SPÉCIFICATION TECHNIQUE

TECHNICAL SPECIFICATION

CEI
IEC

TS 60034-17

Quatrième édition
Fourth edition
2006-05

Machines électriques tournantes –

Partie 17: Moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs – Guide d'application

Rotating electrical machines –

Part 17: Cage induction motors when fed from converters – Application guide

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE S

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 8

1 Domaine;d'application 10
2 Références normatives 10
3 Caractéristiques du moteur 10
4 Spectre de fréquence de la tension et/ou des courants 12
5 Pertes dues aux harmoniques 16
6 Déclassement du couple pendant le fonctionnement du convertisseur 22
7 Couples oscillatoires 24
8 Bruit d'origine magnétique 26
9 Durée de vie du système d'isolation 28
10 Courants parasites de paliers 32
11 Installation (câblage, mise à la terre, liaison équipotentielle) 38
12 Vitesse maximale de sécurité en fonctionnement 38
13 Correction du facteur de puissance 40

Figure 1 – Forme d'onde du courant de phase i_{phase} avec couplage en triangle pour une alimentation par convertisseur de source de courant (exemple idéalisé) 12
Figure 2 – Forme d'onde de la tension entre bornes u_{LL} pour une alimentation par convertisseur de source de tension avec fréquence de commutation $f_s = 30 \times f_1$ (exemple) 14
Figure 3 – Exemple de dépendance des pertes du moteur dues aux harmoniques P_h, liées aux pertes P_{f1} à la fréquence de fonctionnement f_1, sur la fréquence de commutation f_s en cas d'alimentation par convertisseur de source de tension 16
Figure 4 – Influence de l'alimentation par convertisseur sur les pertes d'un moteur à induction à cage (désignation 315 M, conception N) en fonctionnement à couple et vitesse assignés 20
Figure 5 – Tension fondamentale U_1 en fonction de la fréquence de fonctionnement f_1 22
Figure 6 – Facteur de déclassement du couple d'un moteur à induction à cage de conception N, IC 0141 (refroidissement par auto-circulation), avec alimentation par convertisseur de source de courant, en fonction de la fréquence de fonctionnement f_1 (exemple) 24
Figure 7 – Courbe limite de tension d'impulsion admissible $\hat{U}_{LL}$ (incluant la réflexion et l'amortissement de la tension) entre bornes du moteur en fonction du temps de montée t_r 30
Figure 8 – Définition du temps de montée d'impulsion t_r de la tension aux bornes du moteur 30
Figure 9 – Flux en anneau y compris la tension d'arbre et le courant i_{circ} circulant résultant 32
Figure 10 – Modèle de circuit en mode commun et tension de palier u_{brg} 36

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 9

1 Scope 11
2 Normative references 11
3 Characteristics of the motor 11
4 Frequency spectrum of voltage and/or currents 13
5 Losses caused by harmonics 17
6 Torque derating during converter operation 23
7 Oscillating torques 25
8 Magnetically excited noise 27
9 Service life of the insulation system 29
10 Bearing currents 33
11 Installation (cabling, grounding, bonding) 39
12 Maximum safe operating speed 39
13 Power factor correction 41

Figure 1 – Waveform of phase current i_{phase} in delta connection for current source converter supply (idealized example) 13
Figure 2 – Waveform of line-to-line voltage u_{LL} for voltage source converter supply with switching frequency $f_s = 30 \times f_1$ (example) 15
Figure 3 – Example for the dependence of the motor losses caused by harmonics $P_{h,}$ related to the losses P_{f1} at operating frequency f_1, on the switching frequency f_s in case of voltage source converter supply 17
Figure 4 – Influence of converter supply on the losses of a cage induction motor (frame size 315 M, design N) with rated values of torque and speed 21
Figure 5 – Fundamental voltage U_1 as a function of operating frequency f_1 23
Figure 6 – Torque derating factor for cage induction motors of design N, IC 0141 (self-circulating cooling) for current source converter supply as a function of operating frequency f_1 (example) 25
Figure 7 – Limiting curve of admissible impulse voltage $\hat{U}_{LL}$ (including voltage reflection and damping) at the motor terminals as a function of the rise time t_r 31
Figure 8 – Definition of the peak rise time t_r of the voltage at the motor terminals 31
Figure 9 – Ring flux including shaft voltage and resulting circulating current i_{circ} 33
Figure 10 – Common mode circuit model and bearing voltage u_{brg} 37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 17: Moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs – 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 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
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 d'établir 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 est encore en évolution d'un point de vue technique ou, pour toute autre raison, lorsqu'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.

La CEI 60034-17, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 17: Cage induction motors when fed from converters – 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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 60034-17, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2002 et constitue une révision technique.

