

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE



**Rotating electrical machines –
Part 31: Selection of energy-efficient motors including variable speed
applications – Application guide**

**Machines électriques tournantes –
Partie 31: Choix des moteurs éconergétiques incluant les applications à vitesse
variable – Guide d'application**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.160

ISBN 978-2-88910-023-1

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and symbols	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Symbols	8
4 General	9
5 Efficiency	10
5.1 General.....	10
5.2 Motor losses.....	11
5.3 Additional motor-losses when operated on a frequency converter.....	12
5.4 Motors for higher efficiency classes.....	12
5.5 Variations in motor losses	13
5.6 Part load efficiency.....	14
5.7 Efficiency testing methods.....	15
5.8 Power factor (see Figure 4)	16
5.9 Matching motors and variable frequency converters	17
5.10 Motors rated for 50 Hz and 60 Hz.....	18
5.11 Motors rated for different voltages or a voltage range.....	20
5.12 Motors rated for operation at frequencies other than 50/60 Hz.....	20
5.13 Variable frequency converter efficiency	20
5.14 Frequency converter power factor	22
6 Environment.....	22
6.1 Starting performance.....	22
6.2 Operating speed and slip.....	23
6.3 Effects of power quality and variation in voltage and frequency	23
6.4 Effects of voltage unbalance	23
6.5 Effects of ambient temperature.....	24
7 Applications.....	24
7.1 General.....	24
7.2 Energy savings by speed control (variable speed drives, VSD).....	24
7.3 Correct sizing of the motor	24
7.4 Continuous duty application	25
7.5 Applications involving extended periods of light load operations	25
7.6 Applications involving overhauling loads.....	26
7.7 Applications where load-torque is increasing with speed (pumps, fans, compressors, etc.).....	26
7.8 Applications involving frequent starts and stops and/or mechanical braking.....	27
7.9 Applications involving explosive gas or dust atmospheres	27
8 Economy	28
8.1 Relevance to users.....	28
8.2 Initial purchase cost	28
8.3 Operating cost.....	29
8.4 Rewinding cost.....	30
8.5 Payback time.....	31

8.6 Life cycle cost	31
9 Maintenance.....	32
Annex A (informative) Super-premium efficiency (IE4)	34
Bibliography.....	40
Figure 1 – Overview of different areas for savings of electrical energy with drive systems	9
Figure 2 – Typical losses of energy-efficient motors, converters and electro-mechanical brakes	10
Figure 3 – Typical efficiency versus load curve bands for three-phase, cage-induction motors of different output power ranges (approximately 1,1 kW, 15 kW and 150 kW).....	14
Figure 4 – Typical power factor versus load curve bands for three-phase, cage-induction motors of different output power ranges (approximately 1,1 kW, 15 kW and 150 kW).....	16
Figure 5 – Typical reduction of energy efficiency in %-points for 4-pole, low-voltage motors between 50 Hz and 60 Hz when compared at the same torque (60 Hz power 20 % increased).....	19
Figure 6 – Typical reduction of energy efficiency in %-points for 4-pole, low-voltage motors between 50 Hz and 60 Hz when compared at the same output power (60 Hz torque 20 % reduced)	19
Figure 7 – Typical efficiency of indirect three-phase voltage source type converters with a passive front-end for typical load points of pumps, fans and compressors	20
Figure 8 – Typical efficiency of indirect three-phase voltage source type converters with a passive front-end for typical load points of constant torque	21
Figure 9 – Typical variations of current, speed, power factor and efficiency with voltage for constant output power	23
Figure 10 – Potential energy savings by improvement of efficiency classes for motors running at rated load.....	25
Figure 11 – Typical torque versus speed curves for 11 kW, 4-pole, three-phase, cage-induction motors and load versus speed curves for speed-square-loads	26
Figure 12 – 11 kW IE3 motor operated at full load, 4 000 operating hours per year, 15 years life cycle.....	28
Figure 13 – Example of a load factor graph: fraction of annual operating hours	29
Figure 14 – Life cycle cost analysis of an 11 kW motor operating at full load	32
Figure A.1 – IE4 efficiency limits	39
Table 1 – Loss distribution in three-phase, 4-pole, cage-induction electric motors	12
Table 2 – Exemplary efficiency calculation of a motor when operated at 50 Hz and 60 Hz with the same torque, using a 50 Hz motor rating as the basis.....	18
Table 3 – Loss distribution for low-voltage U-converters	21
Table 4 – Example of changing of efficiency, speed and torque demand with energy efficiency class of three 11 kW, 50 Hz motors in the same application	27
Table 5 – Average lifecycles for electric motors	30
Table A.1 – Interpolation coefficients	35
Table A.2 – Nominal limits (%) for super-premium efficiency (IE4)	35
Table A.3 – Standard power in kW associated with torque and speed for line-operated motors	36
Table A.4 – Nominal limits for super-premium efficiency (IE4) for 50 Hz line operated motors	37

Table A.5 – Nominal limits for super-premium efficiency (IE4) for 60 Hz line operated motors	38
--	----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/TS 60034 31 ed 1.0:2010

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 31: Selection of energy-efficient motors including
variable speed applications – Application guide**

FOREWORD

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

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

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

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

IEC 60034-31, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

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

Enquiry draft	Report on voting
2/1575/DTS	2/1594/RVC

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

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

A list of all parts of the IEC 60034 series, published under the general title *Rotating electrical machines*, can be found on the IEC website.

