étape pour le mesurage comparatif des pertes (CDM et résistance chauffante chargés simultanément) 264

This is a preview - click here to buy the full publication

Figure H.2 – Installation de mesure calorimétrique en deux étapes pour le mesurage comparatif des pertes (CDM et résistance chauffante non chargés simultanément) 266
Figure H.3 – Installation de mesure calorimétrique refroidie par liquide pour le mesurage des pertes du CDM 267

Tableau 1 – Courants de charge d'essai minimaux à différents points de fonctionnement 172
Tableau 2 – Facteur de déphasage de la charge d'essai entre le courant de sortie fondamental et la tension de sortie fondamentale à différents points de fonctionnement 172
Tableau 3 – Exemple de pertes relatives du CDM de référence de 400 V/9,95 kVA aux points de fonctionnement décrits à la Figure 6 174
Tableau 4 – Rapport de puissance active du SDIM à utiliser pour le calcul des pertes aux points de fonctionnement du CDM 176
Tableau 5 – Paramètre de référence de la Formule (13) 179
Tableau 6 – Pertes relatives du PDS de 400 V/7,5 kW 179
Tableau 7 – Pertes du CDM de référence pour la définition de la classe IE1 182
Tableau 8 – Facteurs de correction pour différentes caractéristiques de CDM, SDIM et SDOM 186
Tableau 9 – Exigences relatives aux informations 205
Tableau A.1 – Pertes relatives (%) des CDM de référence (IE1) à différentes puissances assignées aux points de fonctionnement décrits à la Figure 6 208
Tableau A.2 – Pertes relatives du CDM de 9,95 kVA selon le Tableau A.1 209
Tableau B.1 – Valeurs types de λ pour différentes topologies de convertisseurs d'entrée 217
Tableau C.1 – Paramètres de référence de la Formule (C.1) 226
Tableau C.2 – Variables de la Formule (C.1) 226
Tableau C.3 – Paramètres de référence de la Formule (C.2) 226
Tableau C.4 – Paramètres de référence de la Formule (C.3) 227
Tableau C.5 – Paramètres de référence de la Formule (C.4) 228
Tableau C.6 – Paramètres de référence de la Formule (C.6) 229
Tableau C.7 – Variables de la Formule (C.6) 229
Tableau C.8 – Paramètres de référence de la Formule (C.7) 230
Tableau C.9 – Paramètres de référence de la Formule (C.8) 231
Tableau C.10 – Paramètres de référence de la Formule (C.9) 231
Tableau C.11 – Paramètre de référence de la Formule (5) 231
Tableau C.12 – Paramètre de référence de la Formule (C.10) 232
Tableau E.1 – Points de fonctionnement normatifs de l'IEC 60034-2-3 243
Tableau E.2 – Coefficients d'interpolation des machines à induction types tétrapolaires, de classe de rendement IE2 246
Tableau E.3 – Coefficients d'interpolation des machines à induction types bipolaires, de classe de rendement IE2 247
Tableau E.4 – Coefficients d'interpolation des machines à induction types tétrapolaires, de classe de rendement IE3 248
Tableau E.5 – Coefficients d'interpolation des machines à induction types tétrapolaires, de classe de rendement IE4 249
Tableau E.6 – Coefficients d'interpolation des machines à induction types tétrapolaires, de classe de rendement IE5 250

This is a preview - click here to buy the full publication

Tableau F.1 – Pertes relatives d'un exemple de CDM (IE1) de 400 V/9,95 kVA aux points de fonctionnement prédéfinis 252
Tableau F.2 – Paramètres de l'exemple de CDM 256
Tableau F.3 – Résultats du calcul pour le CDM d'après le modèle mathématique 257
Tableau F.4 – Comparaison des différentes méthodes d'évaluation des pertes 257
Tableau F.5 – Données relatives aux pertes de l'exemple de moteur de 7,5 kW 257
Tableau F.6 – Facteurs de charge partielle calculés pour les points de fonctionnement à charge partielle du SDIM 260

This is a preview - click here to buy the full publication

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE (PDS) À VITESSE VARIABLE –

Partie 9-2: Écoconception des systèmes moteurs – Détermination et classification de l'efficacité énergétique

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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être exigés pour sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 61800-9-2 a été établie par le sous-comité 22G: Systèmes d'entraînement électrique de puissance à vitesse variable (PDS), du comité d'études 22 de l'IEC: Systèmes et équipements électroniques de puissance. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2017. Cette édition constitue une révision technique.

