

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Adjustable speed electrical power drive systems –
Part 9-1: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics
and their driven applications – General requirements for setting energy
efficiency standards for power driven equipment using the extended product
approach (EPA) and semi analytic model (SAM)**

**Entraînements électriques de puissance à vitesse variable –
Partie 9-1: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des
démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications
entraînées – Exigences générales pour définir les normes d'efficacité
énergétique d'un équipement entraîné via l'approche produit étendu (EPA) et
le modèle semi-analytique (SAM)**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Adjustable speed electrical power drive systems –
Part 9-1: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics
and their driven applications – General requirements for setting energy
efficiency standards for power driven equipment using the extended product
approach (EPA) and semi analytic model (SAM)**

**Entraînements électriques de puissance à vitesse variable –
Partie 9-1: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des
démarrateurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications
entraînées – Exigences générales pour définir les normes d'efficacité
énergétique d'un équipement entraîné via l'approche produit étendu (EPA) et
le modèle semi-analytique (SAM)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.130.01; 29.160.30; 29.200

ISBN 978-2-8322-3995-7

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and symbols.....	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Symbols.....	10
4 Requirements for the development of energy efficiency standards for extended products	12
4.1 General.....	12
4.2 Responsibility of the extended product standard or technical committee	13
4.3 Elements to achieve the extended product approach	14
5 Requirements for the semi analytic model (SAM) of the extended product	15
6 Requirements for the semi analytic model (SAM) of the motor system	16
6.1 General.....	16
6.2 Operating points of the PDS.....	16
6.3 Requirements if the motor system contains no CDM	17
7 Merging the semi analytic models (SAMs) to the extended product approach	17
7.1 General.....	17
7.2 Speed versus torque loss points of a motor system.....	18
7.3 How to determine intermediate speed versus torque loss points of a motor system	19
7.3.1 General	19
7.3.2 Loss determination by maximum losses of neighboured loss points	20
7.3.3 Loss determination by two-dimensional interpolation of losses of neighboured loss points.....	20
Annex A (informative) Example how to apply the SAM in the EPA for pump systems with a required speed versus torque loss points using the PDS.....	22
Annex B (informative) Calculation of the energy consumption based on the duty profile.....	24
Annex C (informative) Basic torque and power vs. speed profiles, operating points over time	25
C.1 General.....	25
C.2 Basic torque and power vs. speed profiles	25
C.3 Operating points over time	26
C.4 Definition of the operating points over time	26
C.4.1 General	26
C.4.2 Calculation of the energy consumption based on the operating points over time	27
C.4.3 Example of loss calculation for different operating points over time	28
Bibliography.....	31
Figure 1 – Illustration of core requirements of energy efficiency standardization	6
Figure 2 – Illustration of the extended product with embedded motor system	9
Figure 3 – Stakeholders and responsibilities for determination of the energy efficiency indicator for an extended product.....	13
Figure 4 – Illustration of the operating points (shaft speed, torque) for the determination of relative losses of the power drive system (PDS)	17

Figure 5 – Speed versus torque relative power loss operating points to determine the motor starter or switchgear losses 17

Figure 6 – Responsibilities and workflow to derive the energy efficiency index (EEI) of an extended product 18

Figure 7 – Four segments of deviating operating points of a PDS 19

Figure 8 – Two-dimensional interpolation for deviating operating points 20

Figure A.1 – Three points of relative losses and shaded area of interest for the pump manufactures while defining their EEI (energy efficiency index) 22

Figure A.2 – Example how the SAMs of the PDS and the pump system shall interact to the resulting efficiency index of a pump system 23

Figure C.1 – Typical basic torque and power vs. speed profiles 26

Figure C.2 – Example of operating points over time 27

Table 1 – Illustration how to combine essential elements of the efficiency contributions 15

Table C.1 – Operating points over time for the investigated examples 28

Table C.2 – Losses in the specified operating points for configuration 1 28

Table C.3 – Losses in the specified operating points for configuration 2 29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –**Part 9-1: Ecodesign for power drive systems, motor starters,
power electronics and their driven applications –
General requirements for setting energy efficiency
standards for power driven equipment using the extended
product approach (EPA) and semi analytic model (SAM)**

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 61800-9-1 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 standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
22G/348/FDIS	22G/351/RVD

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

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

IEC SC 22G includes the standardization task force for dealing with energy efficiency of motor systems. 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.

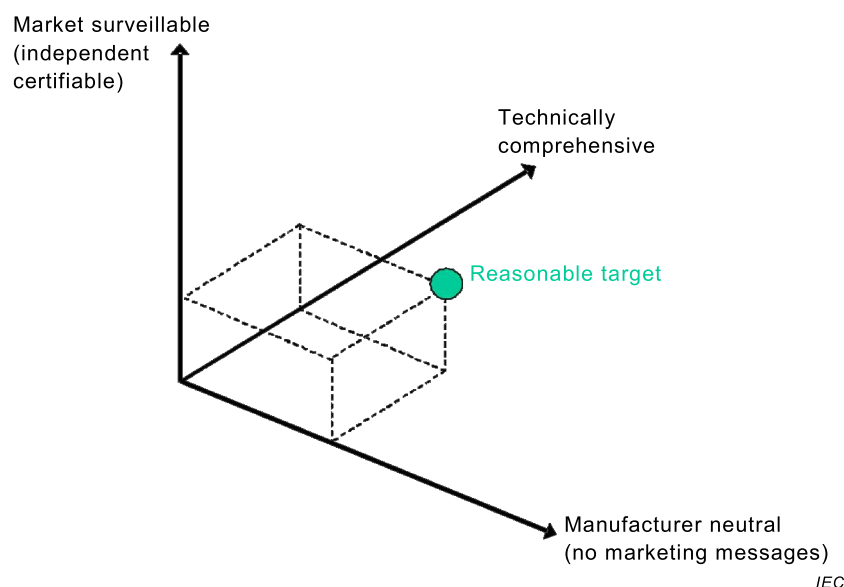


Figure 1 – Illustration of core requirements of energy efficiency standardization

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 61800-9-1 is a subpart of the IEC 61800 series, which has the following structure:

- *Part 1: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed d.c. power drive systems*
- *Part 2: General requirements – Rating specifications for low voltage adjustable speed a.c. power drive systems*
- *Part 3: EMC requirements and specific test methods*
- *Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V a.c. 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 (for example, IEC 61800-9-2).

This subpart of IEC 61800-9 is an International Standard for characterizing the energy efficiency of motor systems when supplied by a motor starter or by a variable voltage/frequency converter. The goal of this part of IEC 61800-9 is to establish a clear and simple system for the comparison of the energy performance of motor systems that can help manufacturers to improve their products, to give users the necessary transparency and information and to provide a robust reference base for regulators and minimum energy performance standards.

The IEC 61800-9 series (Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications) will consist of the following subparts:

- *Part 9-1: General requirements for setting energy efficiency standards for power driven equipment using the extended product approach (EPA) and semi analytic model (SAM)*
- *Part 9-2: Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters*

ADJUSTABLE SPEED ELECTRICAL POWER DRIVE SYSTEMS –

Part 9-1: Ecodesign of power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications – General requirements for setting energy efficiency standards for power driven equipment using the extended product approach (EPA) and semi analytic model (SAM)

1 Scope

This part of IEC 61800 specifies the general methodology to energy efficiency standardization for any extended product by using the guidance of the extended product approach (EPA).

It enables product committees for driven equipment connected to motor systems (so called extended products) to interface with the relative power losses of the connected motor system (e.g. power drive system) in order to calculate the system energy efficiency for the whole application.

This is based on specified calculation models for speed/load profiles, the duty profiles and relative power losses of appropriate torque versus speed operating points.

This document specifies the methodology of determination of losses of the extended product and its sub-parts.

This document is applicable to motor systems operated by a motor starter or by a converter (power drive systems).

This document does not specify requirements for environmental impact declarations.

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

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 61800-9-2:2016, *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*

3 Terms, definitions and symbols

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-161 and the following apply.

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

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

3.1.1

duty profile

load-time profile

3.1.2

energy efficiency index

EEI

value describing the energy efficiency of an application, resulting from the extended product approach (EPA)

3.1.3

extended product

EP

driven equipment together with its connected motor system (e.g a PDS)

Note 1 to entry: See Figure 2.

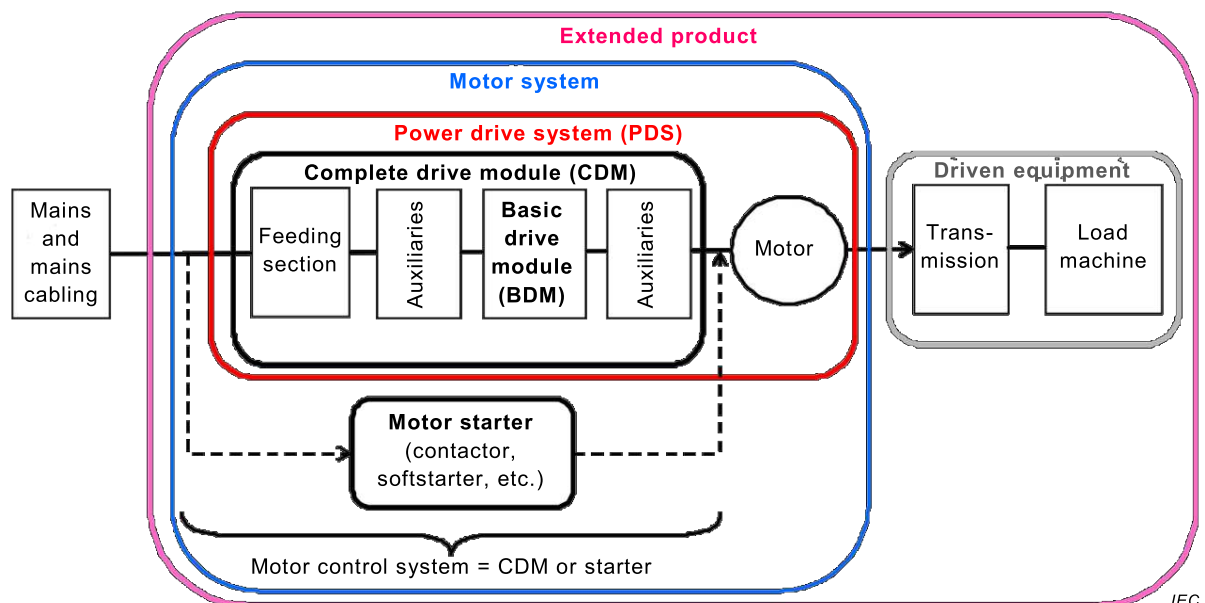


Figure 2 – Illustration of the extended product with embedded motor system

3.1.4

extended product approach

EPA

methodology to determine the energy efficiency index (EEI) of the extended product (EP) using the speed torque profiles of the driven equipment, the relative power losses of the motor system and the duty profile of the application

3.1.5**load-time profile**

fraction of time spent at each operating point during the total operating time or a complete cycle of operation of the extended product

Note 1 to entry: Typically this profile is represented by a histogram.

Note 2 to entry: The standby mode can be included in the load time profile.

3.1.6**motor control equipment**

either a CDM or a motor starter

3.1.7**motor system**

motor control equipment and a motor

3.1.8**semi analytic model****SAM**

determination model for the losses of a motor system or a driven equipment

Note 1 to entry: SAMs include physical and mathematical parameters and calculation algorithm of the subparts of an EP. SAMs are necessary to determine the typical relative power losses of the subparts of an EP in order to determine its overall losses.

3.1.9**transmission**

any component (coupling, Gear box, etc.) which connects the motor shaft to the load machine (e.g. pump): coupling, gearbox

3.2 Symbols**3.2.1**

$E_{\text{Electrical}}$

electrical energy consumption of an application during a certain runtime period

3.2.2

k_p

ratio of the weighted average electrical power consumption $P_{\text{Electrical}}$ of an application to the reference power consumption $P_{\text{Reference}}$

3.2.3

$P_{\text{Electrical}}$

power consumption [kW] of an application over time

3.2.4

$P_{\text{Electrical Max}}$

power consumption [kW] at 100 % speed and 100 % load

3.2.5

P_i

power consumption [kW] at operating point i

3.2.6

$P_{\text{L,control}}$

power losses of the control

3.2.7 P_n

nominal power of an equipment which is typical for its population of the same rating (see IEC 60034-1 for motors)

3.2.8 $P_{out,CDM}$

output power of CDM from the power loss measurement

3.2.9 $P_{out,PDS}$

output power of PDS from the power loss measurement

3.2.10 P_r

rated power of equipment which is assigned by its manufacturer

3.2.11 $P_{Reference}$

power consumption used for reference, defined by the extended product committee

3.2.12 P_L

electrical power losses

Note 1 to entry: In $P_{L,CDM}$, $P_{L,Mot}$ and $P_{L,Aux}$, the index CDM refers to the complete drive module, Mot refers to the motor, Aux refers to the auxiliary devices like cables, transformers or filters. The relative power losses are the per unit losses relative to the nominal power of the device.

3.2.13 $P_{L,CDM}$

power losses of a CDM

3.2.14 $P_{L,CDM,determined}$

power losses of CDM from the power loss determination method

3.2.15 $P_{L,CDM,relative}$

power losses of the CDM, with reference to its rated apparent power

3.2.16 $P_{L,inverter}$

power losses in the inverter section of a CDM

3.2.17 $P_{L,PDS,determined}$

power losses of PDS from the power loss determination method

3.2.18 $P_{L,Mot}$

total losses of a motor according to IEC 60034-2-1:2014, method 2-1-1B, when supplied by a converter (non sinusoidal power supply)

3.2.19 t_W

working time of an equipment

3.2.20 T_i torque [Nm] at operating point i **3.2.21** TF_i percentage of time (time fraction) an extended product is operated at one specific operating point i **4 Requirements for the development of energy efficiency standards for extended products****4.1 General**

This document specifies a methodology to determine the energy efficiency index of an application, based on the concept of semi analytic models (SAM). The methodology shall be referred to as the extended product approach (EPA).

The responsibilities and tasks of the different stakeholders creating or using these extended products standards, as well as the data flows in-between, are required.

a) Specific information about the equipment shall be considered:

- The torque versus speed profile of the driven load as specified by the load manufacturer or other pertinent entity (e.g. regulatory authority, other specified organization).
- The losses of the Motor System or its constituents (motor, CDM or starter) at reference part-load operating points. These shall be provided by the different manufacturers as specified in IEC 61800-9-2.

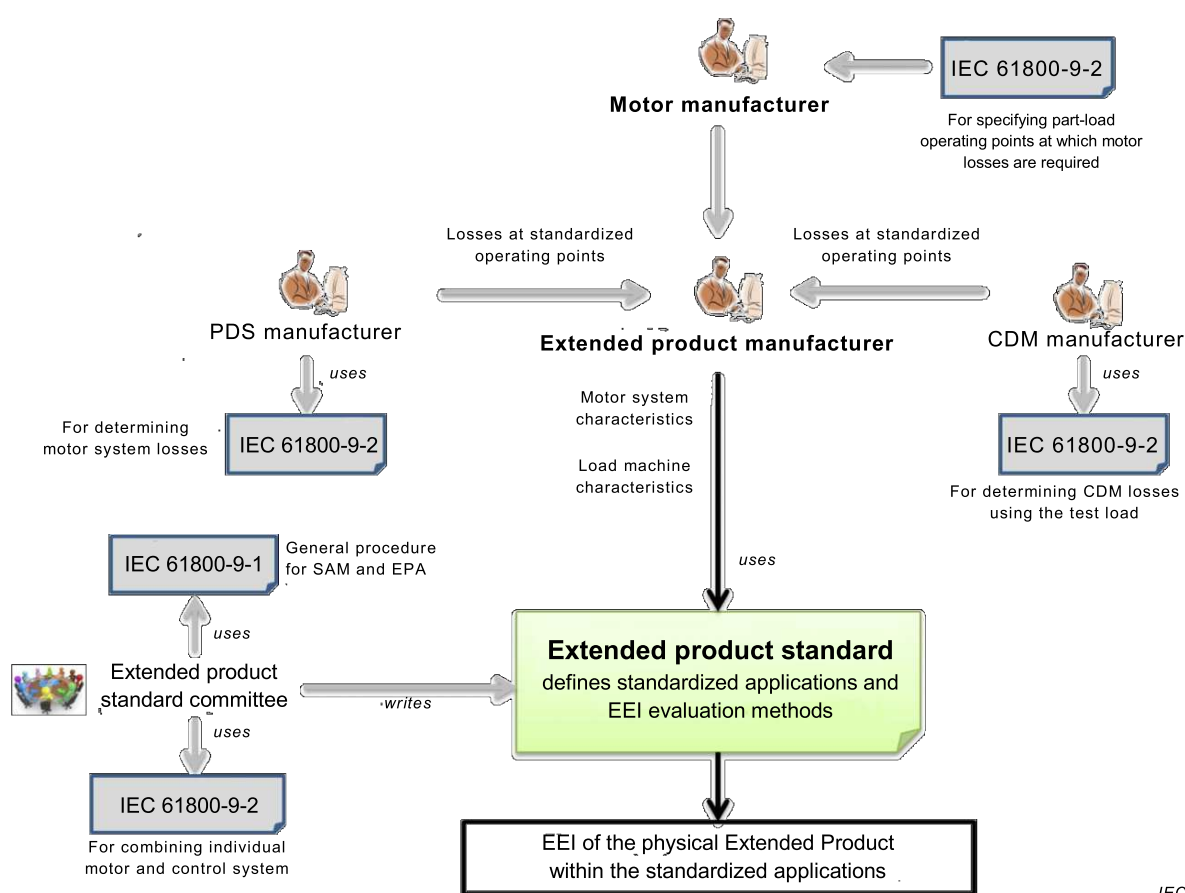
b) Information about the driven equipment shall be considered:

- The duty profile of the driven equipment. Pertinent entities can for example define typical applications of their extended products, each associated with a typical duty profile.

c) Extended product approach shall be used to determine an energy efficiency indicator (losses, efficiency, energy consumption, etc.):

- IEC 61800-9-2 specifies the methods for the determination of losses of the motor system using measurement and/or calculations.
- Other pertinent entity(ies) (e.g. regulatory authority, other specified organization) shall define how to combine the losses of the motor system and the losses of the load, to obtain an overall energy efficiency index for the extended product within the defined application.