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

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

- transformed into an International standard,
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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

INTRODUCTION

The present technical specification gives technical guidelines for the application of energy-efficient motors in constant-speed and variable speed applications. It does not cover aspects of a purely commercial nature.

Standards developed by IEC technical committee 2 do not deal with methods of how to obtain a high efficiency but with tests to verify the guaranteed value. IEC 60034-2-1 is the most important standard for this purpose.

For approximately 15 years regional agreements were negotiated in many areas of the world regarding efficiency classes of three-phase, cage-induction motors with outputs up to about 200 kW maximum, as motors of this size are installed in high quantities and are for the most part produced in series production. The design of these motors is often driven by the market demand for low investment cost, hence energy efficiency was not a top priority.

In IEC 60034-30, IE efficiency classes for single-speed cage-induction motors have been defined and test procedures specified:

IE1	Standard efficiency
IE2	High efficiency
IE3	Premium efficiency
IE4	Super-premium efficiency

Determination of efficiency for motors powered by a frequency converter will be included in IEC standard 60034-2-3.

However, for motors rated 1 MW and above, which are usually custom made, a high efficiency has always been one of the most important design goals. The full-load efficiency of these machines typically ranges between 95 % and 98 %. Efficiency is usually part of the purchase contract and is penalized if the guaranteed values are not met. Therefore, these higher ratings are of secondary importance when assigning efficiency classes.

With permission from the National Electrical Manufacturers Association (NEMA), some parts of this TS are based on NEMA MG 10, *Energy Management Guide For Selection and Use of Fixed Frequency Medium AC Squirrel-Cage Polyphase Induction Motors*.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 31: Selection of energy-efficient motors including variable speed applications – Application guide

1 Scope

This part of IEC 60034 provides a guideline of technical aspects for the application of energy-efficient, three-phase, electric motors. It not only applies to motor manufacturers, OEMs (original equipment manufacturers), end users, regulators and legislators but to all other interested parties.

This technical specification is applicable to all electrical machines covered by IEC 60034-30. Most of the information however is also relevant for cage-induction machines with output powers exceeding 375 kW.

2 Normative references

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

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

IEC 60034-30, *Rotating electrical machines – Part 30: Efficiency classes of single-speed three-phase, cage induction motors (IE-code)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	45
INTRODUCTION.....	47
1 Domaine d'application	48
2 Références normatives.....	48
3 Termes, définitions et symboles	48
3.1 Termes et définitions	48
3.2 Symboles	48
4 Généralités.....	49
5 Rendement.....	50
5.1 Généralités.....	50
5.2 Pertes des moteurs	52
5.3 Pertes supplémentaires d'un moteur lorsqu'il fonctionne à l'aide d'un convertisseur de fréquence	52
5.4 Moteurs pour des classes de rendement plus élevé.....	53
5.5 Variations des pertes d'un moteur	54
5.6 Rendement à charge partielle.....	54
5.7 Méthodes d'essai du rendement	56
5.8 Facteur de puissance (voir la Figure 4)	57
5.9 Adaptation des moteurs et des convertisseurs à fréquence variable	58
5.10 Moteurs assignés pour 50 Hz et 60 Hz	59
5.11 Moteurs assignés pour différentes tensions ou une gamme de tensions	62
5.12 Moteurs assignés pour un fonctionnement à des fréquences différentes de 50/60 Hz	62
5.13 Rendement des convertisseurs à fréquence variable	62
5.14 Facteur de puissance d'un convertisseur de fréquence.....	64
6 Environnement	64
6.1 Performance de démarrage	64
6.2 Vitesse de fonctionnement et glissement.....	65
6.3 Effets de la qualité de l'alimentation et de la variation de tension et de fréquence.....	65
6.4 Effets du déséquilibre des tensions	66
6.5 Effets de la température ambiante.....	66
7 Applications.....	66
7.1 Généralités.....	66
7.2 Economies d'énergie par commande de vitesse (commandes à vitesse variable, VSD)	66
7.3 Dimensionnement correct du moteur	67
7.4 Application en service continu	67
7.5 Applications impliquant de longues périodes de fonctionnement à faible charge.....	68
7.6 Applications impliquant des charges négatives.....	69
7.7 Applications pour lesquelles le couple résistant augmente avec la vitesse (pompes, ventilateurs, compresseurs, etc.)	69
7.8 Applications impliquant des démarrages et des arrêts fréquents et/ou un freinage mécanique	70
7.9 Applications impliquant des atmosphères explosives de gaz ou de poussières.....	70

