IEC 60349-4

Edition 1.0 2012-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 4: Permanent magnet synchronous electrical machines connected to an electronic converter

Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 4: Machines électriques synchrones à aimants permanents connectées à un convertisseur électronique

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

X

ICS 45.060

ISBN 978-2-83220-547-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

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

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope and object 6
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 Environmental conditions 10
5 Characteristics 10
5.1 Exchange of information 10
5.2 Special characteristic of a driven permanent magnet machine 11
5.3 Reference temperature 11
5.4 Specified characteristics 11
5.5 Declared characteristics 11
5.6 Efficiency characteristics 11
5.7 Traction motor characteristics 11
5.8 Main generator characteristics 12
5.9 Auxiliary motor characteristics 12
5.10 Auxiliary generator characteristics 12
6 Marking 13
6.1 Nameplate 13
6.2 Terminal and lead marking 13
7 Test categories 13
7.1 General 13
7.2 Type tests 13
7.2.1 General 13
7.2.2 Type tests on converter supply 14
7.3 Reduced type test 14
7.3.1 General 14
7.3.2 Repeat the type test temperature rise test with converter 14
7.3.3 Repeat a temperature rise test with converter with different load 14
7.3.4 Repeat a temperature rise test with sinusoidal supply 14
7.3.5 Repeat a temperature rise test in generating mode with a passive load 15
7.4 Routine tests 15
7.5 Investigation tests 15
7.6 Summary of tests 15
8 Type tests 16
8.1 Temperature-rise tests 16
8.1.1 General 16
8.1.2 Cooling during rating tests 16
8.1.3 Measurement of temperature 16
8.1.4 Judgement of results 16
8.1.5 Limits of temperature rise 16
8.1.6 Short-time overload test 17
8.2 Characteristic tests and tolerances 17
8.2.1 General 17
8.2.2 Tolerances 18
8.3 Overspeed test 19

8.4 Vibration tests 19
8.5 Noise measurements (optional) 19
9 Routine tests 20
9.1 General 20
9.2 Characteristic tests and tolerances 20
9.2.1 General 20
9.2.2 No-load tests 20
9.2.3 Current-load tests 21
9.3 Overspeed tests 22
9.4 Dielectric tests 23
9.5 Vibration tests (imbalance) 24
10 Investigation tests 24
10.1 Measurement of cogging torque 24
10.2 Temperature rise test of the machine in high speed with open terminals 24
10.3 Temperature coefficient measurement of the induced voltage 24
Annex A (normative) Measurement of temperature 25
Annex B (normative) Conventional values of traction motor transmission losses 28
Annex C (informative) Noise measurement and limits 29
Annex D (normative) Supply voltages of traction systems 38
Annex E (normative) Agreement between user and manufacturer 39
Bibliography 40

Figure 1 – Inherent characteristic generator 18
Figure 2 – Open terminal 20
Figure 3 – Sinusoidal supply 21
Figure 4 – Converter supply 21
Figure 5 – Converter supply with cut off 21
Figure 6 – Short-circuit 22
Figure 7 – Sinusoidal supply 22
Figure 8 – Converter supply 22
Figure B.1 – Conventional values of traction motor transmission losses 28
Figure C.1 – Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by traction machines 35
Figure C.2 – Location of measuring points and prescribed paths for horizontal machines 36
Figure C.3 – Location of measuring points and prescribed paths for vertical machines 37

Table 1 – Summary of tests 15
Table 2 – Limits of temperature rise for continuous and other ratings 17
Table 3 – Dielectric test voltages 23
Table C.1 – Corrections 31
Table C.2 – Corrections 34
Table C.3 – Correction for pure tones 35

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRIC TRACTION – ROTATING ELECTRICAL MACHINES FOR RAIL AND ROAD VEHICLES –

Part 4: Permanent magnet synchronous electrical machines connected to an electronic converter

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.

This International Standard IEC 60349-4 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This standard is derived from IEC 60349-2 changing the subject to permanent magnet synchronous machines.

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

FDIS	Report on voting
9/1734/FDIS	9/1759/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.

A list of all parts of IEC 60349 series, under the general title *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles*, can be found on the IEC website.

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 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

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

ELECTRIC TRACTION – ROTATING ELECTRICAL MACHINES FOR RAIL AND ROAD VEHICLES –

Part 4: Permanent magnet synchronous electrical machines connected to an electronic converter

1 Scope and object

This part of IEC 60349 applies to converter-fed permanent magnet synchronous motors or generators (machines) forming part of the equipment of electrically propelled rail and road vehicles.

This standard is derived from IEC 60349-2 changing the subject to permanent magnet synchronous machines.

The object of this part is to enable the performance of a machine to be confirmed by tests and to provide a basis for assessment of its suitability for a specified duty and for comparison with other machines.

Where further testing is to be undertaken in accordance with a combined test, it may be preferable, that some type and investigation tests be carried out on the combined test bed, to avoid duplication.

Particular attention is drawn to the need for collaboration between the designers of the machine and its associated converter as detailed in 5.1.