The interactions between the different stakeholders are shown in Figure 3.



IEC

NOTE 1 Motor and CDM manufacturers can provide data directly to the motor system manufacturer.

NOTE 2 If the motor system is based on a starter, then only the motor losses are needed as input to the EPA.

Figure 3 – Stakeholders and responsibilities for determination of the energy efficiency indicator for an extended product

4.2 Responsibility of the extended product standard or technical committee

Based on the general principles described in this document, it shall be the responsibility of the entity(ies) dealing with a type of extended product (e.g. regulatory authority, other specified organization) to specify the semi analytic model of the driven load and of the extended product for the product-specific application(s).

Other pertinent entity(ies) (e.g. regulatory authority, other specified organization) shall specify and standardize

- one or more torque versus speed profiles (load profiles) as described in Annex C considering typical loads,
- one or more duty profiles as described in Annex C considering typical service conditions,
- an appropriate method for determining the losses at intermediate operating points based on the data from the motor, CDM and PDS (see 7.3),
- a Semi analytic model for the Extended Product considering the extended product approach (EPA) as described in Clause 7, using the part-load operating points of the motor system as determined according to IEC 61800-9-2: 2016, Annex E, and
- a method for determining an energy efficiency indicator for the extended product under their responsibility (see Annex B for example).

The extended product standard or technical committee shall apply permissible tolerances for the part-load losses of the motor system as defined in IEC 61800-9-2.

NOTE The motor system data can consist of PDS data as well as individual data for CDM and motor. IEC 61800-9-2 provides information about the determination of PDS data based on individual motor and CDM data.

The number of part-load operating points used by the semi analytic model of the extended product shall be limited to an appropriate choice out of maximum eight points.

4.3 Elements to achieve the extended product approach

The semi analytic model (SAM) model of the extended product allows combining the losses at the reference operating points to derive the losses at any other operating point. Elements required for the extended product approach are described in Table 1 and Figure 6.

To determine the overall losses or efficiency of an extended product implemented in an application, it is required to go through several steps.

Several elements shall be combined.

- a) **The SAM of the motor system**, specified in IEC 61800-9-2, giving its relative losses at several normalized operating points. The motor system can be a power drive system (PDS) or can consist of a motor and a motor starter (contactor, softstarter, etc.).
 - When the motor system is a PDS, the SAM of the motor system is based on the concept of reference PDS (RPDS). It is a "typical" PDS to which the physical PDS under consideration is compared in terms of energy efficiency.
 - When the motor system is based on a motor starter, the calculation of the losses is simpler; there is no need to use any reference motor starter.
- b) **The SAM of the driven equipment** (pump, compressor, fan, etc.), giving the losses or efficiency of the load machine at typical operation. It is the responsibility of the equipment manufacturer or the associated product committee.
- c) **The extended product approach**, combining the SAM of the motor system and the SAM of the driven equipment (and also if necessary efficiency values for the transmission). It is the responsibility of the manufacturer of the extended product or the associated pertinent entity. The extended product approach uses application-related data (required operating points, duty profile, working time, etc.), in order to determine the energy efficiency index of the application. This index allows comparing the energy efficiency of several motor systems for a given application, or several modes of operation of a given extended product.

Table 1 – Illustration how to combine essential elements of the efficiency contributions

Elements required for the Extended Product Approach	Input	Output	Reference	Responsibility
SAM of the motor system	Characteristics of the motor system (physical components, rated powers, etc.)	Relative losses of the motor system at standardized operating points	IEC 61800-9-2	IEC SC 22G, TC 2
SAM of the EP	output of the SAM of the motor system and characteristics of the driven equipment (load machine)	Relative losses of the EP at standardized operating points	EP standard	Load machine associated product committee (e.g. ISO TC 115, TC 117, TC118)
Extended product approach	output of the SAM of the EP, and requirements about the application (duty profiles, operating time, etc.) and tolerances	Energy efficiency index of extended product for the application	EP standard	Extended product associated product committee (e.g. ISO TC 115, TC 117, TC118)

5 Requirements for the semi analytic model (SAM) of the extended product

SAMs are necessary to determine the typical relative power losses of the subparts according to the extended product approach in order to determine its overall losses.

Clause 5 describes the basic requirements which shall be fulfilled while specifying the SAM of the extended product.

The SAM of the extended product shall include the following aspects:

- average operating (service) conditions to derive the losses of the driven equipment;
- typical torque versus speed profile (operating profile) of the driven equipment;
- typical histogram of required power versus time (the duty profile) of the driven equipment;
- typical tolerance of the loss parameters of the driven equipment;
- the embedded relative losses of the motor system according to the data determined according to IEC 61800-9-2.

The outcome of the SAM shall be used to calculate the energy efficiency index (EEI) which shall be able to quantitatively distinct between typical efficient and typical inefficient applications.

The EEI value shall be given in a metric scheme which allows displaying the value in the user's documentation or the catalogue.

In order to judge a system concerning energy efficiency, all components of the system have to be taken into account. Speed regulation by using a power drive system (PDS) is advantageous in a plurality of cases, but on the other hand it also creates additional losses.

The energy savings that can be achieved are very often depending on the operating point (OP) at which the extended product is operated as required by the application.

Therefore, it is necessary to have information about the application and its duty, and this information shall be provided by technical committees determining the SAM for the application specific extended product.

Two application-relative characteristics are particularly useful for describing the extended product and the way it is operated.

- a) **The torque or power versus speed profile.** This curve describes how the torque required by a machine depends on its speed. It essentially depends on the type of machine (motor, pump, fan, etc.).
- b) **The load-time profile, also called duty profile.** This graph describes the various power levels required by the application, including standby, and the fraction of time during which the machine is operated at these levels. It essentially depends on the sizing of the motor and on how the extended product is operated in practice.

These two characteristics can be used as input data to compare potential control solutions in terms of energy efficiency.

Annex C provides examples of typical torque or power versus speed profiles as well as an example of operating points over time profile. It also illustrates how to combine both to determine the weighted electrical power consumed by the application, in order to compare several motor control architectures in terms of energy savings.

6 Requirements for the semi analytic model (SAM) of the motor system

6.1 General

The SAM of the motor system (e.g. a PDS) shall include all parameters which are necessary for the determination of the relative power losses for specific different torque versus speed operating points.

The determination of the EEI of an extended product needs a description of the relative losses of the motor system in order to justify the most efficient solution.

For further requirements of the SAM of the motors system, see IEC 61800-9-2.

For the SAM of the motor system, the relative losses (specific loss in operation point divided by nominal power of the motor system) shall be used for specification in order to cover also cases, where the speed of the extended product is zero.

NOTE This is not aligned with the so called efficiency (η) of line fed motors which is directly given as a percentage of the mechanical output power to the sum of input electrical power and the power losses.

6.2 Operating points of the PDS

In order to set only a few appropriate measurement points or calculation results to develop the energy consumption of different extended products, eight points in the torque versus speed diagram shall be specified (see Figure 4).

These relative losses (containing the relative losses of the motor system), are the output of the SAM for the motor system and one input of the SAM for the extended product (see Table 1).

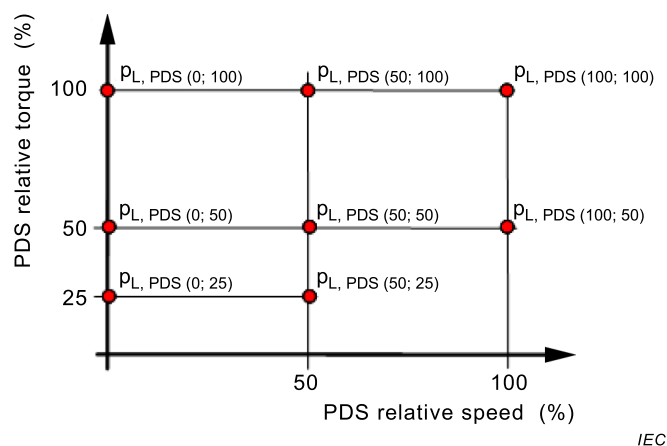


Figure 4 – Illustration of the operating points (shaft speed, torque) for the determination of relative losses of the power drive system (PDS)

6.3 Requirements if the motor system contains no CDM

If the motor system contains a motor starter or switchgear the possible operating points are located at just on one relative speed (100 %). See Figure 5.

The additional power losses of a.c. motor starters according to IEC 60947-4-1 or a bypassed a.c. semiconductor motor starter according to IEC 60947-4-2 are considered small. The procedures to determine the relative losses of the motor system containing a motor starter out of the calculation or measurement are given in IEC 61800-9-2.

In this case, no "reference motor starter" or "reference switchgear" is defined or required.

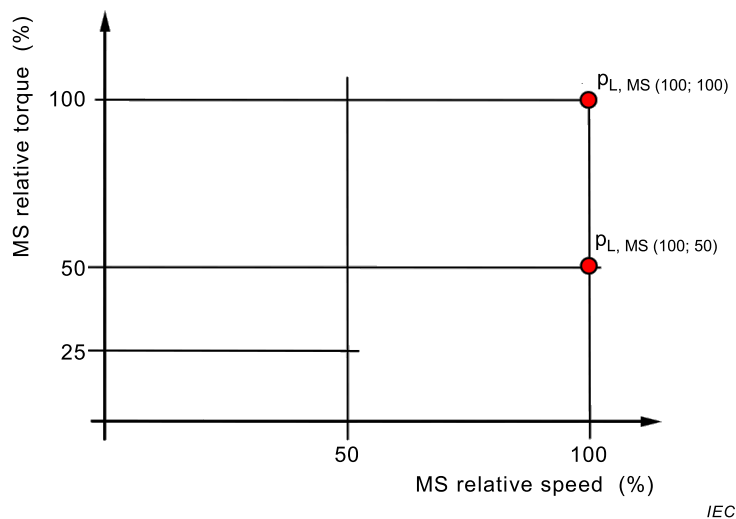


Figure 5 – Speed versus torque relative power loss operating points to determine the motor starter or switchgear losses

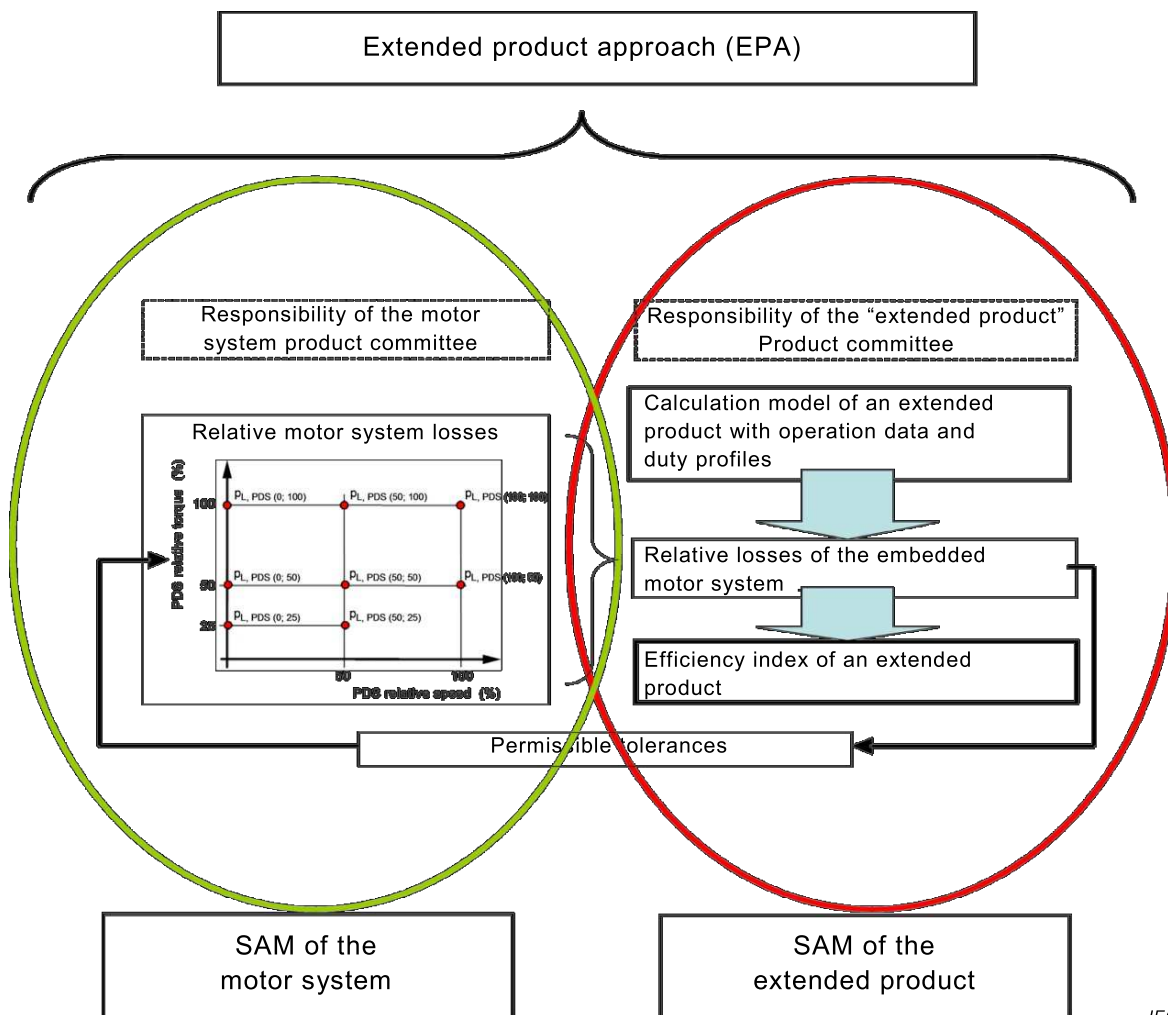
7 Merging the semi analytic models (SAMs) to the extended product approach

7.1 General

Clause 7 describes how the SAMs of a motor system and the extended product shall be merged together in order to gain the determination for the EEI value according to the extended product approach.

The interface between both is the set of relative losses with tolerances of the determined torque versus speed operating points.

The different models and responsibilities for achieving the efficiency classification of an extended product shall merge to the complete efficiency determination of the EPA, in accordance of the Figure 6.



IEC

The relative power losses together with permissible tolerances being the link and input data of the SAM of an extended product.

Figure 6 – Responsibilities and workflow to derive the energy efficiency index (EEI) of an extended product

7.2 Speed versus torque loss points of a motor system

All extended products shall be described by their physical needed drive power which is the product of torque and speed at a defined set of operating points. This corresponds to a typical average calculation of the electrical power losses P_L at each operating point with the knowledge of operation/application data and duty profiles as determined according to Annex C.

The whole chart according to Figure 4 would contain theoretically an infinite number of such operating points. If the actual operating points are not known, reference operating points are used to determine the losses. To limit the amount of determined data the number of such reference operating points

- shall match to the needs of the extended product approach (see Annex C for typical examples), and
- shall be selected among the operating points defined in Figure 4 and Figure 5 according to the technology of the motor system.