8	Aspects économiques.....	71
8.1	Pertinence vis-à-vis des utilisateurs	71
8.2	Coût d'achat initial.....	72
8.3	Frais d'exploitation	72
8.4	Coût de rebobinage.....	74
8.5	Période de récupération	74
8.6	Coût du cycle de vie.....	75
9	Maintenance.....	76
	Annexe A (informative) Rendement super premium (IE4).....	78
	Bibliographie.....	84

Figure 1 – Vue d'ensemble des différents niveaux d'économie d'énergie électrique relatifs aux systèmes d'entraînement	49
Figure 2 – Pertes représentatives des moteurs éconergétiques, des convertisseurs et des freins électromécaniques.....	50
Figure 3 – Rendement représentatif en fonction des bandes de courbes de charge pour les moteurs triphasés à induction à cage dans différentes gammes de puissances de sortie (approximativement 1,1 kW, 15 kW et 150 kW).....	55
Figure 4 – Facteur de puissance représentatif en fonction des bandes de courbes de charge pour les moteurs triphasés à induction à cage dans différentes gammes de puissances de sortie (approximativement 1,1 kW, 15 kW et 150 kW)	57
Figure 5 – Réduction représentative du rendement énergétique, en points de %, relative aux moteurs basse tension 4 pôles, entre 50 Hz et 60 Hz, au même couple (puissance à 60 Hz augmentée de 20 %).....	61
Figure 6 – Réduction représentative du rendement énergétique, en points de %, relative aux moteurs basse tension 4 pôles, entre 50 Hz et 60 Hz, à la même puissance de sortie (couple à 60 Hz réduit de 20 %).....	61
Figure 7 – Rendement représentatif des convertisseurs de type triphasé indirect, source de tension, avec un dispositif frontal passif, pour des pourcentages de charge représentatifs des pompes, des ventilateurs et des compresseurs	62
Figure 8 – Rendement représentatif des convertisseurs de type triphasé indirect, source de tension, avec un dispositif frontal passif, pour des pourcentages de charge représentatifs d'un couple constant.....	63
Figure 9 – Variations représentatives du courant, de la vitesse, du facteur de puissance et du rendement, en fonction de la tension, pour une puissance de sortie constante.....	65
Figure 10 – Economies potentielles d'énergie par amélioration du rendement en fonction des classes pour des moteurs fonctionnant à leur charge assignée	68
Figure 11 – Couples représentatifs en fonction des courbes de vitesse pour des moteurs triphasés à induction à cage, 4 pôles de 11 kW et charges représentatives en fonction des courbes de vitesse pour des charges variant comme le carré de la vitesse	69
Figure 12 – Cycle de vie sur 15 ans d'un moteur IE3, 11 kW, fonctionnant à pleine charge, 4 000 h de fonctionnement par an	71
Figure 13 – Exemple d'un profil d'indice de charge: pourcentage de charge rapporté au nombre d'heures de fonctionnement par an.....	73
Figure 14 – Analyse du coût du cycle de vie d'un moteur de 11 kW fonctionnant à pleine charge.....	76
Figure A.1 – Limites de rendement IE4	83

Tableau 1 – Distribution des pertes dans les moteurs électriques à induction à cage, triphasés, 4 pôles	52
---	----

Tableau 2 – Calculs, donnés à titre d'exemple, du rendement d'un moteur fonctionnant à 50 Hz et à 60 Hz avec le même couple, en utilisant comme base une assignation de moteur à 50 Hz	60
Tableau 3 – Distribution de perte pour des convertisseurs basse tension.....	63
Tableau 4 – Exemple de variations du rendement, de la vitesse et du couple demandé en fonction de la classe de rendement énergétique, pour trois moteurs de 11 kW, 50 Hz dans la même application	69
Tableau 5 – Durées de vie moyennes de moteurs électriques	73
Tableau A.1 – Coefficients d'interpolation	79
Tableau A.2 – Limites nominales (%) pour le rendement "super-premium" (IE4)	79
Tableau A.3 – Puissance normalisée en kW associée au couple et à la vitesse, pour les moteurs fonctionnant directement sur le réseau	80
Tableau A.4 – Limites nominales pour le rendement super premium (IE4) pour les moteurs fonctionnant directement sur le réseau 50 Hz.....	81
Tableau A.5 – Limites nominales pour le rendement super premium (IE4) pour les moteurs fonctionnant directement sur le réseau 60 Hz.....	82

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC/TS 60034-31 ed 1.0:2010

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 31: Choix des moteurs éconergétiques incluant les applications à vitesse variable – Guide d'application

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Dans des circonstances exceptionnelles, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique lorsque

- le soutien nécessaire ne peut pas être obtenu pour la publication d'une Norme internationale, en dépit d'efforts répétés, ou
- le sujet en est encore en évolution d'un point de vue technique ou, pour toute autre raison, il existe une possibilité dans l'avenir mais pas dans l'immédiat pour un accord sur une Norme internationale.

Les spécifications techniques sont révisées dans les trois années qui suivent leur publication pour décider si elles peuvent être transformées en Normes internationales.