This is a preview - click here to buy the full publication

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) définition des classes IES supplémentaires, jusqu'à la classe IES5;
b) suppression des données relatives aux pertes du moteur de référence et référence désormais à la norme IEC 60034-30-2;
c) facteurs étendus et modifiés dans l'Article 6 pour les CDM;
d) l'Annexe C couvre désormais le modèle mathématique des pertes du CDM;
e) déplacement du modèle mathématique du CDM à l'Annexe C;
f) ajout du sous-module d'entrée d'entraînement et des sous-modules de sortie d'entraînement à l'Annexe B;
g) l'Annexe D couvre désormais la topologie du convertisseur (qui correspond à l'ancienne Annexe C);
h) l'Annexe E couvre désormais l'interpolation des pertes de moteur (qui correspond à l'ancienne Annexe D);
i) l'Annexe E a été étendue pour inclure diverses connexions de moteur et une méthode d'interpolation mise à jour;
j) nouvelle Annexe E pour la détermination des coefficients d'interpolation;
k) l'annexe F correspond à l'ancienne Annexe E;
l) nouvelle Annexe J, Explication des facteurs de correction pour les pertes de référence dans le Tableau 8.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
22G/475/FDIS	22G/478/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61800, publiées sous le titre général *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable (PDS)*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

This is a preview - click here to buy the full publication

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site Web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document 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.

Cette version corrigée de l'IEC 61800-9-2:2023 intègre la correction suivante :

– Suppression du statut de publication de groupe sur l'efficacité énergétique, précédemment mentionné sur les pages de couverture, dans l'avant-propos et dans le domaine d'application.

This is a preview - click here to buy the full publication

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 61800 a été élaborée pour pouvoir évaluer les pertes de puissance des SDM (sous-modules d'entraînement), 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 de l'IEC/TC 2 et seront publiées dans la série IEC 60034.

L'IEC SC 22G comprend le groupe d'étude de normalisation en charge de ce sujet. Il a établi une étroite collaboration avec plusieurs autres comités d'études (IEC TC 2, IEC SC 121A, ISO/TC 115, ISO/TC 117, ISO/TC 118 et CEN/TC 197, par exemple) afin de produire une norme détaillée sur les exigences en matière d'efficacité énergétique et d'écoconception.

Le SC 22G de l'IEC demeure responsable de tous les aspects pertinents du domaine de l'efficacité énergétique et des exigences en matière d'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.

La série IEC 61800 ne traite pas des composants mécaniques.

NOTE 1 Les moteurs avec réducteur (moteurs sur lesquels des boîtes à engrenage sont directement adaptées) sont traités comme des entraînements électriques de puissance (convertisseur plus moteur). Voir l'IEC 60034-30-1 pour la classification des pertes d'un moteur avec réducteur. Les classes de rendement des boîtes à engrenage 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 entraînements électriques de puissance à vitesse variable en courant alternatif;
– Partie 3: Exigences de CEM et méthodes d'essais spécifiques;
– 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 systèmes moteurs.

Certaines parties sont subdivisées en plusieurs sous-parties, publiées en tant que Normes internationales, Spécifications techniques ou Rapports techniques, avec leur numéro de partie suivi d'un tiret et d'un second chiffre afin d'identifier la subdivision (IEC 61800-9-2, par exemple).

NOTE 2 Il est entendu que la Formule (13) est destinée aux moteurs fonctionnant directement sur le réseau. La Formule (13) sera modifiée dans le prochain amendement pour tenir compte des moteurs d'entraînement à fréquence variable.

NOTE 3 Une nouvelle figure sera élaborée pour démontrer l'utilisation d'un point neutre pour mesurer les tensions de phase du convertisseur afin de déterminer le cosphi pour chaque phase au paragraphe 7.5.3.1.

This is a preview - click here to buy the full publication

ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE (PDS) À VITESSE VARIABLE –

Partie 9-2: Écoconception des systèmes moteurs – Détermination et classification de l'efficacité énergétique

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), sous-modules d'entrée ou de sortie d'entraînement (SDM), les entraînements électriques de puissance (PDS) et les démarreurs de moteurs), utilisés avec les équipements entraînés par moteur.

Le présent document spécifie la méthodologie qui permet de déterminer les pertes du module d'entraînement complet (CDM), du sous-module d'entraînement (SDM), de l'entraînement électrique de puissance (PDS) et du système moteur.

Il définit les classes IE et IES et établit leurs valeurs limites ainsi que les procédures d'essai pour la classification des pertes globales du système moteur.

De plus, le présent document propose une méthodologie pour la mise en œuvre de la solution d'entraînement électrique la plus économe en énergie, qui dépend de l'architecture du système entraîné par moteur, du profil vitesse/couple et des points de fonctionnement dans le temps de l'équipement entraîné. Il établit une base pour l'évaluation et la classification de l'efficacité énergétique du produit étendu.

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 classification des pertes d'un PDS normalisé et d'un CDM de référence (RCDM) normalisé, ainsi que du modèle de calcul mathématique;
- définition du moteur de référence (RM) et du CDM de référence (RCDM), utilisés pour déterminer la classe de rendement d'un PDS si le moteur physique ou le CDM physique n'est pas connu;
- spécification des exigences relatives à la détermination des pertes d'un PDS physiques et d'un CDM physique, y compris les facteurs de correction pour d'autres types de CDM, non définis en tant que RCDM ou SDM, et comparaison avec les limites de classe IES et le RCDM;
- spécification des exigences pour les essais de type et la documentation de l'utilisateur;
- fourniture de plusieurs exemples de pertes dans un système global, sous forme d'annexes;
- fourniture d'informations relatives aux topologies de systèmes et d'entraînements, sous forme d'annexes.