7.3 How to determine intermediate speed versus torque loss points of a motor system

7.3.1 General

In case the defined values are insufficiently matching to the torque versus speed characteristics, the following rule shall be used to determine intermediate values for the SAM of the motor system.

In case that the motor system is a PDS, the losses of the CDM shall be calculated first according to IEC 61800-9-2. In the next step, the motor losses shall be determined. In the third step, the PDS losses shall be calculated.

In order to determine the relative losses of a motor system at an arbitrary operating point, one of the following calculation models can be used:

- maximum losses in neighboured predefined operating points;
- two-dimensional linear interpolation between neighboured operating points;
- two-dimensional linear extrapolation with neighboured operating points as long as the extrapolation result maintains within the four segments of Figure 7;
- loss calculation and extrapolations according to the mathematical model described IEC 61800-9-2.

For the models a) and b), the operating area shown in Figure 7 shall be divided into four segments.

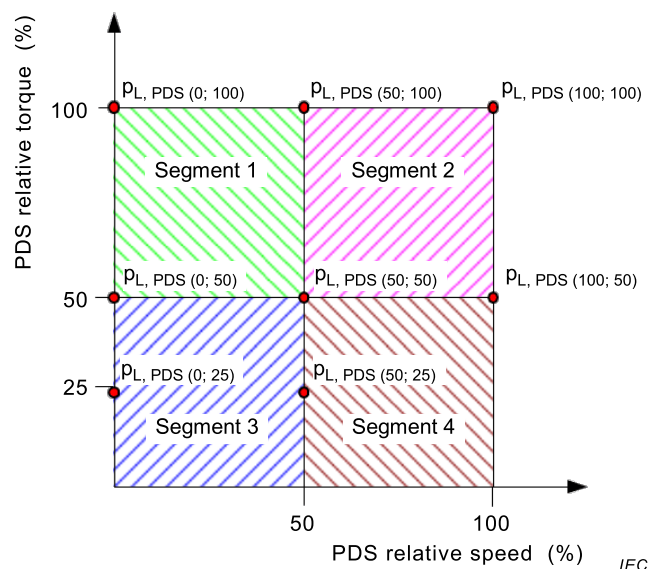


Figure 7 – Four segments of deviating operating points of a PDS

Segment 1 covers the operating points up to 50 % relative PDS speed and above 50 % relative torque.

Segment 2 covers the operating points above 50 % relative PDS speed and above 50 % relative torque.

Segment 3 covers the operating points up to 50 % relative PDS speed and up to 50 % relative torque.

Segment 4 covers the operating points above 50 % relative PDS speed and up to 50 % relative torque.

7.3.2 Loss determination by maximum losses of neighboured loss points

This way to determine the losses is very simple. However, it provides a higher deviation from the correct result than the other methods.

The evaluated operating point at 75 % relative PDS speed and 80% of relative torque belongs to segment 2 according to Figure 4 and Figure 7. Consequently, the neighboured operating points are $P_{L,CDM}(50;50)$, $P_{L,CDM}(50;100)$, $P_{L,CDM}(100;50)$ and $P_{L,CDM}(100;100)$. The predefined operating point with maximum losses is $P_{L,CDM}(100;100)$. This value shall be used for further calculation.

In case the motor system contains a motor starter or switchgear, the calculation shall take the same value for both operating points out of Figure 5.

7.3.3 Loss determination by two-dimensional interpolation of losses of neighboured loss points

Interpolation between four defined points A, B, C and D in Figure 8 at an operating point Z shall be calculated in three steps.

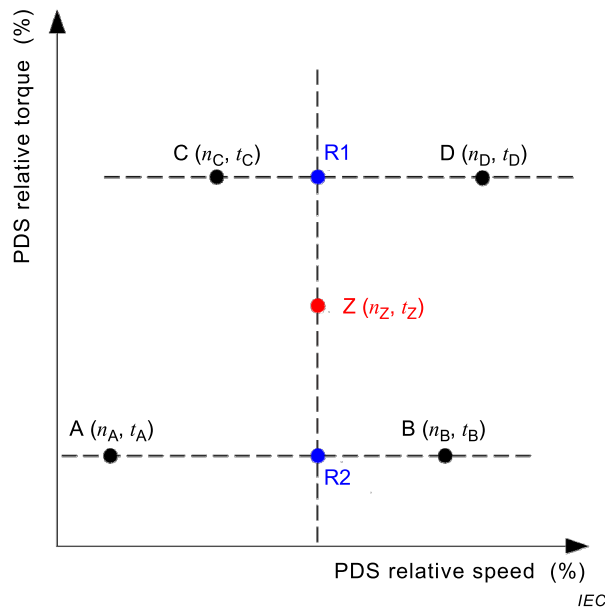


Figure 8 – Two-dimensional interpolation for deviating operating points

In the first step, a linear interpolation between points C and D is calculated for the point R1. The horizontal component n of R1 is chosen equivalent to the horizontal component n_Z of the required operating point Z. Since the vertical component of the points C and D are identical ($t_C = t_D$), the losses at the point R1 are a function of the horizontal component n_Z only and will lead to $P_{L,R1}(n_Z)$.

In the second step, the losses are interpolated in the same way for the point R2. This will lead to $P_{L,R2}(n_Z)$.

In the third step, the losses in the operating point Z are finally calculated by interpolation between R1 and R2. As R1 and R2 have the same horizontal component n_Z by definition, this interpolation is a function of the vertical component t_Z only. This will lead to $P_{L,Z}(n_Z)$.

Inserting the values to Equation (1) gives the final calculation of the losses at the operating point Z.

$$p_{L,Z}(t_Z) = p_{L,R2} + \frac{p_{L,R1} - p_{L,R2}}{t_{R1} - t_{R2}} \cdot (t_Z - t_{R2}) \quad (1)$$

In case the motor system contains a motor starter or switchgear, the calculation shall take the same value for both operating points out of Figure 5.

In case the abscissa of the operating point Z at which the losses are desired is less than 25 % speed, the losses shall be determined by linear interpolation using the reference points at 25 % speed.

Annex A (informative)

Example how to apply the SAM in the EPA for pump systems with a required speed versus torque loss points using the PDS

One example will be the pump systems and other flow rate machine systems which normally are interested in a parabolic like curve shape, as shown in Figure A.1.

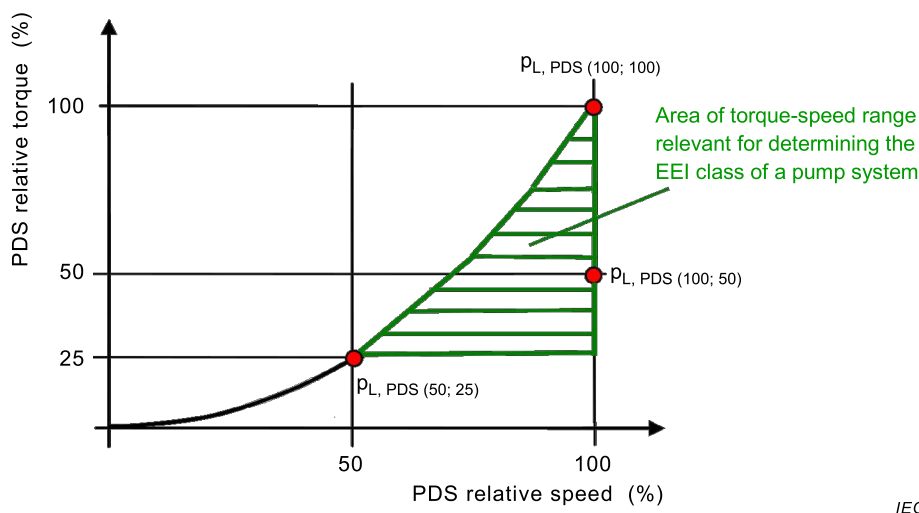


Figure A.1 – Three points of relative losses and shaded area of interest for the pump manufactures while defining their EEI (energy efficiency index)

Providing the electrical power losses of the three points $P_{L,PDS(50; 25)}$, $P_{L,PDS(100; 50)}$ and $P_{L,PDS(100; 100)}$ as well as the electrical power losses of the shaded area in between shall allow the pump manufacturers to derive the total losses or the total efficiency of an arbitrary pump unit.

The electrical power losses of the PDS at the 50 % speed versus 25 % torque point is the calculated sum of the power losses of all its components including the feeding transformer, if it is dedicated to feed only this PDS and all its auxiliary components such as filters or cables.

$$P_{L,PDS} = P_{L,M} + P_{L,CDM} \tag{A.1}$$

$(P_{L,CDM} + P_{L,Aux})$ results in the power losses of a complete reference drive module together with auxiliaries, like filtering or active infeed converters as an alternative rectifier type, with an agreed permissible tolerance of $\pm 10\%$ (see Figure A.2). It requires the most influencing service parameters for the losses.

$P_{L,Mot}$ describes the losses of a converter fed "reference motor" plus its additional harmonic frequency losses at $f_{sw} = 4\text{kHz}$ (rated power up to 90 kW) or $f_{sw} = 2\text{kHz}$ (rated power above 90 kW), following the determination methods from IEC TS 60034-2-3.

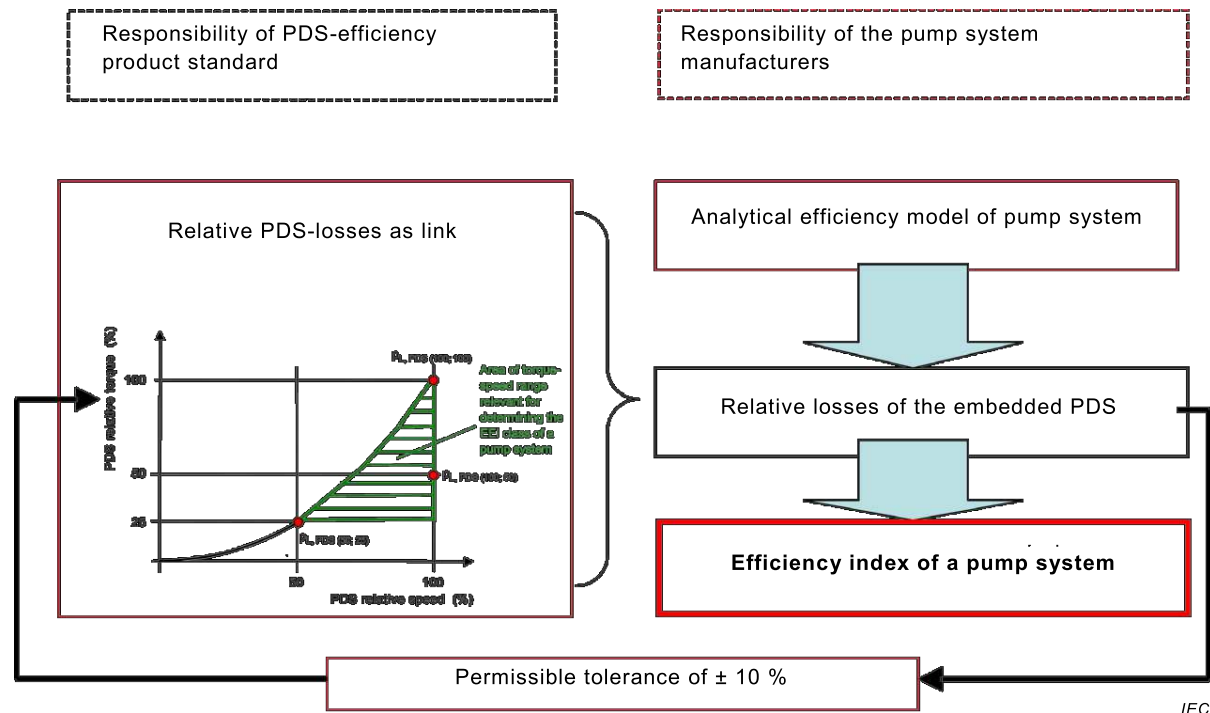


Figure A.2 – Example how the SAMs of the PDS and the pump system shall interact to the resulting efficiency index of a pump system

Annex B (informative)

Calculation of the energy consumption based on the duty profile

The duty profile describes the requirements of the application in terms of mechanical power. For each operating point OP_i , the electrical power P_i that must be supplied by the mains depends on the mechanical power and the overall extended product losses (or equivalently its efficiency) at this level. The latter depends on the control strategy chosen for the application and can be computed

The weighted average electrical power $P_{\text{Electrical}}$ required to run the application as desired is:

$$P_{\text{Electrical}} = \sum_{i=1}^n (TF_i \cdot P_i) \quad (\text{B.1})$$

The weighted average electrical power is directly related to the electrical energy consumption (in e.g. kW.h) required by the application during a certain runtime (Rt) period:

$$E_{\text{Electrical}} = P_{\text{Electrical}} \cdot Rt \quad (\text{B.2})$$

The weighted average electrical power (or equivalently electrical energy) can be computed for several potential control strategies suitable for the application. The designer shall then select the control strategy that yields the smallest weighted average electrical power.

$$k_P = \frac{P_{\text{Electrical}}}{P_{\text{Reference}}} \quad (\text{B.3})$$

The resulting factor k_P should be as close as possible to the value 1, if the reference power was determined to describe the mechanical power required by the application.

Annex C (informative)

Basic torque and power vs. speed profiles, operating points over time

C.1 General

To judge an application concerning energy efficiency, all components of the application have to be taken into account. Speed regulation by using a power drive system (PDS) is advantageous in a plurality of cases, but on the other hand it also creates additional losses.

The energy savings that can be achieved are very often depending on the operating point (OP). Therefore it is necessary to have information about the extended product and its duty to decide.

Two extended product-relative characteristics are particularly useful for describing the extended product and the way it is operated.

- **The torque and power versus speed profile.** This curve describes how the torque required by a machine depends on its speed. It essentially depends on the type of machine (motor, pump, fan, etc.).
- **Operating points over time.** This graph describes the various power levels required by the extended product, including standby, and the fraction of time during which the machine is operated at these levels. The duty profile essentially depends on the sizing of the motor and on how the extended product is operated in practice.

These two characteristics can be used as input data to compare potential control solutions in terms of energy efficiency.

C.2 Basic torque and power vs. speed profiles

The torque or power versus speed profile describes how the torque T or power P required by the driven load varies with its speed n . The power is also the product of torque and speed.

Most of the existing loads can be categorized into one of the basic torque and power vs speed profiles shown in Figure C.1.

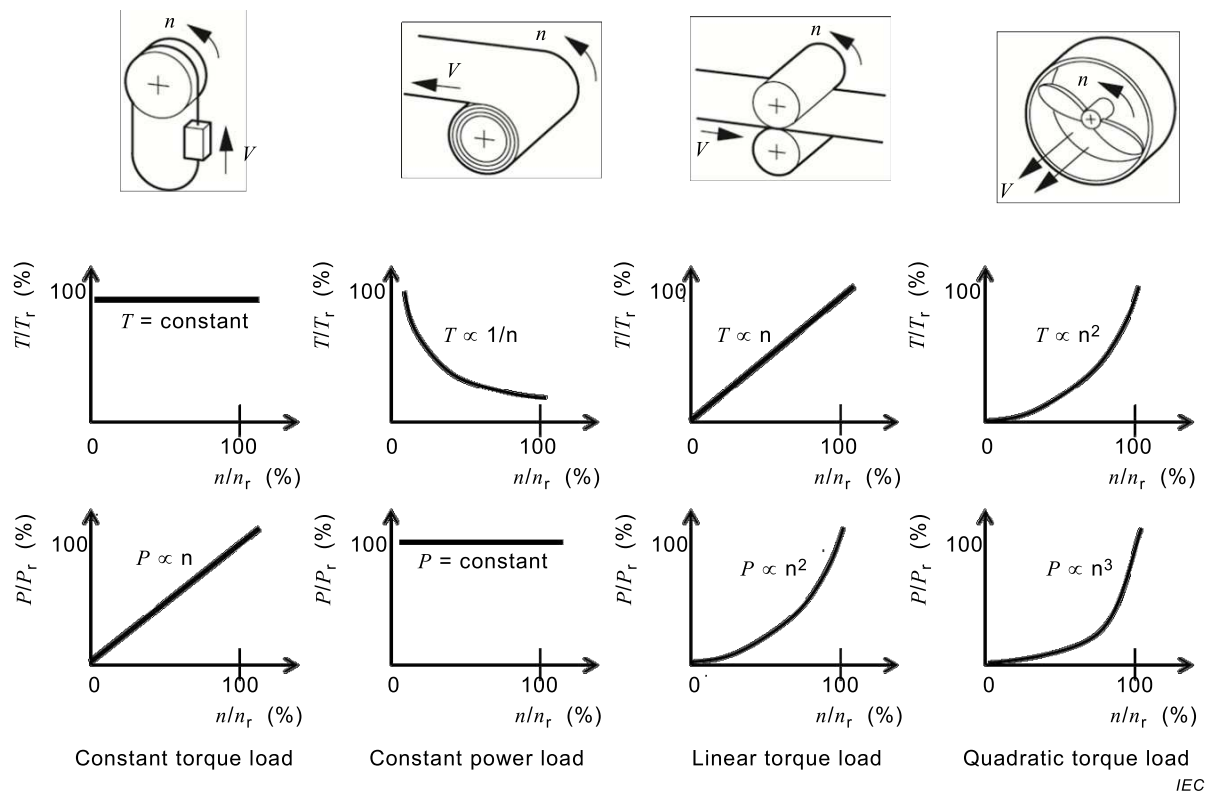


Figure C.1 – Typical basic torque and power vs. speed profiles

C.3 Operating points over time

The desired behaviour of the extended product, as well as the characteristics of the motor, defines one or several operating points at which the motor will have to be operated.