Les modification principales par rapport à l'édition précédente concernent une adaptation des parties principales aux derniers développements de la technologie. Les articles concernés sont:

- article 4 en ce qui concerne les différents types de convertisseurs,
- article 5: amélioration pour couvrir l'état de é'art actuel,
- article 7: inclusion des couples pulsatoires causés par les ondulations du courant dans le circuit intermédiaire,
- article 8: révision complète,
- article 10: révision complète,
- article 11: complètement nouveau, l'installation n'était pas couverte par les éditions précédentes.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
2/1348/DTS	2/1373/RVC

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2002 and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition concern an adaptation of major parts to the latest developments of the technology. The relevant clauses are:

- Clause 4 with respect to different kinds of converters;
- Clause 5: improvement to cover the actual state of the art;
- Clause 7: inclusion of pulsating torques caused by ripples of the current in the intermediate circuit;
- Cause 8: complete revision;
- Clause 10: complete revision;
- Clause 11: totally new, installation was not covered by the previous editions.

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

Enquiry draft	Report on voting
2/1348/DTS	2/1373/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.

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

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

INTRODUCTION

Les caractéristiques de performance et les données de fonctionnement des entraînements par moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs dépendent du système d'entraînement complet, comprenant le réseau d'alimentation, le convertisseur, le moteur à induction, la transmission mécanique et l'équipement de commande. Chacun de ces composants existe dans de nombreuses variantes techniques. Toutes les valeurs citées dans cette spécification technique sont donc données uniquement à titre indicatif.

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

Dans la pratique courante, les entraînements sont de plus en plus fréquemment constitués de composants produits par différents fabricants. L'objet de la présente spécification technique est d'expliquer et de quantifier, autant que possible, les critères de sélection des composants et leur influence sur les caractéristiques de performance de l'entraînement.

La présente spécification technique traite des moteurs compris dans le domaine d'application de la CEI 60034-12, c'est-à-dire des moteurs triphasés à induction à cage fabriqués en série à basse tension, qui sont conçus à l'origine pour l'alimentation réseau, couvrant les exigences de conception N ou de conception H. Les moteurs qui sont conçus spécifiquement pour une alimentation par convertisseur sont couverts par la CEI 60034-25.

INTRODUCTION

The performance characteristics and operating data for drives with converter-fed cage induction motors are influenced by the complete drive system, comprising supply system, converter, induction motor, mechanical shafting and control equipment. Each of these components exists in numerous technical variations. Any values quoted in this technical specification are thus indicative only.

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

To an increasing extent, it is practice that drives consist of components produced by different manufacturers. The object of this technical specification is to explain and quantify, as far as possible, the criteria for the selection of components and their influence on the performance characteristics of the drive.

The technical specification deals with motors within the scope of IEC 60034-12, i.e. low-voltage series-fabricated three-phase cage induction motors, which are designed originally for mains supply, covering the design N or design H requirements. Motors which are specifically designed for converter supply are covered by IEC 60034-25.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 17: Moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs – Guide d'application

1 Domaine d'application

La présente spécification technique traite du fonctionnement en régime établi des moteurs à induction à cage, compris dans le domaine d'application de la CEI 60034-12, lorsqu'ils sont alimentés par convertisseurs. Elle couvre le fonctionnement dans toute la plage de réglage de vitesse, mais ne traite ni du démarrage ni des phénomènes transitoires.

Seuls les convertisseurs de type indirect sont pris en considération. Ce type comprend les convertisseurs à courant continu imposés dans le circuit intermédiaire (convertisseurs de source de courant) et les convertisseurs à tension imposée (convertisseurs de source de tension) soit du type pleine onde soit du type à commande par impulsions, sans restriction sur le nombre d'impulsions, leur largeur ou leur fréquence de commutation. Pour les besoins de la présente spécification technique, un convertisseur peut comporter tout type d'interrupteur électronique, comme par exemple des transistors (bipolaires ou MOSFET), des IGBT, des thyristors, des thyristors GTO, etc., avec des électroniques de commande analogiques ou numériques.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

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

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

CEI 60034-25, *Machines électriques tournantes – Partie 25: Guide for the design and performance of cage induction motors specifically designed for converter supply (en anglais seulement)*

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 17: Cage induction motors when fed from converters – Application guide

1 Scope

This technical specification deals with the steady-state operation of cage induction motors within the scope of IEC 60034-12, when fed from converters. It covers the operation over the whole speed setting range, but does not deal with starting or transient phenomena.

Only indirect type converters are dealt with. This type comprises converters with impressed direct current in the intermediate circuit (current source converters) and converters with impressed d.c. voltage (voltage source converters), either of the block type or the pulse controlled type, without restriction on pulse number, pulse width or switching frequency. For the purposes of this technical specification, a converter may include any type of electronic switching device, for example transistors (bipolar or MOSfet), IGBTs, thyristors, GTO-thyristors, etc. with analog or digital control electronics.

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

IEC 60034-25, *Rotating electrical machines – Part 25: Guide for the design and performance of cage induction motors specifically designed for converter supply*