Les données spécifiques aux RCDM et aux RM ainsi que les limites des PDS et les classes IE/IES sont indiquées pour les entraînements électriques de puissance alternatif/alternatif à axe unique et basse tension (de 100 V à 1 000 V inclus) avec des moteurs triphasés. Les moteurs avec réducteur sont traités comme des moteurs normaux lorsque le moteur et la boîte à engrenage peuvent être séparés. Une méthodologie est décrite ainsi que la façon dont ces données de référence peuvent également être appliquées à d'autres topologies telles que des convertisseurs alternatif/continu ou continu/alternatif.

This is a preview - click here to buy the full publication

Toutes les données de référence fournies sont dérivées de PDS équipés de moteurs à induction. Elles peuvent être utilisées pour divers types de PDS avec d'autres types de moteurs ainsi que, par exemple mais sans s'y limiter, des moteurs à collecteur électronique (ECM, Electronically Commutated Motor), des moteurs à aimants permanents (PM, Permanent Magnet motor) ou des moteurs à réluctance synchrone (SYN-RM, SYNchronous Reluctance Motor), et des moteurs à aimants permanents à démarrage en ligne (LSPM, Line-Start Permanent Magnet motor).

Les exigences du présent document relatives aux PDS s'appliquent uniquement aux PDS qui sont commercialisés sous la forme d'un seul produit, c'est-à-dire une combinaison d'un moteur et d'un CDM qui ne sont pas destinés à être utilisés séparément.

Les exigences relatives aux CDM s'appliquent uniquement aux CDM dont les SDM n'ont pas encore été évalués conformément aux exigences des SDM.

Les équipements suivants sont exclus du domaine d'application:

- CDM, SDM et PDS à haute tension, avec une tension assignée supérieure à 1,0 kV en courant alternatif ou à 1,5 kV en courant continu;
- CDM, SDM et PDS à basse tension, avec une tension assignée inférieure à 100 V en courant alternatif;
- PDS de puissance élevée, supérieure à une puissance assignée de 1 000 kW;
- CDM et SDM de puissance élevée, supérieure à une puissance de sortie apparente assignée de 1 209 kVA;
- PDS de faible puissance, inférieure à une puissance assignée de 0,12 kW;
- CDM et SDM de faible puissance, inférieure à une puissance de sortie apparente assignée de 0,278 kVA;
- PDS à moteur avec réducteur où le moteur et la boîte à engrenage ne peuvent pas être séparés en raison, par exemple, d'un carter commun;
- PDS asservi (composé d'un convertisseur de fréquence, d'un moteur et d'un capteur de retour de position);
- CDM, module d'entraînement principal (BDM, Basic Drive Module) et SDM exclusivement conçus pour entraîner des moteurs asservis;
- PDS, CDM, BDM et SDM spécifiquement conçus pour des applications de moteur à courant continu selon l'IEC 61800-1;
- PDS où plusieurs moteurs sont branchés en parallèle à un seul CDM avec une seule sortie triphasée;
- SDM avec entrée à courant continu et sortie à courant continu.

NOTE La série IEC 61800-9 ne traite pas de la classification de l'efficacité énergétique de l'équipement entraîné, mais elles fournissent des éléments d'entrée pour l'évaluation selon l'approche produit étendu.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60034-1:2022, *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)*

This is a preview - click here to buy the full publication

IEC 60034-2-3:2020, *Machines électriques tournantes – Partie 2-3: Méthodes d'essai spécifiques pour la détermination des pertes et du rendement des moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur*

IEC 60034-30-1:2014, *Machines électriques tournantes – Partie 30-1: Classes de rendement pour les moteurs à courant alternatif alimentés par le réseau (code IE)*

IEC TS 60034-30-2:2016, *Rotating electrical machines – Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors (IE-code)* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 60034-31:2021, *Rotating electrical machines – Part 31: Selection of energy-efficient motors including variable speed applications – Application guidelines* (disponible en anglais seulement)

IEC 60038:2009, *Tensions normales de la CEI*
IEC 60038:2009/AMD1:2021

IEC 60050-161, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*, disponible à l'adresse www.electropedia.org

IEC 60947-4-1:2018, *Appareillage à basse tension – Partie 4-1: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques*

IEC 61000-3-12:2011, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-12: Limites – Limites pour les courants harmoniques produits par les appareils connectés aux réseaux publics basse tension ayant un courant appelé > 16 A et ≤ 75 A par phase*

IEC Guide 118:2017*, Inclusion of energy efficiency aspects in electrotechnical publications* (disponible en anglais seulement)