Depending on these points, the motor may not be running at rated output power all the time. Part load in the sense of this document is a situation where the system requires reduced torque and/or speed compared to the rated values.

The efficiency of an extended product strongly depends on the load level. Furthermore, standby (SB) losses of soft starters and variable speed drives (VSDs) have to be taken into account. They are present in periods where the power part is disabled but the control is still supplied. Stand-by losses are losses generated by for example the power supply of the control part.

Therefore, to estimate the efficiency of an extended product and compare several potential control solutions, it is essential to know which levels of mechanical and electrical power are needed by the extended product and in which time fraction. This is the purpose of the operating points over time.

C.4 Definition of the operating points over time

C.4.1 General

The load-time profile is a graph describing the different levels of mechanical power required by the extended product, and the time during which the extended product is operated at each of these points.

- The operating points OP_i on the horizontal axis should reflect typical points for that certain extended product. One point shall be zero speed/zero torque to account for the standby

losses P_{SB} . For some extended products, the operating points may be expressed using another quantity that makes sense for the extended product, for example a power, a flow. In case the loss values for these points are not given by the manufacturer, they can be calculated (see IEC 61800-9-2:2016, Annex E).

- The time may be expressed in hours per unit of time (day, year), or in fraction of the total runtime.

An example of operating points over time is shown in Figure C.2.

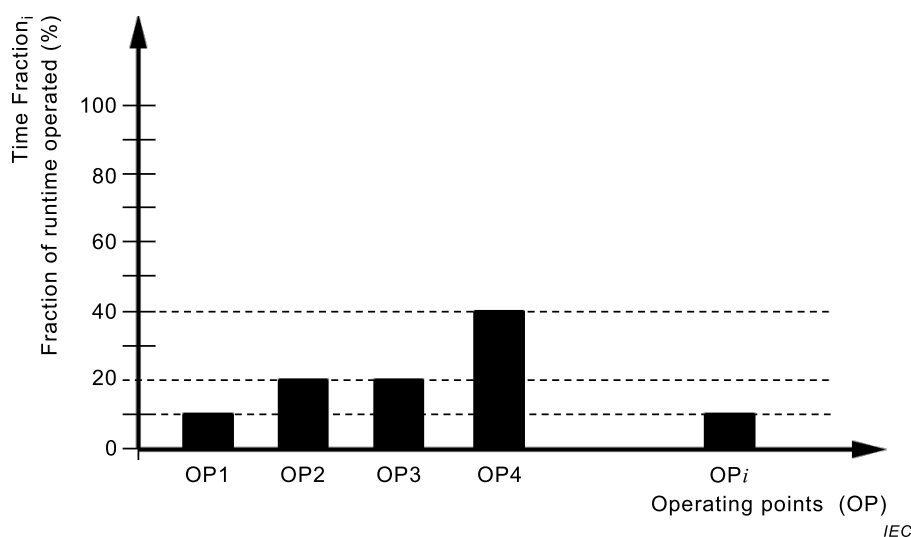


Figure C.2 – Example of operating points over time

C.4.2 Calculation of the energy consumption based on the operating points over time

The duty profile describes the requirements of the extended product in terms of mechanical power. For each operating point OP_i , the electrical power P_i that must be supplied by the mains depends on the mechanical power and the overall extended product losses (or equivalently its efficiency) at this level. The latter depends on the control strategy chosen for the extended product and can be computed.

The weighted average electrical power $P_{\text{Electrical}}$ required to run the extended product as desired is:

$$P_{\text{Electrical}} = \sum_{i=1}^n (\text{Timefraction}_i \cdot P_i) \quad (\text{C.1})$$

The weighted average electrical power is directly relative to the electrical energy consumption (in e.g. kW.h) required by the extended product during a certain runtime period:

$$E_{\text{Electrical}} = P_{\text{Electrical}} \cdot \text{Runtime} \quad (\text{C.2})$$

The weighted average electrical power (or equivalently electrical energy) can be computed for several potential control strategies suitable for the extended product (e.g. switchgear and VSD). The designer should then select the control strategy that yields the smallest weighted average electrical power.

Procedures for computing the losses at a certain operating point not included in datasheets are described in IEC 61800-9-2:2016, Annex E.

C.4.3 Example of loss calculation for different operating points over time

A pumping application with a 30 kW motor is working at three different operating points: 0 % flow (standby), 50 % flow and 100 % flow. It has to be checked which configuration is the most efficient one. The calculation has to be done for two different duties. Tables C.1, C.2 and C.3 provide example data.

Configuration 1: single speed pump with IE3 motor and throttling valve

Configuration 2: multi speed pump with IE2 motor and variable speed drive

Table C.1 – Operating points over time for the investigated examples

	100 % flow	50 % flow	0 % flow
Duty 1	85 %	5 %	10 %
Duty 2	20 %	70 %	10 %

Table C.2 – Losses in the specified operating points for configuration 1

Loss calculation configuration 1	100 % flow	50 % flow	0 % flow (standby)
$P_{L\ pump1}$ Losses of the pump system including valve in configuration 1	5,4 kW ^a	9,36 kW ^a	0 kW
$P_{LT\ Motor1}$ Losses of the motor in configuration 1	2,05 kW ^b	1,5 kW ^c	0 kW
$P_{L\ Starter1}$	0,03 kW ^d	0,03 kW ^d	0 kW
$P_{L\ Total1}$	7,48 kW	10,89 kW	0 kW
^a Calculated from the efficiency of a pump system with valve at different flow rates. ^b Losses calculated with a motor efficiency according IEC 60034-30-1 for a 30 kW 4-pole IE3 motor. ^c Losses from 100 % flow multiplied with a factor (0,72/0,92) at 100 % speed (n_N) obtained according to IEC 61800-9-2:2016, Annex E, for a 30kW motor. ^d 0,1 % of motor power for a motor starter according to IEC 61800-9-2:2016, 5.6.			

Table C.3 – Losses in the specified operating points for configuration 2

Loss calculation configuration 2	100 % flow (100 % speed, 100 % load)	50 % flow (50 % speed, 25 % load)	0 % flow (standby)
$P_{L\text{ pump}2}$ Losses of the pump system in configuration 2	5,4 kW ^a	0,79 kW ^a	0 kW
$P_{LT\text{ Motor}2}$ Losses of the motor in configuration 2	2,88 kW ^b	0,75 kW ^c	0 kW
$P_{L\text{ CDM}2}$	1,46 kW ^d	0,57 kW ^d	0,05 kW
$P_{L\text{ Total}2}$	9,62 kW	2,11 kW	0,05 kW
^a Calculated from the efficiency of a pump system with variable speed at different flow rates. ^b 9,6 % of motor power for a 30kW motor according to IEC 61800-9-2:2016, Table A.2 (reference motor) at 100 % speed and 100 % torque. ^c 2,5 % of motor power according to IEC 61800-9-2:2016, Table A.2 (reference motor) at 50 % speed and 25 % torque. ^d Losses of reference CDM according to IEC 61800-9-2:2016, Table A.1.			

Duty 1

Configuration 1

$$P_{L,Conf1} = 0,1 \cdot P_{L,Total1_0} + 0,05 \cdot P_{L,Total1_50} + 0,85 \cdot P_{L,Total1_100} \quad (C.3)$$

$$= 0,1 \cdot 0kW + 0,05 \cdot 10,89kW + 0,85 \cdot 7,48kW = 6,90kW$$

Configuration 2

$$P_{L,Conf2} = 0,1 \cdot P_{L,Total2_0} + 0,05 \cdot P_{L,Total2_50} + 0,85 \cdot P_{L,Total2_100} \quad (C.4)$$

$$= 0,1 \cdot 0,05kW + 0,05 \cdot 2,11kW + 0,85 \cdot 9,74kW = 8,39kW$$

Result: Configuration 1 has less losses compared to configuration 2 with duty 1.

Explanation: The pump is running at 100 % flow for 85 % of the time where the variable speed drive brings additional losses compared to a motor starter. Also, the losses inside the motor increase. The additional losses in the throttling valve at 50 % flow are of minor importance because they are used in 5 % of the time only.

Duty 2

Configuration 1

$$P_{L,Conf1} = 0,1 \cdot P_{L,Total1_0} + 0,7 \cdot P_{L,Total1_50} + 0,2 \cdot P_{L,Total1_100} \quad (C.5)$$

$$= 0,1 \cdot 0kW + 0,7 \cdot 10,89kW + 0,2 \cdot 7,48kW = 9,12kW$$

Configuration 2

$$\begin{aligned} P_{L,Conf2} &= 0,1 \cdot P_{L,Total2_0} + 0,7 \cdot P_{L,Total2_50} + 0,2 \cdot P_{L,Total2_100} \\ &= 0,1 \cdot 0,05kW + 0,7 \cdot 2,11kW + 0,2 \cdot 9,74kW = 3,43kW \end{aligned} \quad (C.6)$$

Result: Configuration 1 has more losses compared to configuration 2 with duty 2.

Explanation: The pump is running at 50 % flow for 70 % of the time where the throttling valve has many losses. In this case the additional losses of the variable speed drive at 100 % flow in 20 % of the time are of minor importance.

Bibliography

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

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

IEC 60034-30-1, *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 60947-4-2, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 4-2: Contactors and motor-starters – AC semiconductor motor controllers and starters*

EN 50598-1, *Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics & their driven applications – Part 1: General requirements for setting energy efficiency standards for power driven equipment using the extended product approach (EPA), and semi analytic model (SAM)*

EN 50598-2, *Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics & their driven applications – Part 2: Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	34
INTRODUCTION.....	36
1 Domaine d'application	38
2 Références normatives	38
3 Termes, définitions et symboles	39
3.1 Termes et définitions	39
3.2 Symboles.....	40
4 Exigences pour le développement de normes d'efficacité énergétique pour les produits étendus.....	42
4.1 Généralités	42
4.2 Responsabilité du comité d'études ou des normes chargé du produit étendu	43
4.3 Éléments inclus dans l'approche produit étendu.....	44
5 Exigences pour le modèle semi-analytique (SAM) du produit étendu	45
6 Exigences pour le modèle semi-analytique (SAM) du système moteur	46
6.1 Généralités	46
6.2 Points de fonctionnement du PDS.....	46
6.3 Exigences en cas de système moteur sans CDM	47
7 Combinaison des modèles semi-analytiques (SAM) avec l'approche produit étendu	48
7.1 Généralités	48
7.2 Points de perte vitesse/couple d'un système moteur	48
7.3 Détermination des points intermédiaires de perte couple/vitesse d'un système moteur	49
7.3.1 Généralités.....	49
7.3.2 Détermination des pertes conformément aux pertes maximales aux points de perte voisins.....	50
7.3.3 Détermination des pertes par interpolation bidimensionnelle des pertes aux points de perte voisins	50
Annexe A (informative) Exemple d'application du SAM dans l'EPA pour les systèmes de pompe avec des points de perte couple/vitesse exigés en utilisant le PDS.....	52
Annexe B (informative) Calcul de la consommation d'énergie à partir du profil de service.....	54
Annexe C (informative) Profils couple/vitesse et puissance/vitesse de base, points de fonctionnement dans le temps	55
C.1 Généralités	55
C.2 Profils couple/vitesse et puissance/vitesse de base	55
C.3 Points de fonctionnement dans le temps	56
C.4 Définition des points de fonctionnement dans le temps	56
C.4.1 Généralités.....	56
C.4.2 Calcul de la consommation d'énergie à partir des points de fonctionnement dans le temps	57
C.4.3 Exemple de calcul des pertes pour différents points de fonctionnement dans le temps	58
Bibliographie.....	61
Figure 1 – Représentation des exigences principales en matière de normalisation de l'efficacité énergétique	36
Figure 2 – Représentation du produit étendu intégrant un système moteur	39

Figure 3 – Acteurs et responsabilités pour la détermination de l'indicateur d'efficacité énergétique d'un produit étendu.....	43
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)	47
Figure 5 – Pertes relatives aux points de fonctionnement vitesse/couple pour la détermination des pertes du démarreur de moteur ou de l'appareillage de connexion	47
Figure 6 – Responsabilités et workflow pour la détermination de l'indice d'efficacité énergétique (EEI) d'un produit étendu.....	48
Figure 7 – Quatre segments de points de fonctionnement différents d'un PDS	50
Figure 8 – Interpolation bidimensionnelle pour les points de fonctionnement différents	51
Figure A.1 – Trois points de pertes relatives et zone d'intérêt hachurée pour les fabricants de pompes pour la définition de leur indice d'efficacité énergétique (EEI)	52
Figure A.2 – Exemple de la façon dont les SAM du PDS et le système de pompe doivent interagir avec l'indice d'efficacité résultant d'un système de pompe	53
Figure C.1 – Profils couple/vitesse et puissance/vitesse typiques de base	56
Figure C.2 – Exemple de points de fonctionnement dans le temps	57
Tableau 1 – Représentation de la façon de combiner les éléments essentiels des contributions d'efficacité	45
Tableau C.1 – Points de fonctionnement dans le temps pour les exemples retenus	58
Tableau C.2 – Pertes aux points de fonctionnement spécifiés selon la configuration 1	58
Tableau C.3 – Pertes aux points de fonctionnement spécifiés selon la configuration 2.....	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE À VITESSE VARIABLE –

Partie 9-1: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Exigences générales pour définir les normes d'efficacité énergétique d'un équipement entraîné via l'approche produit étendu (EPA) et le modèle semi-analytique (SAM)

AVANT-PROPOS

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

La 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 cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
22G/348/FDIS	22G/351/RVD

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

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. A 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

Le sous-comité 22G de l'IEC comprend la Task Force de normalisation chargée de l'efficacité énergétique des systèmes moteurs. 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 du domaine de l'efficacité énergétique et relevant des exigences sur 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 principales en matière de 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.

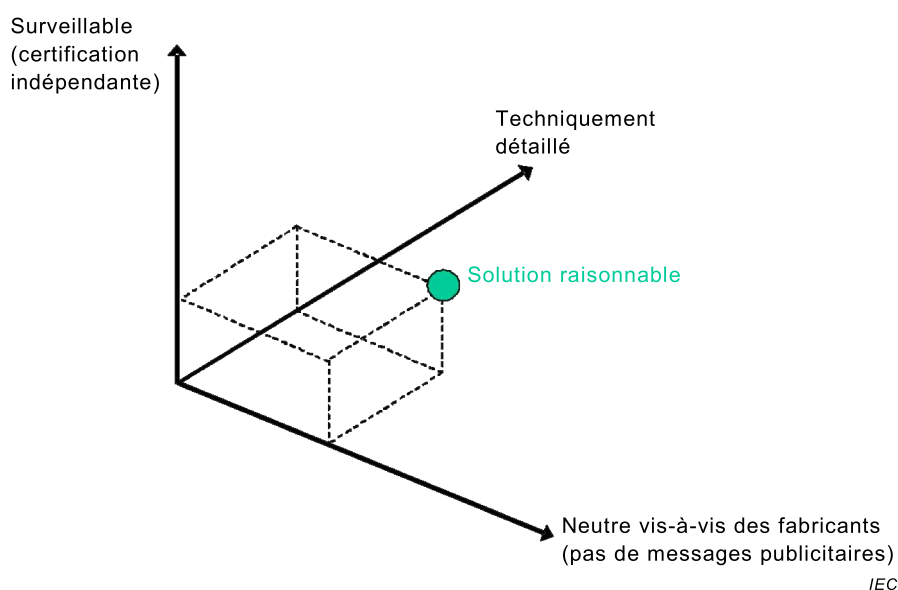


Figure 1 – Représentation des exigences principales en matière de normalisation de l'efficacité énergétique

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 61800-9-1 fait 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 moteur, 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 sous-partie de l'IEC 61800-9 est une Norme Internationale servant à caractériser l'efficacité énergétique des systèmes moteurs lorsqu'ils sont alimentés par un démarreur de moteur ou par un convertisseur à tension/fréquence variable. L'objet de la présente partie de IEC 61800-9 est d'établir un système clair et simple permettant de comparer les performances énergétiques des systèmes moteurs afin d'aider les fabricants à améliorer leurs produits, de fournir aux utilisateurs la transparence et les informations nécessaires et de servir de base de référence solide pour les organismes de réglementation et les normes concernant les performances énergétiques minimales.