NOTE 1 This part also applies to machines installed on trailers hauled by powered vehicles.

NOTE 2 The basic requirements of this part may be applied to machines for special purpose vehicles such as mine locomotives but this part does not cover flameproof or other special features that may be required.

NOTE 3 It is not intended that this part should apply to machines on small road vehicles, such as battery-fed delivery vehicles, factory trucks, etc. This part also does not apply to minor machines such as windscreen wiper motors, etc. that may be used on all types of vehicles.

NOTE 4 Industrial type machines complying with IEC 60034 may be suitable for some auxiliary drives, provided that it is demonstrated that operation on a converter supply will meet the requirements of the particular application.

The electrical input to motors covered by this part is be from an electronic converter. Generators may be connected to a rectifier or a converter.

The machines covered by this part are classified as follows:

a) Traction motors

   Motors for propelling rail or road vehicles.

b) Main generators

   Generators for supplying power to traction motors on the same vehicle or train.

c) Auxiliary motors not covered by IEC 60034

   Motors for driving compressors, fans, auxiliary generators or other auxiliary machines.

d) Auxiliary generators not covered by IEC 60034

   Generators for supplying power for auxiliary services such as air conditioning, heating, lighting and battery charging, etc.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. 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 60034-8, *Rotating electrical machines – Part 8: Terminal markings and direction of rotation*

IEC 60034-9, *Rotating electrical machines – Part 9: Noise limits*

IEC 60034-14, *Rotating electrical machines – Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity*

IEC 60050-131, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Circuit theory*

IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-221, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 221: Magnetic materials and components*

IEC 60050-411, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 411: Rotating machines*

IEC 60050-811, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60085, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 62498-1, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 44
1 Domaine d'application et objet 46
2 Références normatives 47
3 Termes et définitions 47
4 Conditions d'environnement 50
5 Caractéristiques 51
5.1 Echange d'informations 51
5.2 Caractéristique spéciale d'une machine à aimants permanents entraînée 51
5.3 Température de référence 51
5.4 Caractéristiques spécifiées 51
5.5 Caractéristiques de base 52
5.6 Caractéristiques de rendement 52
5.7 Caractéristiques des moteurs de traction 52
5.8 Caractéristiques des génératrices principales 52
5.9 Caractéristiques des moteurs auxiliaires 53
5.10 Caractéristiques des génératrices auxiliaires 53
6 Marquage 53
6.1 Plaque signalétique 53
6.2 Marquage des câbles et des bornes 53
7 Catégories d'essais 54
7.1 Généralités 54
7.2 Essais de type 54
7.2.1 Généralités 54
7.2.2 Essais de type sur l'alimentation du convertisseur 54
7.3 Essai de type réduit 54
7.3.1 Généralités 54
7.3.2 Répéter l'essai d'échauffement de type avec un convertisseur 55
7.3.3 Répéter un essai d'échauffement avec un convertisseur et une charge différente 55
7.3.4 Répéter un essai d'échauffement avec une alimentation sinusoïdale 55
7.3.5 Répéter un essai d'échauffement en mode génération et avec une charge passive 55
7.4 Essais de série 55
7.5 Essais d'investigation 56
7.6 Résumé des essais 56
8 Essais de type 56
8.1 Essais d'échauffement 56
8.1.1 Généralités 56
8.1.2 Refroidissement durant les essais en régime assigné 57
8.1.3 Mesure de la température 57
8.1.4 Appréciation des résultats 57
8.1.5 Limites d'échauffement 57
8.1.6 Essai de surcharge de courte durée 58
8.2 Essais et tolérances caractéristiques 58
8.2.1 Généralités 58
8.2.2 Tolérances 59

8.3 Essai de survitesse 60
8.4 Essais de vibration 60
8.5 Mesures du bruit (facultatif) 60
9 Essais de série 61
9.1 Généralités 61
9.2 Essais et tolérances caractéristiques 61
9.2.1 Généralités 61
9.2.2 Essais à vide 61
9.2.3 Essais de charge réelle 62
9.3 Essais de survitesse 63
9.4 Essais diélectriques 64
9.5 Essais de vibrations (non compensées – balourd) 65
10 Essais d'investigation 66
10.1 Mesure du couple d'engrenage 66
10.2 Essai d'échauffement de la machine à grande vitesse avec les bornes ouvertes 66
10.3 Mesure du coefficient de température de la tension induite 66
Annexe A (normative) Mesure de la température 67
Annexe B (normative) Valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction 70
Annexe C (informative) Mesure du bruit et limites 71
Annexe D (normative) Tensions d'alimentation des réseaux de traction 81
Annexe E (normative) Accord entre l'exploitant et le constructeur 82
Bibliographie 83

Figure 1 – Génératrice fonctionnant sur ses caractéristiques intrinsèques 59
Figure 2 – Borne ouverte 61
Figure 3 – Alimentation sinusoïdale 62
Figure 4 – Alimentation du convertisseur 62
Figure 5 – Alimentation du convertisseur avec coupure de l'alimentation 62
Figure 6 – Court-circuit 63
Figure 7 – Alimentation sinusoïdale 63
Figure 8 – Alimentation du convertisseur 63
Figure B.1 – Valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction 70
Figure C.1 – Limite de niveau de puissance acoustique moyen de bruit aérien généré par les machines de traction 78
Figure C.2 – Situation des points de mesure et contours prescrits pour des machines à axe horizontal 79
Figure C.3 – Situation des points de mesure et contours prescrits pour des machines à axe vertical 80

Tableau 1 – Résumé des essais 56
Tableau 2 – Limites d'échauffement pour les régimes continus assignés et autres 57
Tableau 3 – Tensions d'essais diélectriques 65
Tableau C.1 – Corrections 73
Tableau C.2 – Corrections 76
Tableau C.3 – Correction pour sons purs 77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRACTION ÉLECTRIQUE – MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS –

Partie 4: Machines électriques synchrones à aimants permanents connectées à un convertisseur électronique

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 brevet. La CEI 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 CEI 60349-4 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

La présente norme est issue de la CEI 60349-2 avec adaptation du sujet aux machines synchrones à aimants permanents.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1734/FDIS	9/1759/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60349, présentées sous le titre général *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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 stabilité 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

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

TRACTION ÉLECTRIQUE – MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES DES VÉHICULES FERROVIAIRES ET ROUTIERS –

Partie 4: Machines électriques synchrones à aimants permanents connectées à un convertisseur électronique

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60349 s'applique aux moteurs ou génératrices (machines) synchrones à aimants permanents alimentés par convertisseur, qui font partie intégrante de l'équipement des véhicules ferroviaires et routiers à propulsion électrique.

La présente norme est issue de la CEI 60349-2 avec adaptation du sujet aux machines synchrones à aimants permanents.

L'objet de la présente partie est de permettre de confirmer, par des essais, les qualités de fonctionnement d'une machine et de procurer une base d'estimation de son aptitude à fournir un service spécifié et une base de comparaison avec d'autres machines.

Lorsque des essais supplémentaires sont à réaliser selon un essai combiné, il peut être préférable de réaliser certains essais de type et d'investigation sur le banc d'essai combiné afin d'éviter des redondances.

Une attention toute particulière est attirée sur la nécessité d'une collaboration entre les concepteurs de la machine et son convertisseur associé, tel que détaillé en 5.1.

NOTE 1 La présente partie s'applique également aux machines installées sur les remorques attelées aux véhicules électriques.

NOTE 2 Les exigences de base de la présente partie peuvent être appliquées aux machines à usages spéciaux telles que les locomotives de mines, mais cette partie ne couvre pas les dispositifs antidéflagrants ou autres équipements spéciaux qui peuvent être nécessaires.

NOTE 3 Il n'est pas prévu que la présente partie soit applicable aux machines de petits véhicules routiers, tels que les camionnettes de livraison alimentées par une batterie, les chariots d'usine, etc. Cette partie ne s'applique pas aux très petites machines, telles que les moteurs d'essuie-glaces, etc., qui peuvent être utilisées sur tous types de véhicules.

NOTE 4 Les machines de type industriel conformes à la CEI 60034 peuvent être adaptées à certains moteurs auxiliaires, sous réserve qu'il soit démontré qu'une application avec une alimentation par convertisseur satisfait aux exigences de l'application concernée.

Le courant électrique absorbé par les moteurs couverts par la présente partie provient d'un convertisseur électronique. Les génératrices peuvent être connectées à un redresseur ou un convertisseur.

Les machines couvertes par la présente partie sont classées comme suit:

a) Moteurs de traction

   Moteurs utilisés pour propulser des véhicules ferroviaires ou routiers.

b) Génératrices principales

   Génératrices qui servent à fournir l'énergie aux moteurs de traction du même véhicule ou de la même rame.

c) Moteurs auxiliaires non couverts par la CEI 60034

Moteurs servant à l'entraînement de compresseurs, ventilateurs, génératrices auxiliaires ou autres machines auxiliaires.

d) Génératrices auxiliaires non couvertes par la CEI 60034

Génératrices servant à fournir de l'énergie pour les services auxiliaires tels que le conditionnement d'air, le chauffage, l'éclairage, la charge de batterie, etc.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

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

CEI 60034-8, *Machines électriques tournantes – Partie 8*: *Marques d'extrémité et sens de rotation*

CEI 60034-9, *Machines électriques tournantes – Partie 9*: *Limites de bruit*

CEI 60034-14, *Machines électriques tournantes – Partie 14*: *Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm – Mesurage, évaluation et limites de l'intensité vibratoire*

CEI 60050-131, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 131*: *Théorie des circuits*

CEI 60050-151, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151*: *Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-221, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 221*: *Matériaux et composants magnétiques*

CEI 60050-411, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 411*: *Machines tournantes*

CEI 60050-811, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 811*: *Traction électrique*

CEI 60085, *Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

CEI 62498-1, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Equipement embarqué du matériel roulant*