La série IEC 61800-9 (Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteur, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées) comprendra les sous-parties suivantes:

- *Partie 9-1: Exigences générales pour définir les normes d'efficacité énergétique d'un équipement entraîné via l'approche produit étendu (EPA) et le modèle semi-analytique (SAM)*
- *Partie 9-2: Indicateurs d'efficacité énergétique pour les entraînements électriques de puissance et les démarreurs de moteur*

ENTRAÎNEMENTS ÉLECTRIQUES DE PUISSANCE À VITESSE VARIABLE –

Partie 9-1: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteurs, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Exigences générales pour définir les normes d'efficacité énergétique d'un équipement entraîné via l'approche produit étendu (EPA) et le modèle semi-analytique (SAM)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61800 spécifie la méthodologie générale relative à la normalisation de l'efficacité énergétique pour tout produit étendu en utilisant les lignes directrices de l'approche produit étendu (EPA).

Elle permet aux comités responsables de produits entraînés par des systèmes moteurs (aussi appelés produits étendus) de déterminer les pertes relatives du système moteur intégré (par exemple: les entraînements électriques de puissance) afin de calculer l'efficacité énergétique du système pour toute l'application.

Ceci est basé sur les modèles de calcul spécifiés pour les profils de vitesse/charge, les profils de service et les pertes relatives aux points de fonctionnement couple/vitesse appropriés.

Le présent document spécifie la méthodologie de détermination des pertes du produit étendu et de ses sous-parties.

Le présent document est applicable aux systèmes moteurs entraînés par un démarreur de moteur ou par un convertisseur (entraînements électriques de puissance).

Le présent document ne spécifie pas les exigences relatives aux déclarations sur l'impact environnemental.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 161: Compatibilité électromagnétique*

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 61800-9-2:2016, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 9-2: Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteur, de*

l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Indicateurs d'efficacité énergétique pour les entraînements électriques de puissance et les démarreurs de moteur

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050-161 et les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

profil de service

profil des points de fonctionnement dans le temps

3.1.2

indice d'efficacité énergétique

EEI

valeur qui représente l'efficacité énergétique d'une application, résultant de l'approche produit étendu (EPA)

Note 1 à l'article: L'abréviation "EEI" est dérivée du terme anglais développé correspondant "energy efficiency index".

3.1.3

produit étendu

EP

équipement entraîné avec le système moteur auquel il est couplé (par exemple: un PDS)

Note 1 à l'article: Voir la Figure 2.

Note 2 à l'article: L'abréviation "EP" est dérivée du terme anglais développé correspondant "extended product".

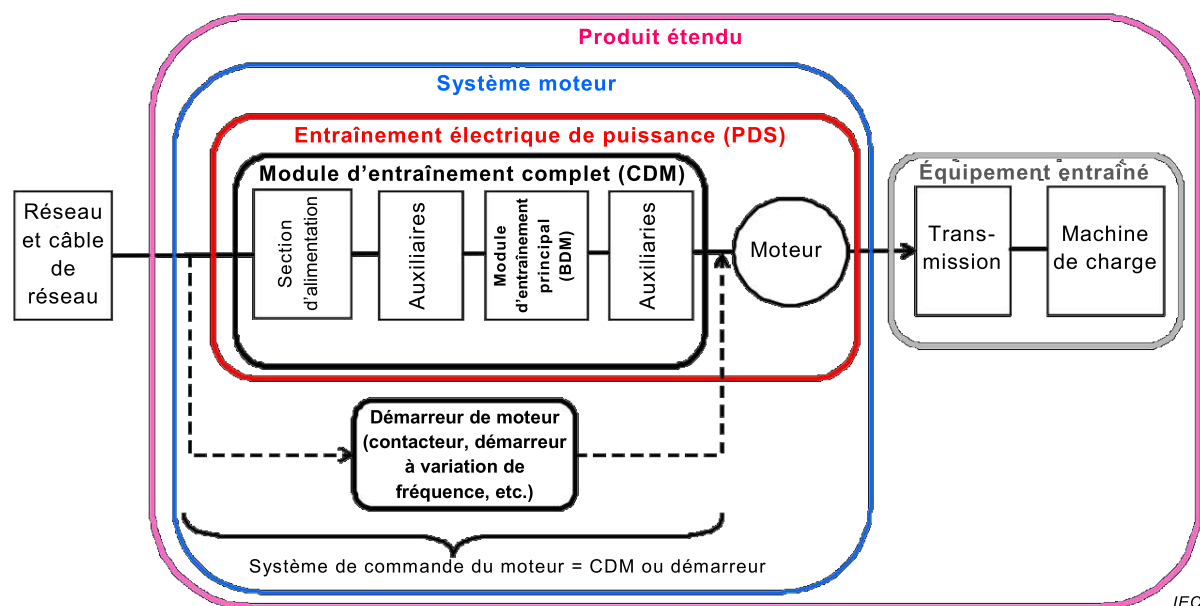


Figure 2 – Représentation du produit étendu intégrant un système moteur

3.1.4**approche produit étendu****EPA**

méthodologie qui permet de déterminer l'indice d'efficacité énergétique (EEI) du produit étendu (EP) à l'aide des profils couple/vitesse de l'équipement entraîné, des pertes relatives du système moteur et du profil de service de l'application

Note 1 à l'article: L'abréviation "EPA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "extended product approach»".

3.1.5**profil des points de fonctionnement dans le temps**

fraction de temps passé à chaque point de fonctionnement pendant la durée totale de fonctionnement ou un cycle complet de fonctionnement du produit étendu

Note 1 à l'article: Ce profil est habituellement représenté par un histogramme.

Note 2 à l'article: Le mode veille peut être compris dans le profil des points de fonctionnement dans le temps.

3.1.6**équipement de commande du moteur**

soit un CDM, soit un démarreur de moteur

3.1.7**système moteur**

équipement de commande du moteur et un moteur

3.1.8**modèle semi-analytique****SAM**

modèle permettant de déterminer les pertes d'un système moteur ou d'un équipement entraîné

Note 1 à l'article: Les SAM comprennent des paramètres physiques et mathématiques ainsi qu'un algorithme de calcul des sous-parties d'un EP. Les SAM sont nécessaires à la détermination des pertes relatives typiques des sous-parties d'un EP afin de déterminer ses pertes globales.

Note 2 à l'article: L'abréviation "SAM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "semi analytic model".

3.1.9**transmission**

tout composant (accouplement, réducteur, etc.) qui relie l'arbre du moteur à la machine entraînée (ex. pompe): accouplement, réducteur

3.2 Symboles**3.2.1**

$E_{\text{Electrical}}$

consommation d'énergie électrique d'une application pendant une certaine période de fonctionnement

3.2.2

k_p

rapport entre la consommation électrique moyenne pondérée $P_{\text{Electrical}}$ d'une application et la consommation de référence $P_{\text{Reference}}$

3.2.3

$P_{\text{Electrical}}$

consommation [kW] d'une application dans le temps

3.2.4

$P_{\text{Electrical Max}}$
consommation [kW] à 100 % de la vitesse et 100 % de la charge

3.2.5

P_i
consommation [kW] au point de fonctionnement i

3.2.6

$P_{\text{L,control}}$
pertes de la commande

3.2.7

P_n
puissance nominale d'un équipement, typique pour sa famille de même puissance assignée (voir IEC 60034-1 pour les moteurs)

3.2.8

$P_{\text{out,CDM}}$
puissance de sortie du CDM obtenue en mesurant les pertes de puissance

3.2.9

$P_{\text{out,PDS}}$
puissance de sortie du PDS obtenue en mesurant les pertes de puissance

3.2.10

P_r
puissance assignée de l'équipement telle qu'assignée par son fabricant

3.2.11

$P_{\text{Reference}}$
consommation utilisée pour référence, définie par le comité chargé du produit étendu

3.2.12

P_L
pertes électriques

Note 1 à l'article: Dans $P_{\text{L,CDM}}$, $P_{\text{L,Mot}}$ et $P_{\text{L,Aux}}$, les indices CDM, Mot et Aux désignent respectivement le module d'entraînement complet, le moteur et les appareils auxiliaires (câbles, transformateurs ou filtres). Les pertes relatives sont exprimées en fraction de puissance nominale de l'appareil.

3.2.13

$P_{\text{L,CDM}}$
pertes d'un CDM

3.2.14

$P_{\text{L,CDM,determined}}$
pertes d'un CDM calculées à partir de la méthode de détermination des pertes

3.2.15

$P_{\text{L,CDM,relative}}$
pertes du CDM, par rapport à sa puissance apparente assignée

3.2.16

$P_{\text{L,inverter}}$
pertes dans la section onduleur d'un CDM

3.2.17 $P_{L,PDS,determined}$

pertes d'un PDS calculées à partir de la méthode de détermination des pertes de puissance

3.2.18 $P_{L,Mot}$

pertes totales d'un moteur conformément à l'IEC 60034-2-1:2014, méthode 2-1-1B, lorsque l'alimentation est assurée par un convertisseur (alimentation non sinusoïdale)

3.2.19 t_W

durée de fonctionnement d'un équipement

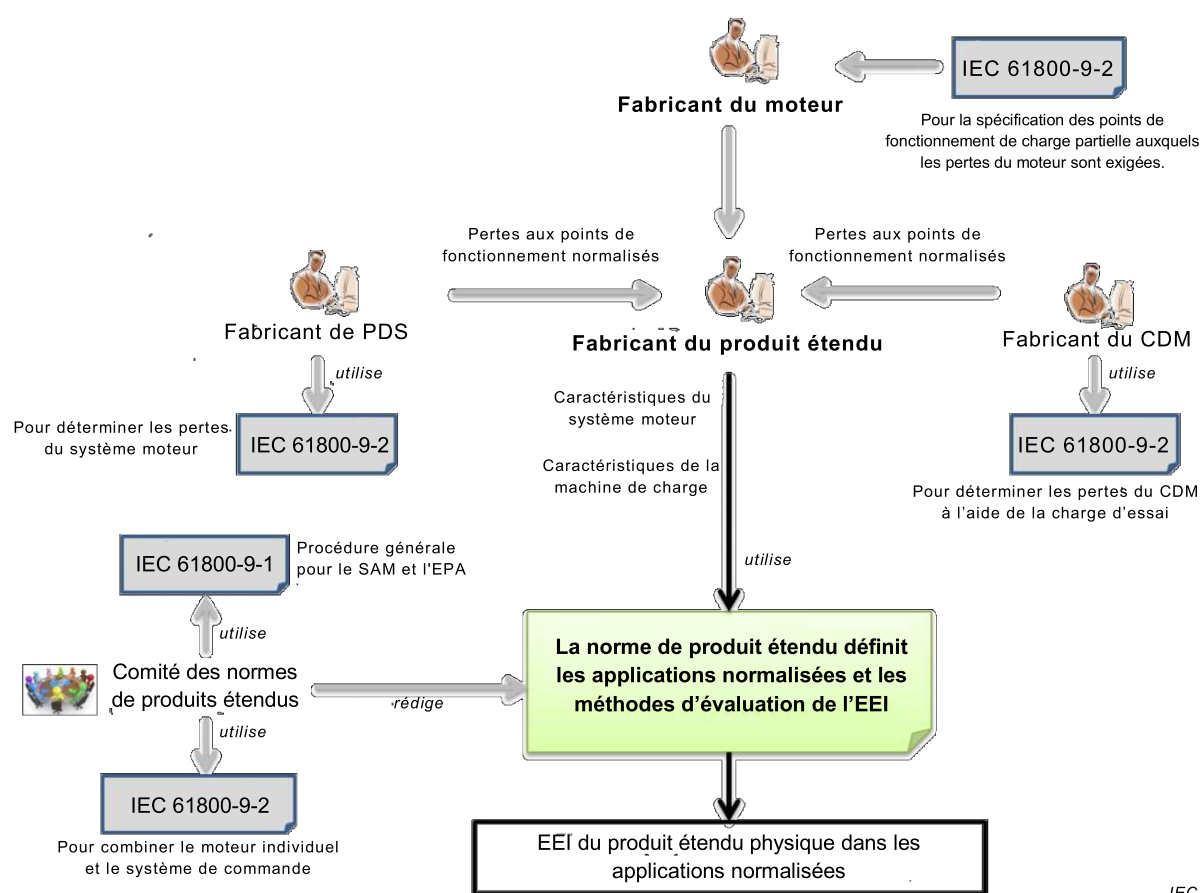
3.2.20 T_i couple [Nm] au point de fonctionnement i **3.2.21** TF_i pourcentage de temps (fraction de temps) au cours duquel un produit étendu est exploité à un point de fonctionnement i spécifique**4 Exigences pour le développement de normes d'efficacité énergétique pour les produits étendus****4.1 Généralités**

Le présent document spécifie une méthodologie pour déterminer l'indice d'efficacité énergétique d'une application, basée sur le concept des modèles semi-analytiques (SAM). La méthodologie doit être qualifiée d'approche produit étendu (EPA).

Les responsabilités et les tâches des différents acteurs qui créent ou utilisent ces normes de produits étendus, ainsi que les flux de données intermédiaires, sont exigées.

- a) Les informations spécifiques sur l'équipement doivent être prises en considération:
 - Le profil couple/vitesse de la charge entraînée tel que spécifié par le fabricant de la charge ou une autre entité pertinente (par exemple, autorités réglementaires, autre organisation spécifiée).
 - Les pertes du système moteur ou de ses composants (moteur, CDM ou démarreur) aux points de fonctionnement de charge partielle de référence. Ces éléments doivent être fournis par les différents fabricants tel que spécifié dans l'IEC 61800-9-2.
- b) Les informations sur l'équipement entraîné doivent être prises en considération:
 - Le profil de service de l'équipement entraîné. Des entités pertinentes peuvent, par exemple, définir les applications typiques de leurs produits étendus, chacun étant associé à un profil de service typique.
- c) L'approche produit étendu doit être utilisée afin de déterminer un indicateur d'efficacité énergétique (pertes, efficacité, consommation d'énergie, etc.):
 - L'IEC 61800-9-2 spécifie les méthodes de détermination des pertes du système moteur à l'aide de mesurages et/ou de calculs.
 - Une/des autre(s) entité(s) pertinente(s) (par exemple, autorités réglementaires, autre organisation spécifiée) doit(vent) définir la façon de combiner les pertes du système moteur et les pertes de la charge afin d'obtenir un indice d'efficacité énergétique globale pour le produit étendu dans l'application définie.

Les interactions entre les différents acteurs sont représentées à la Figure 3.



NOTE 1 Les fabricants de moteurs et de CDM peuvent fournir les données directement au fabricant du système moteur.

NOTE 2 Si le système moteur est basé sur un démarreur, alors seules les pertes du moteur sont nécessaires comme entrée pour l'EPA.

Figure 3 – Acteurs et responsabilités pour la détermination de l'indicateur d'efficacité énergétique d'un produit étendu

4.2 Responsabilité du comité d'études ou des normes chargé du produit étendu

En fonction des principes généraux décrits dans le présent document, l'(es) entité(s) traitant d'un type de produit étendu (par exemple, autorité réglementaire, autre organisation spécifiée) doi(ven)t avoir la responsabilité de spécifier le modèle semi-analytique de la charge entraînée et du produit étendu pour les applications spécifiques au produit.

L'(les) entité(s) pertinente(s) (par exemple, autorité réglementaire, autre organisation spécifiée) doi(ven)t spécifier et normaliser

- un ou plusieurs profils couple/vitesse (profils de charge) tels que décrits à l'Annexe C en tenant compte des charges typiques,
- un ou plusieurs profils de service tels que décrits à l'Annexe C en tenant compte des conditions typiques de service,
- une méthode appropriée qui permet de déterminer les pertes aux points de fonctionnement intermédiaires en fonction des données du moteur, du CDM et du PDS (voir 7.3),
- un modèle semi-analytique pour le produit étendu qui prend en considération l'approche produit étendu (EPA) tel que décrit à l'Article 7, en se basant sur les points de fonctionnement de charge partielle du système moteur comme déterminés conformément à l'Annexe E de l'IEC 61800-9-2:2016, et

- une méthode qui permet de déterminer un indicateur d'efficacité énergétique pour le produit étendu dont elles sont chargées (voir l'exemple à l'Annexe B).

Le comité d'études ou des normes chargé du produit étendu doit appliquer les tolérances admissibles pour les pertes de charge partielle du système moteur comme défini dans l'IEC 61800-9-2.

NOTE Les données du système moteur peuvent se composer des données PDS et des données individuelles CDM et moteur. L'IEC 61800-9-2 fournit des informations sur la détermination des données PDS en fonction des données individuelles CDM et moteur.

Le nombre de points de fonctionnement de charge partielle utilisés par le modèle semi-analytique du produit étendu doit être limité à une sélection appropriée sur un maximum de huit points.

4.3 Éléments inclus dans l'approche produit étendu

Le modèle semi-analytique (SAM) du produit étendu permet la combinaison des pertes aux points de fonctionnement de référence afin de déduire les pertes à tout autre point de fonctionnement. Les éléments exigés pour l'approche produit étendu sont décrits au Tableau 1 et à la Figure 6.

Pour déterminer le rendement ou les pertes globales d'un produit étendu mis en œuvre dans une application, plusieurs étapes sont exigées.

Plusieurs éléments doivent être combinés.

- a) **Le SAM du système moteur**, spécifié dans l'IEC 61800-9-2, qui donne ses pertes relatives à différents points de fonctionnement normalisés. Le système moteur peut être un entraînement électrique de puissance (PDS) ou peut être composé d'un moteur et d'un démarreur de moteur (contacteur, démarreur à variation de fréquence, etc.)
 - Lorsque le système moteur est un PDS, le SAM du système moteur est basé sur le concept de PDS de référence (RPDS). Il s'agit d'un PDS "typique" auquel le PDS physique à l'étude est comparé en termes d'efficacité énergétique.
 - Lorsque le système moteur est basé sur un démarreur de moteur, le calcul des pertes est plus simple; il n'est en effet pas nécessaire d'utiliser un démarreur de moteur de référence.
- b) **Le SAM de l'équipement entraîné** (pompe, compresseur, ventilateur, etc.) qui donne les pertes ou le rendement de la machine de charge au point de fonctionnement typique. Le fabricant de l'équipement ou le comité associé chargé du produit en a la responsabilité.
- c) **L'approche produit étendu**, qui combine le SAM du système moteur et le SAM de l'équipement entraîné (ainsi que, si nécessaire, les valeurs de rendement pour la transmission). Le fabricant du produit étendu ou l'entité pertinente associée en a la responsabilité. L'approche produit étendu utilise des données relatives à l'application (points de fonctionnement exigés, profil de service, durée de fonctionnement, etc.), afin de déterminer l'indice d'efficacité énergétique de l'application. Cet indice permet de comparer l'efficacité énergétique de plusieurs systèmes moteurs pour une application donnée ou de plusieurs modes de fonctionnement d'un produit étendu donné.

Tableau 1 – Représentation de la façon de combiner les éléments essentiels des contributions d'efficacité

Éléments exigés pour l'approche produit étendu	Entrée	Sortie	Référence	Responsabilité
SAM du système moteur	Caractéristiques du système moteur (composants physiques, puissances assignées, etc.)	Pertes relatives du système moteur aux points de fonctionnement normalisés	IEC 61800-9-2	IEC SC 22G, CE 2
SAM de l'EP	Sortie du SAM du système moteur et caractéristiques de l'équipement entraîné (machine de charge)	Pertes relatives de l'EP aux points de fonctionnement normalisés	Norme EP	Comité de produit associé à la machine de charge (par exemple CE 115, CE 117, CE 118 de l'ISO)
Approche produit étendu	Sortie du SAM de l'EP et exigences sur l'application (profils de service, durée de fonctionnement, etc.) et tolérances	Indice d'efficacité énergétique (EEI) du produit étendu pour l'application	Norme EP	Comité de produit associé au produit étendu (par exemple CE 115, CE 117, CE 118 de l'ISO)

5 Exigences pour le modèle semi-analytique (SAM) du produit étendu

Les modèles SAM sont nécessaires à la détermination des pertes relatives typiques des sous-parties selon l'approche produit étendu afin de déterminer ses pertes globales.

L'Article 5 décrit les exigences de base qui doivent être respectées lors de la spécification du SAM du produit étendu.

Le SAM du produit étendu doit inclure les aspects suivants:

- les conditions moyennes de fonctionnement (de service) pour déduire les pertes de l'équipement entraîné;
- le profil couple/vitesse typique (profil de fonctionnement) de l'équipement entraîné;
- l'histogramme typique du profil puissance/temps (profil de service) exigé de l'équipement entraîné;
- la tolérance typique des paramètres de perte de l'équipement entraîné;
- les pertes relatives intégrées du système moteur selon les données déterminées conformément à l'IEC 61800-9-2.

Le résultat du SAM doit être utilisé pour calculer l'indice d'efficacité énergétique (EEI) qui doit être capable de distinguer quantitativement les applications typiques efficaces des applications typiques inefficaces.

La valeur EEI doit être fournie dans un schéma métrique qui permet l'affichage de la valeur dans la documentation utilisateur ou dans le catalogue.

Pour juger les aspects d'efficacité énergétique d'un système, tous les composants du système sont à prendre en considération. Dans de nombreux cas, il est profitable de régler la vitesse en utilisant un entraînement électrique de puissance (PDS), mais cela crée également des pertes supplémentaires.

Les économies d'énergie qui peuvent être obtenues dépendent très souvent du point de fonctionnement (OP) auquel le produit étendu est exploité comme exigé par l'application.

Il est donc nécessaire de disposer des informations sur l'application et son fonctionnement dans le temps. Ces informations doivent être fournies par les comités d'études qui déterminent le SAM pour le produit étendu spécifique à l'application.

Deux caractéristiques relatives à l'application sont particulièrement utiles pour décrire le produit étendu et la manière dont il est exploité.

- a) **Profil couple/vitesse ou puissance/vitesse.** Cette courbe décrit la façon dont le couple exigé par une machine dépend de sa vitesse. Il dépend essentiellement du type de machine (moteur, pompe, ventilateur, etc.).
- b) **Profil des points de fonctionnement dans le temps, également appelé profil de service.** Ce graphique décrit les différents niveaux de puissance exigés par l'application (y compris la veille) et la fraction de temps pendant laquelle la machine est exploitée à ces niveaux. Ce profil dépend principalement de la taille du moteur et de la manière dont le produit étendu est exploité en pratique.

Ces deux caractéristiques peuvent servir de données d'entrée pour comparer des solutions de commande potentielles en termes d'efficacité énergétique.

L'Annexe C fournit des exemples de profils typiques couple/vitesse ou puissance/vitesse ainsi qu'un exemple de profil de points de fonctionnement dans le temps. Elle représente également la façon de combiner les deux profils afin de déterminer la puissance électrique pondérée consommée par l'application, afin de comparer plusieurs architectures de commande de moteur en termes d'économies d'énergie.

6 Exigences pour le modèle semi-analytique (SAM) du système moteur

6.1 Généralités

Le modèle SAM du système moteur (par exemple: un PDS) doit inclure tous les paramètres qui sont nécessaires à la détermination des pertes relatives pour des points de fonctionnement couple/vitesse spécifiques différents.

La détermination de l'EEI d'un produit étendu nécessite une description des pertes relatives du système moteur afin de justifier la solution la plus efficace.

Pour plus d'exigences sur le SAM des systèmes moteurs, voir l'IEC 61800-9-2.

Pour le SAM du système moteur, les pertes relatives (pertes spécifiques de puissance à un point de fonctionnement divisées par la puissance nominale du système moteur) doivent être utilisées pour la spécification afin de couvrir également les cas où la vitesse du produit étendu est nulle.

NOTE Cela n'est pas en ligne avec ce qui est appelé le rendement (η) des moteurs alimentés par le réseau, qui est directement donné sous la forme d'un pourcentage de la puissance mécanique de sortie par rapport à la somme de la puissance électrique d'entrée et des pertes.

6.2 Points de fonctionnement du PDS

Afin de ne définir que quelques points de mesure ou résultats de calculs appropriés pour déterminer la consommation d'énergie de différents produits étendus, huit points doivent être spécifiés dans le diagramme couple/vitesse (voir Figure 4).

Ces pertes relatives (y compris les pertes relatives du système moteur) constituent la sortie du SAM pour le système moteur et une entrée du SAM pour le produit étendu (voir Tableau 1).

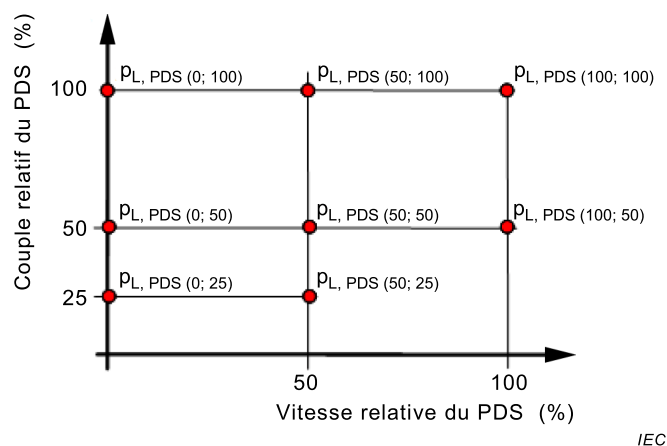


Figure 4 – Représentation des points de fonctionnement (vitesse de l'arbre, couple) pour la détermination des pertes relatives de l'entraînement électrique de puissance (PDS)

6.3 Exigences en cas de système moteur sans CDM

Si le système moteur contient un démarreur de moteur ou un appareillage de connexion, les points de fonctionnement possibles se trouvent à une vitesse fixe relative (100 %). Voir Figure 5.

Les pertes supplémentaires des démarreurs de moteurs à courant alternatif selon l'IEC 60947-4-1 ou des démarreurs de moteurs à semiconducteurs à courant alternatif en dérivation selon l'IEC 60947-4-2 sont considérées comme faibles. Les procédures qui permettent de déterminer les pertes relatives du système moteur contenant un démarreur de moteur qui ne sont pas comprises dans les calculs ou les mesurages sont données dans l'IEC 61800-9-2.

Dans ce cas, aucun "démarreur de moteur de référence" ou "appareillage de connexion de référence" n'est défini ou exigé.

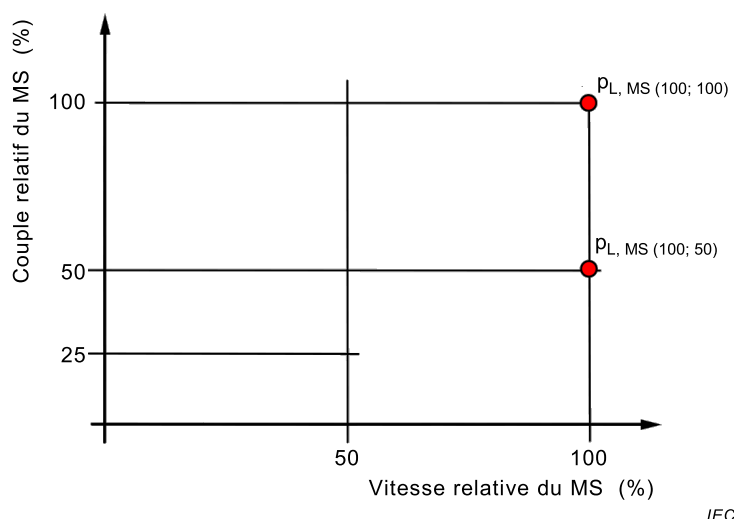


Figure 5 – Pertes relatives aux points de fonctionnement vitesse/couple pour la détermination des pertes du démarreur de moteur ou de l'appareillage de connexion

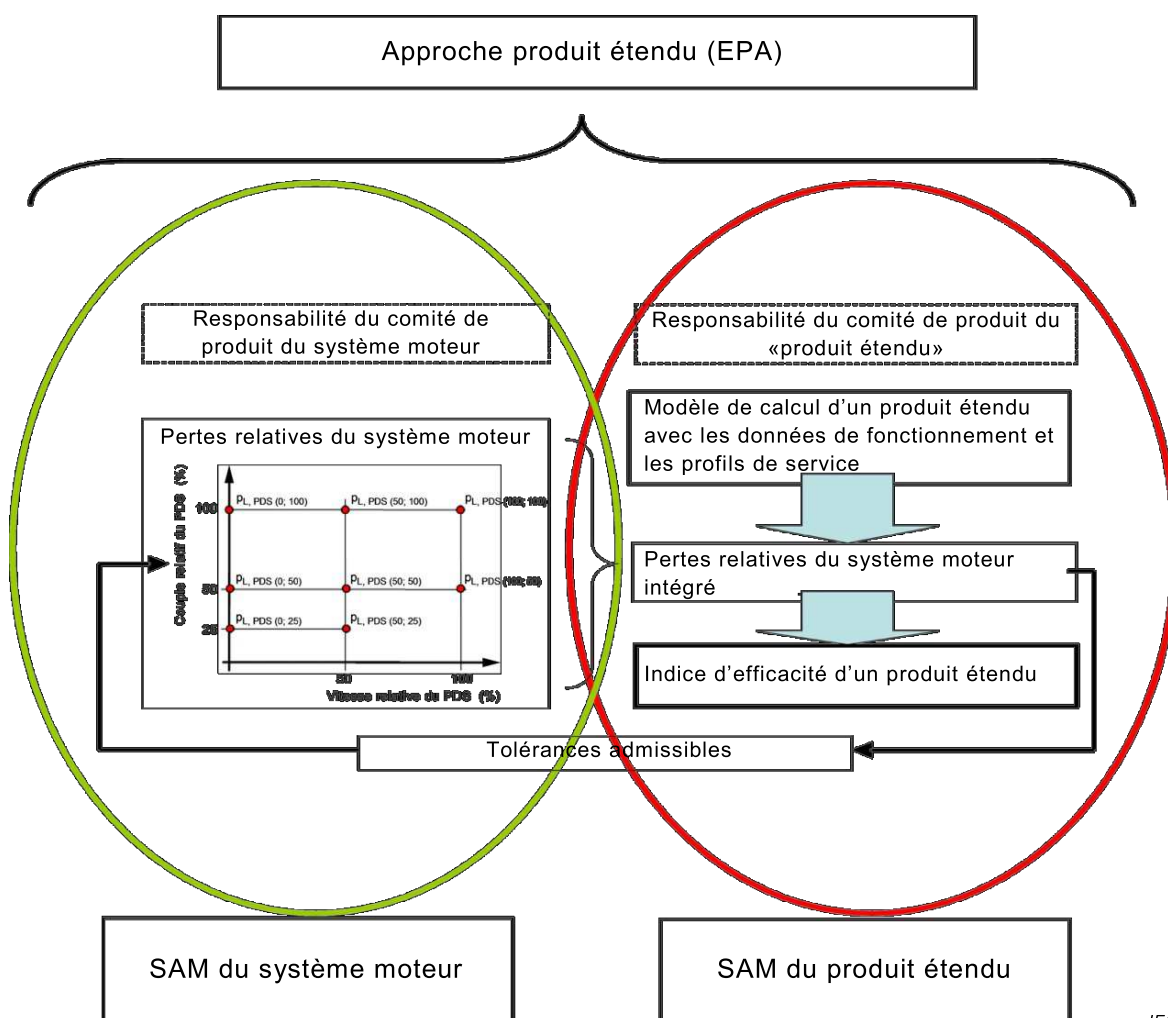
7 Combinaison des modèles semi-analytiques (SAM) avec l'approche produit étendu

7.1 Généralités

L'Article 7 décrit la façon dont les SAM d'un système moteur et le produit étendu doivent être combinés pour permettre la détermination de la valeur EEI selon l'approche produit étendu.

L'interface entre les deux est l'ensemble des pertes relatives avec les tolérances aux points de fonctionnement couple/vitesse déterminés.

Les différents modèles et les responsabilités qui permettent d'obtenir le classement de l'efficacité d'un produit étendu doivent être combinés pour la détermination de l'efficacité complète de l'EPA, conformément à la Figure 6.



IEC

Les pertes relatives et les tolérances admissibles associées constituent les données d'entrée du SAM d'un produit étendu

Figure 6 – Responsabilités et workflow pour la détermination de l'indice d'efficacité énergétique (EEI) d'un produit étendu

7.2 Points de perte vitesse/couple d'un système moteur

Tous les produits étendus doivent être décrits par leur puissance d'entraînement physique nécessaire, qui est le produit du couple et de la vitesse pour un ensemble défini de points de fonctionnement. Ceci correspond à un calcul de la moyenne typique des pertes électriques P_L

à chaque point de fonctionnement sur la base des données de fonctionnement/d'application et des profils de service tels que déterminés selon l'Annexe C.

Le schéma complet conformément à la Figure 4 comprendrait en théorie un nombre infini de points de fonctionnement. Si les points de fonctionnement réels sont inconnus, les points de fonctionnement de référence sont utilisés pour déterminer les pertes. Pour limiter la quantité de données déterminées, le nombre de ces points de fonctionnement de référence

- doit correspondre aux besoins de l'approche produit étendu (voir l'Annexe C pour des exemples typiques), et
- doit être sélectionné parmi les points de fonctionnement définis dans la Figure 4 et la Figure 5 conformément à la technologie du système moteur.

7.3 Détermination des points intermédiaires de perte couple/vitesse d'un système moteur

7.3.1 Généralités

Si les valeurs définies ne correspondent pas de façon suffisante aux caractéristiques couple/vitesse, la règle suivante doit être utilisée pour déterminer les valeurs intermédiaires du SAM du système moteur.

Si le système moteur est un PDS, les pertes du CDM doivent être calculées en premier conformément à l'IEC 61800-9-2. À l'étape suivante, les pertes du moteur doivent être déterminées. Dans une troisième étape, les pertes du PDS doivent être calculées.

Pour déterminer les pertes relatives d'un système moteur à un point de fonctionnement arbitraire, l'un des modèles de calcul suivants peut être utilisé:

- a) les pertes maximales sur des points de fonctionnement voisins prédéfinis;
- b) l'interpolation linéaire bidimensionnelle entre des points de fonctionnement voisins;
- c) l'extrapolation linéaire bidimensionnelle avec des points de fonctionnement voisins si le résultat de l'extrapolation se situe dans l'un des quatre segments représentés à la Figure 7;
- d) le calcul de pertes et les extrapolations selon le modèle mathématique décrit dans l'IEC 61800-9-2.

Pour les modèles a) et b), la zone de fonctionnement représentée à la Figure 7 doit être divisée en quatre segments.

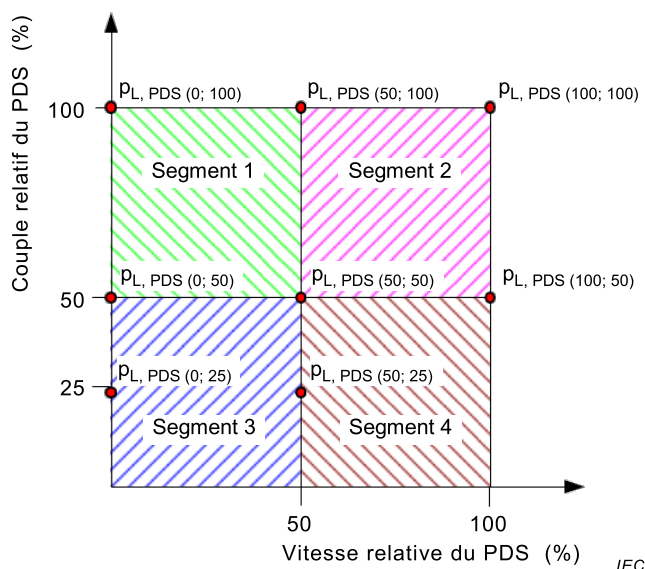


Figure 7 – Quatre segments de points de fonctionnement différents d'un PDS

Le segment 1 couvre les points de fonctionnement jusqu'à 50 % de la vitesse relative du PDS et supérieurs à 50 % du couple relatif.

Le segment 2 couvre les points de fonctionnement supérieurs à 50 % de la vitesse relative du PDS et supérieurs à 50 % du couple relatif.

Le segment 3 couvre les points de fonctionnement jusqu'à 50 % de la vitesse relative du PDS et jusqu'à 50 % du couple relatif.

Le segment 4 couvre les points de fonctionnement supérieurs à 50 % de la vitesse relative du PDS et jusqu'à 50 % du couple relatif.

7.3.2 Détermination des pertes conformément aux pertes maximales aux points de perte voisins

Cette manière de déterminer les pertes est très simple. L'écart par rapport au résultat exact est cependant plus important que pour les autres méthodes.

Le point de fonctionnement est évalué à 75 % de la vitesse relative du PDS et à 80 % du couple relatif. Il fait partie du segment 2 d'après la Figure 4 et la Figure 7. Il en résulte que les points de fonctionnement voisins sont $P_{L,CDM}(50;50)$, $P_{L,CDM}(50;100)$, $P_{L,CDM}(100;50)$ et $P_{L,CDM}(100;100)$. Le point de fonctionnement prédéfini dont les pertes sont maximales est $P_{L,CDM}(100;100)$. Cette valeur doit être utilisée pour d'autres calculs.

Si le système moteur contient un démarreur de moteur ou un appareillage de connexion, le calcul doit prendre la même valeur pour les deux points de fonctionnement à la Figure 5.

7.3.3 Détermination des pertes par interpolation bidimensionnelle des pertes aux points de perte voisins

L'interpolation entre quatre points définis A, B, C et D à la Figure 8, à un point de fonctionnement Z doit être calculée en trois étapes.

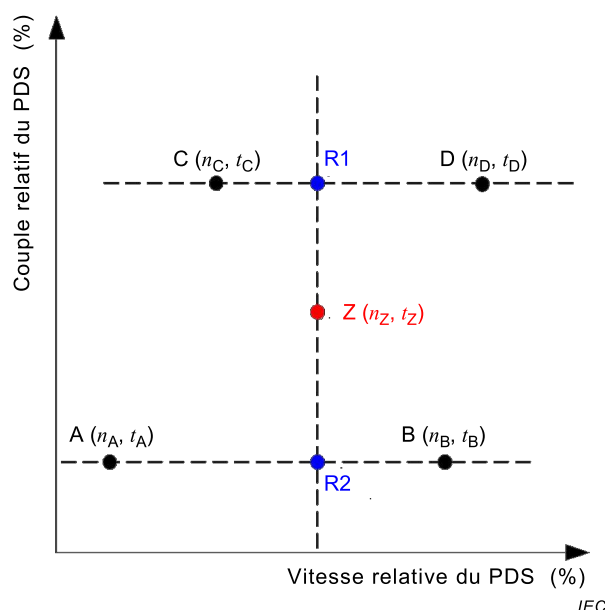


Figure 8 – Interpolation bidimensionnelle pour les points de fonctionnement différents

À la première étape, une interpolation linéaire est calculée entre les points C et D pour le point R1. La composante horizontale n de R1 est choisie pour qu'elle soit égale à la composante horizontale n_Z du point de fonctionnement Z exigé. Puisque la composante verticale des points C et D est identique ($t_C = t_D$), les pertes au point R1 sont fonction de la composante horizontale n_Z seulement et conduisent à $P_{L,R1}(n_Z)$.

À la deuxième étape, les pertes sont interpolées de la même manière pour le point R2. Cela conduit à $P_{L,R2}(n_Z)$.

À la troisième étape, les pertes du point de fonctionnement Z sont finalement calculées par interpolation entre R1 et R2. Comme R1 et R2 ont par définition la même composante horizontale n_Z , cette interpolation est seulement fonction de la composante verticale t_Z . Cela conduit à $P_{L,Z}(n_Z)$.

L'insertion des valeurs dans l'Équation (1) donne le calcul final des pertes au point de fonctionnement Z.

$$p_{L,Z}(t_Z) = p_{L,R2} + \frac{p_{L,R1} - p_{L,R2}}{t_{R1} - t_{R2}} \cdot (t_Z - t_{R2}) \quad (1)$$

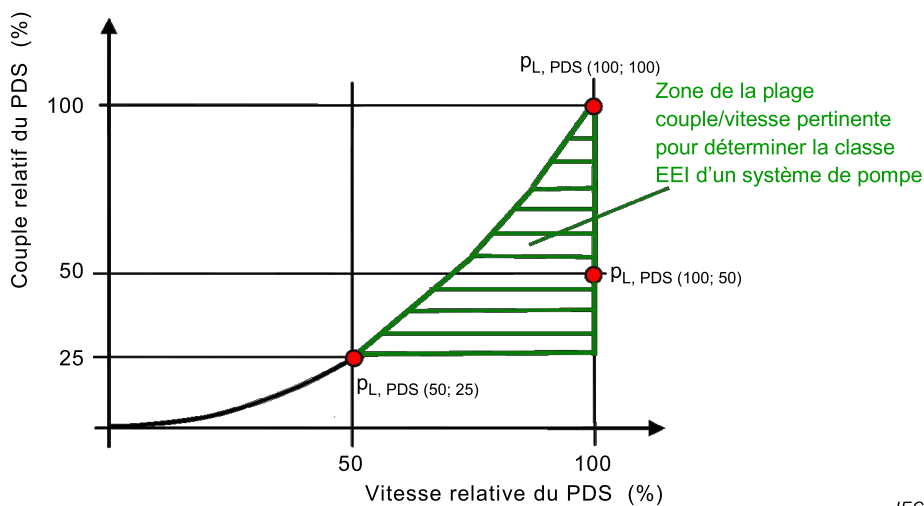
Si le système moteur contient un démarreur de moteur ou un appareillage de connexion, le calcul doit prendre la même valeur pour les deux points de fonctionnement à la Figure 5.

Dans le cas où l'abscisse du point de fonctionnement Z auquel les pertes sont souhaitées est inférieure à 25 % de la vitesse, les pertes doivent être déterminées par interpolation linéaire en utilisant les points de référence à 25 % de la vitesse.

Annexe A (informative)

Exemple d'application du SAM dans l'EPA pour les systèmes de pompe avec des points de perte couple/vitesse exigés en utilisant le PDS

Les systèmes de pompe ainsi que les systèmes de machine de débit qui sont normalement associés à une forme de courbe couple/vitesse de type parabolique constituent un exemple, tel que présenté à la Figure A.1.



IEC

Figure A.1 – Trois points de pertes relatives et zone d'intérêt hachurée pour les fabricants de pompes pour la définition de leur indice d'efficacité énergétique (EEI)

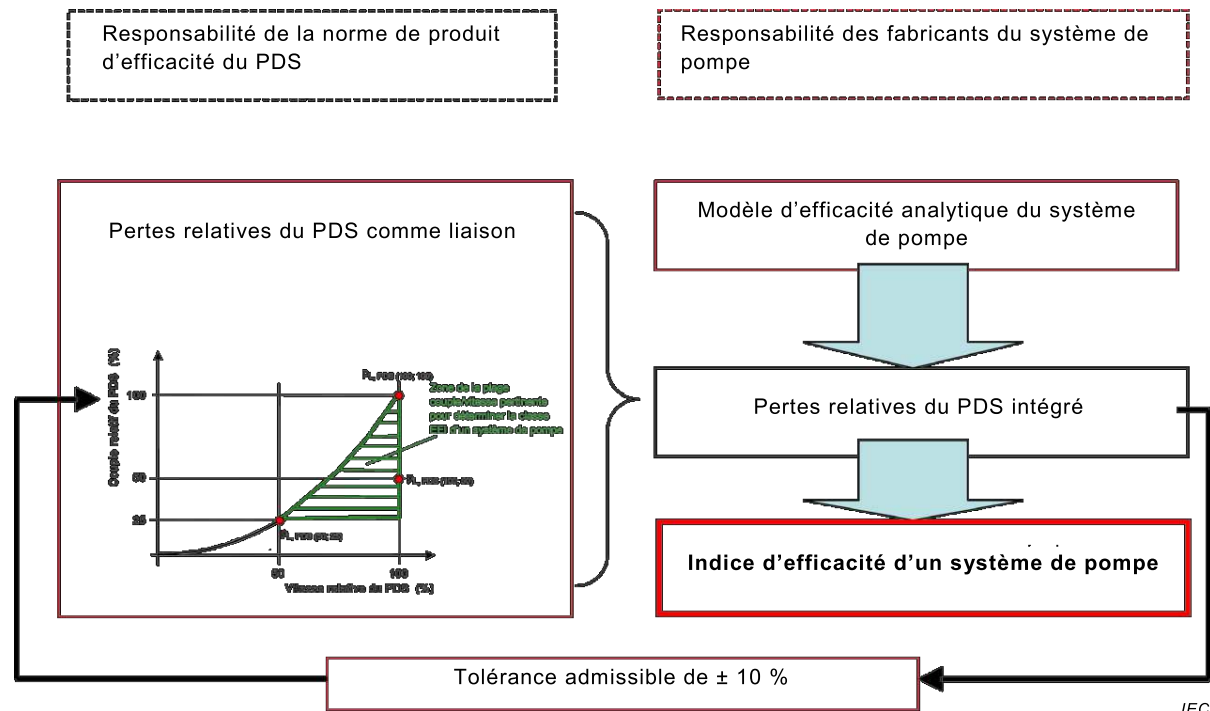
La détermination des pertes électriques des trois points $P_{L,PDS(50; 25)}$, $P_{L,PDS(100; 50)}$ et $P_{L,PDS(100; 100)}$ ainsi que des pertes électriques de la zone hachurée intermédiaire doit permettre aux fabricants de pompes de déduire les pertes totales ou l'efficacité totale d'une unité de pompe arbitraire.

Les pertes électriques du PDS au point 50 % de la vitesse/25 % du couple sont obtenues en calculant la somme des pertes de tous ses composants, y compris le transformateur d'alimentation s'il est destiné à alimenter uniquement ce PDS et tous ses composants auxiliaires comme les filtres et les câbles.

$$P_{L,PDS} = P_{L,M} + P_{L,CDM} \tag{A.1}$$

$(P_{L,CDM} + P_{L,Aux})$ donne les pertes d'un module d'entraînement complet de référence avec les auxiliaires, comme le filtrage ou les convertisseurs à alimentation active (comme autre type de redresseur), avec une tolérance admissible convenue de $\pm 10\%$ (voir la Figure A.2). Il exige les paramètres de service qui ont le plus d'effet pour les pertes.

$P_{L,Mot}$ donne les pertes d'un "moteur de référence" alimenté par convertisseur plus ses pertes supplémentaires de fréquence harmonique à $f_{sw} = 4\text{ kHz}$ (puissance assignée jusqu'à 90 kW) ou $f_{sw} = 2\text{ kHz}$ (puissance assignée supérieure à 90 kW) en suivant les méthodes de détermination données par l'IEC TS 60034-2-3.



IEC

Figure A.2 – Exemple de la façon dont les SAM du PDS et le système de pompe doivent interagir avec l'indice d'efficacité résultant d'un système de pompe

Annexe B (informative)

Calcul de la consommation d'énergie à partir du profil de service

Le profil de service décrit les exigences de l'application en termes de puissance mécanique. Pour chaque point de fonctionnement OP_i , la puissance électrique P_i que le réseau doit fournir dépend de la puissance mécanique et des pertes globales du produit étendu (ou son équivalent: le rendement) à ce niveau. Ces dernières dépendent de la stratégie de commande qui a été choisie pour l'application et peuvent être calculées.

La puissance électrique moyenne pondérée $P_{\text{Electrical}}$ exigée pour que l'application fonctionne comme souhaité est:

$$P_{\text{Electrical}} = \sum_{i=1}^n (TF_i \cdot P_i) \quad (\text{B.1})$$

La puissance électrique moyenne pondérée se rapporte directement à la consommation d'énergie électrique (par exemple: kWh) exigée par l'application pendant une certaine période de fonctionnement (Rt):

$$E_{\text{Electrical}} = P_{\text{Electrical}} \cdot Rt \quad (\text{B.2})$$

La puissance électrique moyenne pondérée (ou son équivalent: l'énergie électrique) peut être calculée pour plusieurs stratégies de commande potentielles qui conviennent à l'application. Le concepteur doit ensuite choisir la stratégie de commande qui donne la puissance électrique moyenne pondérée dont la valeur est la plus basse.

$$k_p = \frac{P_{\text{Electrical}}}{P_{\text{Reference}}} \quad (\text{B.3})$$

Il convient que le facteur k_p résultant soit aussi proche que possible de la valeur 1 si la puissance de référence a été déterminée pour décrire la puissance mécanique exigée par l'application.

Annexe C (informative)

Profils couple/vitesse et puissance/vitesse de base, points de fonctionnement dans le temps

C.1 Généralités

Pour juger l'efficacité énergétique d'une application, tous les composants de l'application sont à prendre en considération. Dans de nombreux cas, il est profitable de régler la vitesse en utilisant un entraînement électrique de puissance (PDS), mais cela crée également des pertes supplémentaires.

Les économies d'énergie qui peuvent être obtenues dépendent très souvent du point de fonctionnement (OP). Par conséquent, il est nécessaire de disposer d'informations sur le produit étendu et son fonctionnement dans le temps pour prendre des décisions.

Deux caractéristiques relatives au produit étendu sont particulièrement utiles pour décrire le produit étendu et la manière dont il est exploité.

- **Profil couple/vitesse ou puissance/vitesse.** Cette courbe décrit la façon dont le couple exigé par une machine dépend de sa vitesse. Ce profil dépend essentiellement du type de machine (moteur, pompe, ventilateur, etc.).
- **Points de fonctionnement dans le temps.** Ce graphique décrit les différents niveaux de puissance exigés par le produit étendu (y compris la veille) et la fraction de temps pendant laquelle la machine est exploitée à ces niveaux. Le profil de service dépend principalement de la taille du moteur et de la manière dont le produit étendu est exploité en pratique.

Ces deux caractéristiques peuvent servir de données d'entrée pour comparer des solutions de commande potentielles en termes d'efficacité énergétique.

C.2 Profils couple/vitesse et puissance/vitesse de base

Le profil couple/vitesse ou puissance/vitesse décrit la manière dont le couple T ou la puissance P exigé(e) par la charge entraînée varie avec sa vitesse n . La puissance est également le produit du couple et de la vitesse.

La plupart des charges existantes peuvent être classées dans l'un des profils couple/vitesse et puissance/vitesse de base représentés à la Figure C.1.

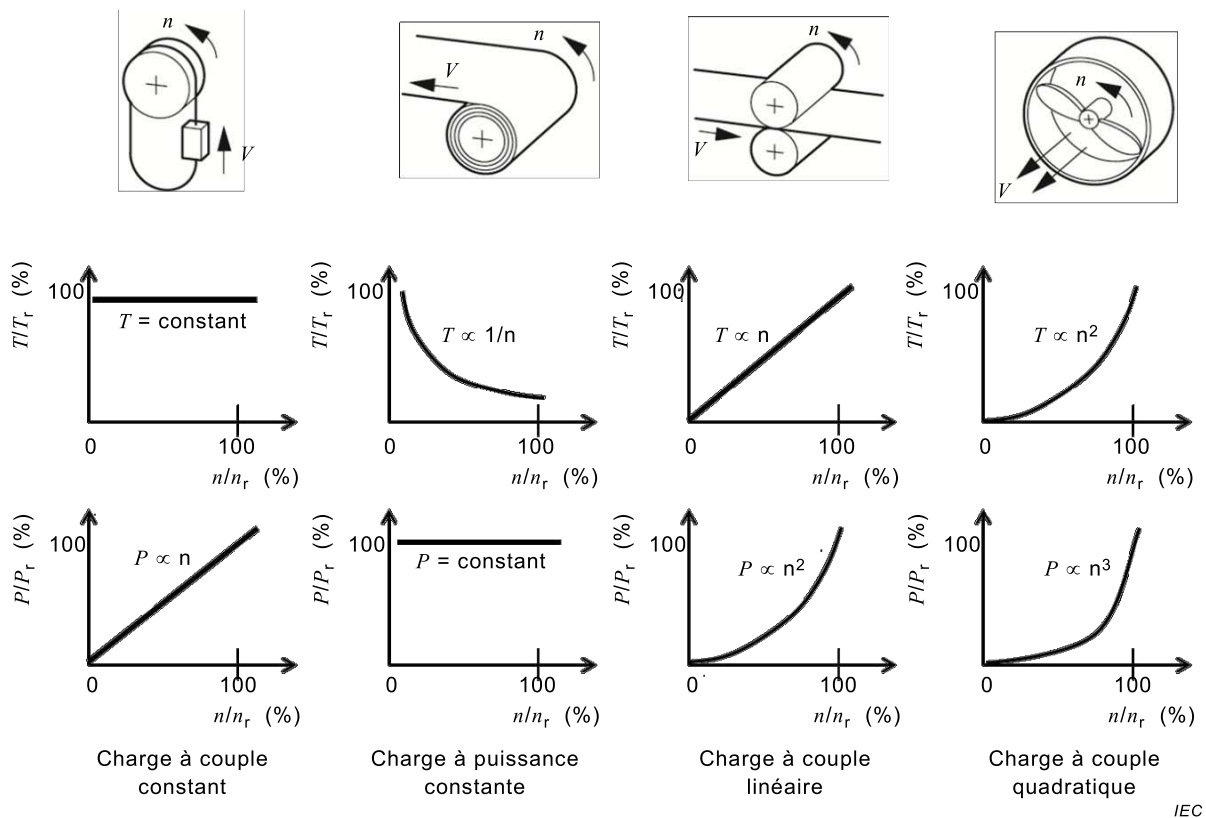


Figure C.1 – Profils couple/vitesse et puissance/vitesse typiques de base

C.3 Points de fonctionnement dans le temps

Le comportement souhaité du produit étendu, de même que les caractéristiques du moteur, définit un ou plusieurs points de fonctionnement auxquels le moteur est à exploiter.

En fonction de ces points, le moteur peut ne pas fonctionner tout le temps à la puissance de sortie assignée. Au sens du présent document, la charge partielle décrit la situation où le système exige un couple et/ou une vitesse réduits par rapport aux valeurs assignées.

L'efficacité d'un produit étendu dépend pour beaucoup du niveau de charge. En outre, les pertes de veille (SB, standby) des démarreurs à variation de fréquence et des entraînements à vitesse variable (VSD, variable speed drive) sont à prendre en considération. Elles interviennent dans des périodes où la partie puissance est mise hors fonction, mais où la commande est toujours alimentée. Les pertes de veille sont des pertes qui sont par exemple produites par l'alimentation électrique de la partie commande.

Pour estimer l'efficacité d'un produit étendu et comparer plusieurs solutions de commande potentielles, il est donc important de savoir quels sont les niveaux de puissance mécanique et électrique dont le produit étendu a besoin et pendant qu'elle fraction de temps il en a besoin. Tel est l'objet des points de fonctionnement dans le temps.

C.4 Définition des points de fonctionnement dans le temps

C.4.1 Généralités

Le profil des points de fonctionnement dans le temps est un graphique qui décrit les différents niveaux de puissance mécanique exigés par le produit étendu et le temps pendant lequel le produit étendu est exploité à chacun de ces points.

- Il convient que les points de fonctionnement OP_i sur l'axe horizontal reflètent les points typiques pour ce produit étendu particulier. Un point doit être la vitesse nulle/le couple nul pour prendre en considération les pertes de veille P_{SB} . Pour certains produits étendus, les points de fonctionnement peuvent s'exprimer par une autre grandeur appropriée au produit étendu (par exemple: une puissance, un débit). Dans le cas où le fabricant n'indique pas les valeurs de perte à ces points, celles-ci peuvent être calculées (voir l'Annexe E de l'IEC 61800-9-2:2016).
- Le temps peut être exprimé en heures par unité de temps (jour, année) ou en fraction de la durée de fonctionnement totale.

Un exemple de points de fonctionnement dans le temps est représenté à la Figure C.2.

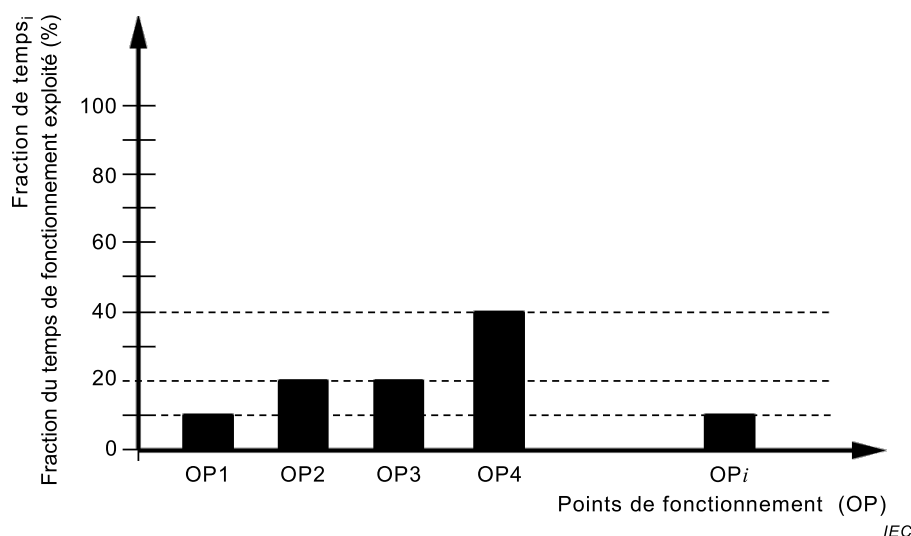


Figure C.2 – Exemple de points de fonctionnement dans le temps

C.4.2 Calcul de la consommation d'énergie à partir des points de fonctionnement dans le temps

Le profil de service décrit les exigences du produit étendu en termes de puissance mécanique. Pour chaque point de fonctionnement OP_i , la puissance électrique P_i que le réseau doit fournir dépend de la puissance mécanique et des pertes globales du produit étendu (ou son équivalent: le rendement) à ce niveau. Ces dernières dépendent de la stratégie de commande qui a été choisie pour le produit étendu et peuvent être calculées.

La puissance électrique moyenne pondérée $P_{\text{Electrical}}$ exigée pour que le produit étendu fonctionne comme souhaité est:

$$P_{\text{Electrical}} = \sum_{i=1}^n (\text{Timefraction}_i \cdot P_i) \quad (\text{C.1})$$

La puissance électrique moyenne pondérée se rapporte directement à la consommation d'énergie électrique (par exemple: kWh) exigée par le produit étendu pendant une certaine période de fonctionnement:

$$E_{\text{Electrical}} = P_{\text{Electrical}} \cdot \text{Runtime} \quad (\text{C.2})$$

La puissance électrique moyenne pondérée (ou son équivalent: l'énergie électrique) peut être calculée pour plusieurs stratégies de commande potentielles qui conviennent au produit étendu (par exemple: appareillage de connexion et VSD). Il convient que le concepteur

choisisse ensuite la stratégie de commande qui donne la puissance électrique moyenne pondérée dont la valeur est la plus basse.

L'Annexe E de l'IEC 61800-9-2:2016 décrit les procédures destinées à calculer les pertes à un certain point de fonctionnement qui ne figure pas dans les fiches techniques.

C.4.3 Exemple de calcul des pertes pour différents points de fonctionnement dans le temps

Une application de pompe munie d'un moteur de 30 kW fonctionne à trois points de fonctionnement différents: 0 % de débit (veille), 50 % de débit et 100 % de débit. Il est nécessaire d'évaluer quelle configuration est la plus efficace. Le calcul est à effectuer pour deux services différents. Les Tableaux C.1, C.2 et C.3 donnent des exemples de données.

Configuration 1: pompe à vitesse fixe avec moteur IE3 et vanne d'étranglement

Configuration 2: pompe à plusieurs vitesses avec moteur IE2 et entraînement à vitesse variable

Tableau C.1 – Points de fonctionnement dans le temps pour les exemples retenus

	100 % de débit	50 % de débit	0 % de débit
Service 1	85 %	5 %	10 %
Service 2	20 %	70 %	10 %

Tableau C.2 – Pertes aux points de fonctionnement spécifiés selon la configuration 1

Calcul des pertes, configuration 1	100 % de débit	50 % de débit	0 % de débit (veille)
$P_{L\ pump1}$ Pertes du système de pompe (vanne incluse) dans la configuration 1	5,4 kW ^a	9,36 kW ^a	0 kW
$P_{LT\ Motor1}$ Pertes du moteur dans la configuration 1	2,05 kW ^b	1,5 kW ^c	0 kW
$P_{L\ Starter1}$	0,03 kW ^d	0,03 kW ^d	0 kW
$P_{L\ Total1}$	7,48 kW	10,89 kW	0 kW
^a Valeur dérivée du rendement d'un système de pompe avec vanne à différents débits. ^b Pertes calculées avec un rendement moteur selon l'IEC 60034-30-1 pour un moteur IE3 à quatre pôles de 30 kW. ^c Pertes résultant d'un débit à 100 % multipliées par un facteur (0,72/0,92) à 100 % de vitesse (n_N) obtenues selon l'Annexe E de l'IEC 61800-9-2:2016 pour un moteur de 30 kW. ^d 0,1 % de la puissance moteur pour un démarreur de moteur selon 5.6 de l'IEC 61800-9-2:2016.			

Tableau C.3 – Pertes aux points de fonctionnement spécifiés selon la configuration 2

Calcul des pertes, configuration 2	100 % de débit (100 % de vitesse, 100 % de charge)	50 % de débit (50 % de vitesse, 25 % de charge)	0 % de débit (veille)
$P_{L\ pump2}$ Pertes du système de pompe dans la configuration 2	5,4 kW ^a	0,79 kW ^a	0 kW
$P_{LT\ Motor2}$ Pertes du moteur dans la configuration 2	2,88 kW ^b	0,75 kW ^c	0 kW
$P_{L\ CDM2}$	1,46 kW ^d	0,57 kW ^d	0,05 kW
$P_{L\ Total2}$	9,62 kW	2,11 kW	0,05 kW
^a Valeur dérivée du rendement d'un système de pompe avec vitesse variable à différents débits. ^b 9,6 % de la puissance moteur pour un moteur de 30 kW selon le Tableau A.2 de l'IEC 61800-9-2:2016 (moteur de référence) à 100 % de vitesse et à 100 % de couple. ^c 2,5 % de la puissance moteur selon le Tableau A.2 de l'IEC 61800-9-2:2016 (moteur de référence) à 50 % de vitesse et à 25 % de couple. ^d Pertes du CDM de référence selon le Tableau A.1 de l'IEC 61800-9-2:2016.			

Service 1

Configuration 1

$$P_{L,Conf1} = 0,1 \cdot P_{L,Total1_0} + 0,05 \cdot P_{L,Total1_50} + 0,85 \cdot P_{L,Total1_100} = 0,1 \cdot 0kW + 0,05 \cdot 10,89kW + 0,85 \cdot 7,48kW = 6,90kW \quad (C.3)$$

Configuration 2

$$P_{L,Conf2} = 0,1 \cdot P_{L,Total2_0} + 0,05 \cdot P_{L,Total2_50} + 0,85 \cdot P_{L,Total2_100} = 0,1 \cdot 0,05kW + 0,05 \cdot 2,11kW + 0,85 \cdot 9,74kW = 8,39kW \quad (C.4)$$

Résultat: La configuration 1 compte moins de pertes que la configuration 2 pour le service 1.

Explication: La pompe fonctionne à 100 % de débit pendant 85 % du temps pendant lequel l'entraînement à vitesse variable provoque des pertes supplémentaires par rapport au démarreur du moteur. Les pertes à l'intérieur du moteur augmentent également. Les pertes supplémentaires dans la vanne d'étranglement à 50 % de débit sont de moindre importance parce qu'elles n'interviennent que pendant 5 % du temps.

Service 2

Configuration 1

$$P_{L,Conf1} = 0,1 \cdot P_{L,Total1_0} + 0,7 \cdot P_{L,Total1_50} + 0,2 \cdot P_{L,Total1_100} = 0,1 \cdot 0kW + 0,7 \cdot 10,89kW + 0,2 \cdot 7,48kW = 9,12kW \quad (C.5)$$

Configuration 2

$$\begin{aligned} P_{L,Conf2} &= 0,1 \cdot P_{L,Total2_0} + 0,7 \cdot P_{L,Total2_50} + 0,2 \cdot P_{L,Total2_100} \\ &= 0,1 \cdot 0,05kW + 0,7 \cdot 2,11kW + 0,2 \cdot 9,74kW = 3,43kW \end{aligned} \quad (C.6)$$

Résultat: La configuration 1 compte plus de pertes que la configuration 2 pour le service 2.

Explication: La pompe fonctionne à 50 % de débit pendant 70 % du temps pendant lequel la vanne d'étranglement a des pertes importantes. Dans ce cas, les pertes supplémentaires de l'entraînement à vitesse variable à 100 % de débit pendant 20 % du temps sont de moindre importance.

Bibliographie

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

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

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 60947-4-2, *Appareillage à basse tension – Partie 4-2: Contacteurs et démarreurs de moteurs – Gradateurs et démarreurs à semiconducteurs de moteurs à courant alternatif*

EN 50598-1, *Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteur, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Partie 1: Exigences générales pour définir les normes d'efficacité énergétique d'un équipement entraîné via l'approche produit étendu (EPA) et par le modèle semi-analytique (SAM)*

EN 50598-2, *Écoconception des entraînements électriques de puissance, des démarreurs de moteur, de l'électronique de puissance et de leurs applications entraînées – Partie 2: Indicateurs d'efficacité énergétique pour les entraînements électriques de puissance (PDS) et les démarreurs de moteur*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch