

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles –
Part 2: Electronic converter-fed alternating current motors**

**Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires
et routiers –
Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs électroniques**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60349-2

Edition 3.0 2010-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles –
Part 2: Electronic converter-fed alternating current motors**

**Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires
et routiers –
Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs électroniques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 45.060

ISBN 978-2-88912-183-0

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	7
4 Environmental conditions	9
5 Characteristics.....	9
5.1 Exchange of information	9
5.2 Reference temperature	10
5.3 Specified characteristics	10
5.4 Declared characteristics	10
5.5 Efficiency characteristics	10
5.6 Traction motor characteristics.....	10
5.7 Auxiliary motor characteristics	11
6 Marking	11
6.1 Nameplate.....	11
6.2 Terminal and lead marking.....	11
7 Test categories	11
7.1 Test categories.....	11
7.1.1 General	11
7.1.2 Type tests.....	12
7.1.3 Routine tests	13
7.1.4 Investigation tests.....	13
7.2 Summary of tests.....	13
8 Type tests.....	13
8.1 Temperature-rise tests.....	13
8.1.1 General	13
8.1.2 Ventilation during rating tests	14
8.1.3 Measurement of temperature	14
8.1.4 Judgement of results	14
8.1.5 Limits of temperature rise	14
8.1.6 Short-time overload test.....	14
8.2 Characteristic tests and tolerances	15
8.2.1 General	15
8.2.2 Tolerances.....	16
8.3 Overspeed test	16
8.4 Vibration tests	16
9 Routine tests	17
9.1 General	17
9.2 Short-time heating run	17
9.3 Characteristic tests and tolerances	17
9.3.1 Asynchronous motors	17
9.3.2 Synchronous motors	18
9.4 Overspeed tests	18
9.5 Dielectric tests.....	18
9.6 Vibration tests (imbalance)	19
Annex A (normative) Measurement of temperature	20

Annex B (normative) Conventional values of traction motor transmission losses	23
Annex C (informative) Noise measurement and limits	24
Annex D (normative) Supply voltages of traction systems	33
Annex E (normative) Agreement between user and manufacturer	34
Bibliography	35
Figure B.1 – Conventional values of traction motor transmission losses	23
Figure C.1 – Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by traction motors	30
Figure C.2 – Location of measuring points and prescribed paths for horizontal machines	31
Figure C.3 – Location of measuring points and prescribed paths for vertical machines	32
Table 1 – Summary of tests	13
Table 2 – Limits of temperature rise for continuous and other ratings	14
Table 3 – Temperature rises for short-time overload ratings	15
Table 4 – Dielectric test voltages	19
Table C.1 – Corrections	26
Table C.2 – Corrections	29
Table C.3 – Correction for pure tones	30

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 2: Electronic converter-fed alternating current motors

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 60349-2 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

The main technical changes with regard to the previous edition are as follows:

- As the limits of vibration velocities have been changed in IEC 60034-14, the limits valid for traction motors are now directly stated in this standard.
- In addition to the existing method for measuring and calculating the sound power level, the methods described in ISO 3741, ISO 3743, ISO 3744, ISO 3745, ISO 9614 are also allowed. However the maximum sound power levels and the correction for pure tones remain unchanged in Clauses C.7 and C.8.

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

FDIS	Report on voting
9/1416/FDIS	9/1466/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.

The list of all parts of IEC 60349 series, published under the general title, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles*, 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 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 2: Electronic converter-fed alternating current motors

1 Scope and object

This part of IEC 60349 applies to converter-fed alternating current motors forming part of the equipment of electrically propelled rail and road vehicles.

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

Where further testing is to be undertaken in accordance with IEC 61377-1 and IEC 61377-3, it may be preferable, to avoid duplication, that some type and investigation tests be carried out on the combined test bed.

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

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

NOTE 2 The basic requirements of this part may be applied to motors 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 motors 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 motors complying with IEC 60034 may be suitable for some auxiliary drives, providing that it is demonstrated that operation on a converter supply will meet the requirements of the particular application.

The rating of traction motors fed in parallel by a common converter has to take into account the effect on load-sharing of differences of wheel diameter and of motor characteristics as well as weight transfer when operating at high coefficients of adhesion. The user is to be informed of the maximum permissible difference in wheel diameter for the particular application.

The electrical input to motors covered by this part comes from an electronic converter.

NOTE 5 At the time of drafting, only the following combinations of motors and converters had been used for traction applications, but it may also apply to other combinations which may be used in the future:

- asynchronous motors fed by voltage source converters;
- asynchronous motors fed by current source converters;
- synchronous motors fed by current source converters.

The motors covered by this part are classified as follows:

- a) Traction motors – Motors for propelling rail or road vehicles.
- b) Auxiliary motors not covered by IEC 60034 – Motors for driving compressors, fans, auxiliary generators or other auxiliary machines.

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 60034-8, *Rotating electrical machines – Part 8: Terminal markings and direction of rotation*

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

IEC 60034-17, *Rotating electrical machines – Part 17: Cage induction motors when fed from convertors – Application guide*

IEC 60050-131, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 131: Circuit theory*

IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-411, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 411: Rotating machinery*

IEC 60050-811, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 811: Electric traction*

IEC 60085, *Thermal evaluation and designation*

IEC 61672, *Electroacoustics – Sound level meters*

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-131, IEC 60050-151, IEC 60050-411 and IEC 60050-811, as well as the following, apply.

3.1

rating of a motor

combination of simultaneous values of electrical and mechanical quantities, with their duration and sequence, assigned to the motor by the manufacturer

3.2

rated value

numerical value of any quantity included in a rating

3.3

continuous rating

mechanical output that the motor can deliver on the test bed for an unlimited time under the conditions specified in 8.1 without exceeding the limits of temperature rise given in Table 2, all other appropriate requirements in this part also being satisfied

NOTE Several continuous ratings may be specified.

3.4 short-time rating (for example, one hour)

mechanical output that the motor can deliver on the test bed for the stated time without exceeding the limits of temperature rise given in Table 2, the test being carried out as specified in 8.1 starting with the motor cold, all other appropriate requirements in this part being also satisfied

3.5 short-time overload rating

mechanical output that the motor can deliver on the test bed for the stated time without exceeding the limits of temperature rise given in Table 3, the test being started and carried out as specified in 8.1.6

NOTE Short-time overload ratings are of value in determining the suitability of motors for duties which involve relatively long periods of operation below the continuous rating followed by a period above it. These are most likely to occur in locomotive applications. They are not relevant to the repeated short load cycles of rapid transit and similar duties, and should not be specified for such applications.

3.6 intermittent duty rating

duty cycle in which the motor may be operated without the temperature rises exceeding the limits given in Table 2 at any point

3.7 equivalent rating

continuous rating with constant values of voltage, current and speed that, as far as temperature rise is concerned, is equivalent to the intermittent duty cycle which the motor has to withstand in service

NOTE This rating should be agreed between user and manufacturer.

3.8 guaranteed rating

rating assigned by the manufacturer for test purposes

3.9 guaranteed rating of a traction motor

normally the continuous rating but in special cases the user and manufacturer may agree that it be a short-time or intermittent rating

3.10 guaranteed rating of an auxiliary motor

continuous rating unless otherwise specified

3.11 rated voltage

root-mean-square value of the fundamental component of the line-to-line voltage applied to a motor when it is operating at a guaranteed rating.

NOTE For motors fed directly or indirectly from a contact system, it is normally the highest voltage (excluding transients) which can be applied to the motor when it is drawing the rated current, with the contact system at its nominal voltage as defined in Annex D.

3.12 rated speed

speed at a guaranteed rating

3.13**maximum voltage**

highest root-mean-square value of the fundamental component of the line-to-line supply voltage which can be applied to the motor in service

3.14**repetitive peak voltage**

peak value of the waveform of the converter output voltage, any random transient peaks arising from line voltage transients or other causes being disregarded

3.15**maximum current**

maximum current shown on the specified characteristic as defined in 5.3

3.16**maximum working speed****3.16.1****maximum working speed of a traction motor**

highest rotational speed assigned to the motor by the manufacturer

NOTE When the characteristics of the vehicle for which a motor is intended are specified, this speed is not less than that corresponding to the maximum service speed of the vehicle assuming fully worn metallic wheels or the minimum rolling diameter of rubber tyres.

3.16.2**maximum working speed of an auxiliary motor**

highest rotational speed assigned to the motor by the manufacturer

NOTE For specific applications, when assigning this speed, the most unfavourable conditions of voltage, frequency, loading, etc., that can occur in service should be taken in account.

4 Environmental conditions

Unless otherwise specified by the user, the following environmental conditions are assumed:

a) Altitude

Height above sea level not exceeding Class A3 according IEC 62498-1.

b) Temperature

Air temperature in the shade Class T1 according IEC 62498-1.

Whenever motors are intended to operate where one or both of these limits will be exceeded, special requirements may be agreed between user and manufacturer. For more information refer to IEC 60034-1.

Furthermore, the user shall inform the manufacturer of any particularly severe environmental condition such as dust, humidity, temperature, snow, dynamic effects, etc., to which the motors will be subjected.

5 Characteristics**5.1 Exchange of information**

The motor and converter designers shall collaborate to produce all the technical information necessary to ensure that the combined unit will meet the requirements of this part of IEC 60349.

To fulfil this requirement, the motor designer shall provide the converter designer with all the information necessary to fully evaluate the interaction between the motor and the converter.

The converter designer shall also provide the motor designer with the characteristics showing, for example, the converter line-to-line output voltage (including the repetitive voltage peaks), current, fundamental frequency, harmonics and power over the whole range of the application, including operation at the maximum and minimum values of the contact-system voltage.

The documents recording this exchange of information shall form an integral part of the specification of the motor and of the converter.

NOTE 1 For more information refer to IEC 61287-1, 5.3.1.1.

NOTE 2 The length of cable run between motor and converter and the effect on peak voltages seen at the motor terminals should be considered.

NOTE 3 For information about wave fronts and the impact to the motor see IEC 60034-17.

5.2 Reference temperature

All characteristics, irrespective of the thermal class of the insulation system used on the motor to which they apply, shall be drawn for a winding reference temperature of 150 °C which shall be stated in the characteristics.

5.3 Specified characteristics

Motor specifications shall, as a general rule, include characteristic curves in accordance with the relevant clauses of this part. These curves, defined as the "specified characteristics", shall be plotted to the designed operating limits of each variable. Unless otherwise agreed between user and manufacturer, the characteristics shall show the machine performance at the nominal voltage of the supply system as defined in Annex D, and shall be submitted to the user before the order for the motors is placed.

5.4 Declared characteristics

Declared characteristics are derived from the results of type tests carried out in accordance with 8.2.1 and shall meet the requirements of 8.2.2.

Unless previously agreed, the declared characteristics of motors electromagnetically identical with any previously manufactured for the same user or application shall be those of the existing motors. In such a case, compliance with the characteristics shall be demonstrated by routine tests only.

5.5 Efficiency characteristics

Efficiency characteristics shall take into account losses arising from the harmonics in the supply from the converter. Power used for excitation of synchronous motors shall also be included in the losses unless otherwise accounted for, (e.g. as an auxiliary load), in which case the omission shall be stated in the characteristics.

5.6 Traction motor characteristics

The specified and declared characteristics of a traction motor shall be the converter-fed variable frequency characteristics, which shall show motor line-to-line voltage, current, frequency, mean torque and efficiency as a function of speed over the whole range of application of the motor. Characteristics of asynchronous motors shall show slip and those of synchronous motors shall show the excitation current. Voltage curves shall show the root-mean-square value of the fundamental component. Current curves shall show the root-mean-square value of the fundamental component and the total root-mean-square value. For motors used in the braking mode, similar characteristics shall be produced showing the torque input and the electrical output as a function of motor speed.

NOTE 1 Subclause 5.1 refers to the need for the exchange of information between the designers of the motor and of the converter.

As an alternative to motor torque and speed, the characteristics may show tractive effort at the rail and vehicle speed, in which case the gear ratio, wheel diameter and transmission losses shall be stated. If conventional values are used for the latter, they shall be in accordance with Figure B.1.

NOTE 2 Clause 1 refers to the need to consider the effect on parallel-fed motors of differing wheel diameters and of weight transfer between axles.

5.7 Auxiliary motor characteristics

The specified and declared characteristics of auxiliary motors shall be the converter-fed characteristics, which shall show the motor line-to-line voltage, current, speed and mean torque as a function of motor output for each operating frequency over the whole range of application of the motor. The characteristics of motors which operate at continuously variable frequency shall be plotted for the maximum and minimum frequencies only.

Characteristics of asynchronous motors shall show slip and those of synchronous motors shall show the excitation current. Voltage curves shall show the root-mean-square value of the fundamental component. Current curves shall show the root-mean-square value of the fundamental component and the total root-mean-square value. The characteristics shall take account of the additional losses arising from the supply harmonics and the efficiency at the guaranteed rating shall be stated.

Alternatively, the characteristics may be plotted as a function of speed.

NOTE Subclause 5.1 refers to the need for the exchange of information between the designers of the motor and of the converter.

6 Marking

6.1 Nameplate

All motors covered by this part of IEC 60349 shall carry a nameplate including at least the following information:

- a) Manufacturer's name.
- b) Motor type designation.
- c) Motor serial number.
- d) Year of manufacture.

Furthermore, a serial number shall be punched on both the stator and rotor of every motor, and motors designed for unidirectional rotation shall carry an arrow indicating the direction of rotation.

NOTE The motor serial number and rotation arrow should be easily readable when the motor is installed in the vehicle.

6.2 Terminal and lead marking

Terminal and lead markings shall be in accordance with IEC 60034-8 unless otherwise agreed.

7 Test categories

7.1 Test categories

7.1.1 General

There are three categories of tests:

- type tests;
- routine tests;
- investigation tests.

NOTE See Clause 1 on duplication of tests.

7.1.2 Type tests

7.1.2.1 General

Type tests are intended to prove the ratings, characteristics and performance of new types of motor. They shall be carried out on one motor of every new design. Unless otherwise agreed, the motor shall be one of the first ten manufactured. Where there is a change in place and/or method of manufacture, refer to 7.1.2.4.

Before testing commences, the manufacturer shall provide the user with a test specification outlining the tests to be undertaken to demonstrate compliance with this standard. Following completion of the type tests, the manufacturer shall supply the user with a full test report.

7.1.2.2 Type tests on converter supply

If each motor is fed by its own converter, the type test shall preferably be carried out using the converter to be employed in service, but, as an alternative, a supply which closely resembles the supply from the vehicle converter in waveform and harmonics may be employed.

If several motors are fed in parallel from a single converter, the type test shall be carried out on a single motor using a supply closely resembling the supply from the vehicle converter in waveform and harmonics.

If requested by the user, the manufacturer shall demonstrate the similarity of the test and service supplies, and shall state the likely effect on the performance of the motor of any difference between them.

Unless otherwise agreed, the type test shall be repeated if the electrical output characteristics of the converter are changed.

7.1.2.3 Type tests on sinusoidal supply

This test is to provide a reference for the characteristics of a machine.

The test shall include a temperature rise test at a rating agreed between the manufacturer and the system responsible.

Voltage, frequency, torque, ventilation and test duration can be at the manufacturers discretion, but the duration of the test must be at least 1 h and at values that do not over-stress the machine above those normally seen in service.

The test parameters shall be maintained for any subsequent test on that design of machine.

The temperature rise measurements shall be carried out as detailed in 8.1.

7.1.2.4 Repeat type test

Subject to agreement, and to the results of both the type test on sinusoidal supply (see 7.1.2.3), and the routine test being within the tolerances established on the previous motors, a full type test is not required if the manufacturer produces a full type test report, for a motor of the same electromagnetic design at the same or higher rating. This also applies to repeat orders, and where there is a change of place and/or method of manufacture.

7.1.3 Routine tests

Routine tests are intended to demonstrate that a motor has been assembled correctly, is able to withstand the appropriate dielectric tests, and is in sound working order both mechanically and electrically.

The routine tests specified in Clause 9 shall normally be carried out on all motors but, before placing an order, the user and manufacturer may agree to adopt an alternative test procedure (e.g. in the case of motors produced in large quantities under a strict quality assurance procedure). This may permit reduced routine testing of all motors or may require the full tests on a proportion of motors chosen at random from those produced on the order. Any such agreement shall require the dielectric tests specified in 9.5 to be carried out on all motors.

7.1.4 Investigation tests

Investigation tests are optional special tests performed to obtain additional information. They shall be carried out only if agreement between user and manufacturer has been reached before placing the order for manufacture of the motors. The results of these tests shall not influence acceptance of a motor unless similarly agreed.

7.2 Summary of tests

Table 1 lists the tests required for compliance with this part of IEC 60349.

Table 1 – Summary of tests

Type of motor	Test category	Subclause						
		Temperature rise	Short-time thermal test/heat run	Characteristics	Over-speed	Dielectric	Vibration	Noise
Asynchronous	Type	8.1	7.1.2.2	8.2	8.3	–	8.4	Annex C ^a
	Routine	–	9.1 ^a	9.3.1	9.4 ^a	9.5	9.6 ^a	–
Synchronous	Type	8.1	–	8.2	8.3	–	8.4	Annex C ^a
	Routine	–	9.2/9.1 ^a	9.3.2	9.4	9.5	9.6 ^a	–

All motors, including those type tested, shall be routine tested.

^a Optional tests, subject to agreement between user and manufacturer.

8 Type tests

8.1 Temperature-rise tests

8.1.1 General

The tests shall be carried out at the guaranteed ratings of the motor.

The rated mechanical output may be measured directly or indirectly at the motor shaft, or be obtained without measurement by supplying the motor at the voltage, current and frequency shown on the declared characteristics as producing the rated mechanical output.

In the case of continuous rating tests, the time to reach a steady temperature may be shortened by commencing the test at an increased load or reduced ventilation provided that the rated conditions are subsequently maintained for at least 2 h or until it is demonstrated by appropriate means that steady temperatures have been reached.

NOTE Steady temperature is defined as a change in temperature of less than 2 K during the final hour of the test.

8.1.2 Ventilation during rating tests

Motors shall be tested with the ventilation arranged as in service with all those parts which would affect the temperature rise, including any ducting and filters regarded as part of the vehicle in place, or with an arrangement giving equivalent conditions.

If cooling is by forced ventilation, the static pressure and the airflow shall be measured at the inlet to the motor so that a table giving the relationship between these two quantities may be drawn up.

In general, no cooling corresponding to that produced by the movement of the vehicle shall be provided but, in special cases, such as totally enclosed traction motors where this cooling is particularly important, it may be provided subject to agreement between user and manufacturer.

8.1.3 Measurement of temperature

The temperature shall be measured in accordance with Annex A.

8.1.4 Judgement of results

The temperature rises of the windings and slip rings at the “commencement of cooling” as defined in A.4 shall not exceed the values given in Table 2.

8.1.5 Limits of temperature rise

The different thermal classes of insulation systems are defined in IEC 60085.

Table 2 gives the permissible limits of temperature rise above the temperature of the cooling air, measured on the test bed, for windings and other parts insulated with materials of the thermal classes presently used in the construction of motors to which this part applies.

If different parts of the same machine have different thermal classes of insulation, the temperature-rise limit of each part shall be that of its individual thermal class.

Table 2 – Limits of temperature rise for continuous and other ratings

Part	Method of measurement	Thermal class of insulation system					
		130(B)	155(F)	180(H)	200	220	250
Stator windings Rotating field windings of synchronous motors	Resistance	130 K	155 K	180 K	200 K	220 K	250 K
Slip rings	Electrical thermometer	120 K	120 K	120 K	120 K	120 K	120 K
Cage rotors and damping windings	Electrical thermometer	The temperature rise shall not be sufficient to endanger any windings or other parts.					

For totally enclosed motors, the limits above are increased by 10 K.

Where the motors are directly or indirectly exposed to the heat from an engine or from any other source, the adoption of temperature rises lower than those specified in Table 2 may be agreed between user and manufacturer.

8.1.6 Short-time overload test

If short-time overload ratings are specified, they shall be verified by one or more tests carried out as follows.

At the conclusion of a previous temperature-rise test, the temperature rise at the beginning given in Table 3 may be obtained by continuing to plot the cooling curve for the critical winding until the time at which its temperature rise predicted by extrapolating the curve for a period not exceeding 5 min ahead of the last reading (see Notes 1 and 2) will reach the “start” value given in Table 3. The specified overload shall be applied at this predicted time with normal ventilation conditions and shall be maintained for the specified duration, at which point the test shall be concluded and the temperature rise measured in accordance with 8.1.3.

If the measured temperature rise is within 20 K of the final value given in Table 3, either the rated current or duration may be amended by calculation to a value estimated to give the Table 3 temperature rise. If the measured temperature rise differs from the Table 3 value by more than 20 K, the test shall be repeated with amended values of either current or duration.

Table 3 – Temperature rises for short-time overload ratings

Part		Thermal class of insulation system					
		130(B)	155(F)	180(H)	200	220	250
Stator windings Rotating field windings of synchronous motors	At start of test	85 K	100 K	120 K	130 K	140 K	155 K
	At end of test	130 K	155 K	180 K	200 K	220 K	250 K
NOTE 1 For totally enclosed motors, the temperature rises given above are increased by 10 K.							
NOTE 2 An alternative method of obtaining the starting temperature rise may be employed if agreed between manufacturer and user.							
NOTE 3 If agreed between user and manufacturer, the temperatures of other motor parts (e.g. the rotor cage, damping windings, bearings, etc.) may be measured.							

8.2 Characteristic tests and tolerances

8.2.1 General

Tests to demonstrate compliance with the specified characteristics shall be carried out by measuring the electrical input to the motor and the mechanical output from it. The output may either be measured directly or be calculated from the measured output of a driven electrical machine of known efficiency.

Alternatively, and if agreed between user and manufacturer, either the output or input of the motor being tested may be derived by summation of the losses.

Load tests shall be carried out with the motor at approximately the reference temperature to which the results shall be corrected if the correction is significant. Sufficient test readings shall be taken to enable the declared characteristics of the motor to be plotted.

The electrical input to the converter shall be measured by an agreed method, but it shall not influence the acceptance of the motor.

The electrical input to the motor may be modified from that shown in the specified characteristics by agreement between the manufacturers of the motor and its associated converter, subject to the temperature rises of all parts of the motor and converter being within their respective limits when operating at the guaranteed rating and the motor losses being within the tolerance specified in 8.2.2.

The specified excitation current of a synchronous motor may be similarly modified.

The tests shall be carried out in only one direction of rotation.

The instruments used to measure the complex waveforms of the input to the motor shall indicate the value of the current, voltage and power with sufficient accuracy to enable compliance with the specified tolerances to be demonstrated.

8.2.2 Tolerances

8.2.2.1 Traction motors

The declared torque at any electrical input in the specified characteristics between the values corresponding to the maximum torque and to 90 % of the maximum speed shall be not less than 95 % of the specified value.

The motor losses at the guaranteed rating shall not exceed the value derived from the specified characteristic by more than 15 %.

The temperature rise from the sinusoidal supply type test (see 7.1.2.3) where applicable, shall not vary by more than ± 8 % or ± 10 K, whichever is the highest, from the original type test.

8.2.2.2 Auxiliary motors

The torque shown in the declared characteristics at the guaranteed rating shall be not less than the specified value.

The current at the guaranteed rating shall not exceed the specified value.

The current to produce the specified starting torque shall not exceed the value specified to the converter manufacturer in accordance with 5.1.

8.3 Overspeed test

An overspeed type test shall be carried out on all types of converter-fed motors. Motors shall be run for 2 min when hot at 1,2 times the maximum working speed as defined in 3.16. Alternatively, rotors may be tested before assembly in the stator subject to means being provided to heat them to approximately the same temperature as that obtained at the end of the guaranteed rating test. In both cases, measurements shall be taken before and after the test to determine the extent of any distortion of the rotor.

8.4 Vibration tests

A quantitative vibration measurement is to be taken as a type test. Where a machine incorporates an integral gearbox, the gear assembly must be removed or gearbox replaced by a supporting end shield.

For vibration measurement during type test the machine can simply be placed on the test board without any mounting equipment. The velocity of vibration at machine speeds up to 3 600 rev/min shall be within the limit of 3,5 mm/s. For speed above 3 600 rev/min the velocity shall be less than 5,25 mm/s.

If the machine design has no fixed bearing the longitudinal velocity of vibration could be excluded.

For additional information see IEC 60034-14.

Measurements on variable speed machines shall be taken at a number of speeds covering the whole working range.

Vibration velocities in excess of the limiting values may arise from the resonances in the test mountings, in which case they shall be disregarded provided that they do not coincide with a

discrete working speed and that the general level of velocity over the speed range is within limits.

Should such a resonance occur at a discrete working speed, the test shall be repeated with an alternative mounting arrangement.

NOTE The effect of externally generated vibrations on the machine is outside the scope of this document. Reference should be made to IEC 61373.

9 Routine tests

9.1 General

Routine tests shall be carried out in one direction of rotation using a sinusoidal supply at power frequency or at a frequency used in service.

The use of a waveform different from sinusoidal must be agreed between the manufacturer and the user.

The frequencies used for different tests (e.g. no-load and locked rotor tests) need not be the same but, once established, they shall not be changed. The declared values for the test points shall be the average of the tests on four motors, one of which shall be the machine which has been type-tested. In order to reduce the effect of temperature variations, the tests shall be carried out in the same sequence on all motors. Efficiency measurements are not required nor are tests in the braking mode.

To confirm consistency within a series, the sinusoidal temperature rise type test (see 7.1.2.3) may be undertaken at intervals throughout the series, either randomly or at set intervals with agreement between user and manufacturer. The tolerances are as defined in 8.2.2.

9.2 Short-time heating run

This test is only applicable to wound rotor machines.

With the exception of motors that have undergone the sinusoidal type test, (see 7.1.2.3 and 9.1) each motor shall be run for a short time under conditions which produce a stator winding temperature of at least 150 °C at the end of the test.

Attainment of the temperature shall be verified by measurements on the first two motors tested. If the conditions are altered, the verification shall be repeated. Once attainment of the temperature has been verified on two motors, no further temperature measurements are required.

9.3 Characteristic tests and tolerances

9.3.1 Asynchronous motors

Asynchronous motors shall be tested under the following two conditions:

- a) At no-load at a voltage calculated to produce the maximum magnetic flux occurring in the motor at any point between 10 % and 100 % of the speed shown in the declared characteristics.

The current shall not vary from the declared value established in accordance with 9.1 by more than $\pm 10\%$.

- b) With a locked rotor at a voltage giving approximately the guaranteed rating current. This voltage shall be established on the first motor to be tested and shall be used for all subsequent tests.

The current shall not vary from the declared value established in accordance with 9.1 by more than $\pm 5\%$.

9.3.2 Synchronous motors

Synchronous motors shall be tested under the following conditions:

- a) Driven as a generator excited to produce an open-circuit voltage corresponding to the maximum magnetic flux occurring in the motor at any point on the declared characteristic.

The excitation current shall not vary from the declared value established in accordance with 9.1 by more than $\pm 15\%$.

- b) Driven on short circuit with the excitation adjusted to give the guaranteed rating current.

The excitation current shall not vary from the declared value established in accordance with 9.1 by more than $\pm 5\%$.

9.4 Overspeed tests

Overspeed routine tests shall normally be carried out only on wound rotor motors, but it may be agreed to extend them to cage-type motors or omit them altogether.

Motors subjected to an overspeed test shall be run for 2 min when hot at 1,2 times the maximum working speed as defined in 3.16. They shall then pass the dielectric tests specified in 9.5.

NOTE In carrying out the routine overspeed test, precautions (e.g. reduction of the test speed to not less than the maximum working speed) may be necessary to avoid damage to rolling bearings as a result of operating at high speed on no-load.

9.5 Dielectric tests

The tests shall normally be carried out using a.c. of near sinusoidal waveform and a frequency between 25 Hz and 100 Hz, but d.c. testing may be employed if agreed between user and manufacturer before placing an order.

The test voltage shall be applied in turn between the windings of each circuit and the frame, with the windings of all other circuits connected to the frame. The full value of the voltage shall be applied only to new motors with all their parts in place as under normal working conditions. The test shall be carried out with the motor hot immediately after completion of the routine tests specified in the preceding clauses.

The test voltage shall be the highest of the values listed in Table 4 for the chosen test method and shall be applied gradually, commencing at not more than one third of the final value. When reached, this final value shall be maintained for 60 s.

Table 4 – Dielectric test voltages

Group	Winding	Test voltage V	
1	All windings other than group 2	AC tests	$2 \times U_{dc} + 1\,000$ or $2 \times U_{rp} / \sqrt{2} + 1\,000$ or $U_{rpb} / \sqrt{2} + 1\,000$
		DC tests	$3,4 \times U_{dc} + 1\,700$ or $2,4 \times U_{rp} + 1\,700$ or $1,2 \times U_{rpb} + 1\,700$
2	Excitation windings of synchronous motors	$10 U_e$ a.c. or $17 U_e$ d.c., with a minimum of 1 500 V a.c. or 2 550 V d.c. and a maximum of 3 500 V a.c. or 5 950 V d.c.	
<p>U_{dc} is the highest mean voltage to earth which can be applied to the d.c. link when the contact system is at its maximum voltage and the machine is motoring.</p> <p>U_{rp} is the maximum repetitive peak voltage to earth which can be applied to the machine winding when the contact system is at its maximum voltage and the machine is motoring. (Repetitive peak voltage is defined in 3.14.)</p> <p>U_{rpb} is the maximum repetitive peak voltage to earth which can appear on the winding when the machine is braking.</p> <p>U_e is the maximum mean value of the excitation voltage.</p>			

If neither the d.c. link nor the motor windings are normally earth referenced, then U_{dc} , U_{rp} and U_e shall be taken as the highest voltages to earth that can appear on their respective circuits, should any point on them become connected to earth.

A lower value for repeated tests shall be agreed between user and manufacturer of the motor.

Remark: The value used to test the converter (see IEC 61287-1) shall be lower or equal to the value used to test the motor.

NOTE This subclause defines requirements for the serial test. Please consider IEC 60034-18-41 for the qualification of a winding system.

9.6 Vibration tests (imbalance)

Each machine shall be checked for vibrations associated with machine imbalance. It shall normally be adequate to demonstrate that a machine runs smoothly when mounted on the test bed and fed at the power supply frequency. Where a machine incorporates an integral gearbox, which is fitted for the rest of routine test, the vibration check above can also be undertaken with it fitted.

In applications where machine vibration is considered critical, if agreed between user and manufacturer, the tests detailed in 8.4 can be carried out on each machine.

Annex A (normative)

Measurement of temperature

A.1 Temperature of the motor parts

The temperature of insulated windings shall be measured by the resistance method, that of permanently short-circuited windings and that of slip rings by the electrical thermometer method.

No correction shall be made to the measured temperature rises if the temperature of the cooling air is between 10 °C and 40 °C during the test.

If the cooling air temperature is outside these limits during a type test, a correction to the measured temperature rises may be agreed between user and manufacturer.

Before starting a short-time test, it shall be confirmed, by either thermometer or resistance measurements, that the temperatures of the windings are within 4 K of the temperature of the cooling air. When calculating the winding temperature rises, any such difference in initial temperature up to 4 K shall be subtracted from the result if the winding is the hotter or added to it if it is the cooler.

Resistance method

In this method, the temperature rise of a winding is determined by its increase in resistance during the test.

For copper windings, the temperature rise at the end of a test is determined by the following formula:

$$\text{temperature rise} = t_2 - t_a = \frac{R_2}{R_1} (235 + t_1) - (235 + t_a)$$

where:

t_1 is the initial temperature, of the winding in degrees Celsius;

R_1 is the resistance of the winding at temperature t_1 ;

t_2 is the temperature, of the winding at the end of the test in degrees Celsius;

R_2 is the resistance of the winding at the end of the test;

t_a is the temperature of the cooling air at the end of the test in degrees Celsius.

NOTE For materials other than copper, the value 235 in the above formula should be replaced with the reciprocal of the temperature coefficient of resistance at 0 °C for the material.

Electrical thermometer method

In this method, the temperature is determined by means of electrical thermometers applied to the hottest accessible spots of the relevant parts immediately after the motor is stopped.

A.2 Temperature of the cooling air

For totally enclosed motors, the cooling air temperature shall be measured by not less than four thermometers distributed around the motor and spaced between 1 m and 2 m from them.

In all other cases, the temperature of the cooling air shall be as measured at its entry to the motor and, in the case of more than one entry point, this temperature shall be the average of the measurements at each of the points.

In all cases, the thermometers shall be protected from radiated heat and draughts so that they record the true temperature of the air entering the motor and around it. In order to avoid errors due to variations in the temperature of the cooling air, all reasonable precautions shall be taken to keep such variations to a minimum.

The temperature of the cooling air at the end of a test shall be the average of measurements taken at approximately 15 min intervals during the last hour of a continuous rating test or throughout the duration of short-time test.

A.3 Measurement of resistance

Initial cold resistance

The initial cold resistance measurement shall be carried out using the same instruments as for subsequent hot measurements but the measurement need not be repeated at the beginning of each test. The temperatures of the windings shall be taken as their surface temperature as recorded by thermometer at the time of the resistance measurement and shall not differ from the temperature of the ambient air at that time by more than 4 K.

Hot resistance

The hot resistance shall be measured as soon as practicable after stopping the motor at the end of the test. Measurement may be by the voltmeter and ammeter method (volt-ampere method), or by means of a bridge or other suitable means, but the same method shall be employed for all readings on a given winding, including the initial cold one.

If the voltmeter and ammeter method is used, the current shall be high enough to give the necessary accuracy without itself influencing the temperature rise. (In general, a value not exceeding 10 % of the rated current will meet the latter requirement.)

A.4 Stopping of motors and time of “commencement of cooling”

At the end of a test, the motor shall be stopped in as short a time as possible.

A method of braking in which the motor under test does not carry current is preferred. In this case, the “commencement of cooling” shall be the instant when the main circuits are opened immediately before braking, any separate ventilation being cut off at this instant.

If such a method is impracticable, methods in which the test motor carries current may be used provided they stop the motor quickly and the load current remains reasonably constant during the braking period. The “commencement of cooling” shall be when the load current has fallen to 80 % of the test value, at which instant the ventilation shall be cut off.

A.5 Time of the hot resistance measurement and extrapolation of the cooling and heating curves

Resistance measurements of each winding shall commence not later than 45 s after the “commencement of cooling” and shall be continued for at least 5 min.

The time between successive measurements on each winding shall not exceed 20 s during the first 3 min and 30 s thereafter.

For large motors for which it is not possible to stop in time for measurements to commence within 45 s, special braking arrangements and an extension of time to not more than 2 min shall be agreed between user and manufacturer.

The temperature rises calculated from these readings shall be plotted as a function of time using a logarithmic scale for temperature and a linear scale for time. The resulting curve shall be extrapolated to the time of “commencement of cooling” to give the temperature rise at the end of the test.

Annex B (normative)

Conventional values of traction motor transmission losses

If conventional values of traction motor transmission losses are included in the efficiency calculation they shall be in accordance with figure B.1.

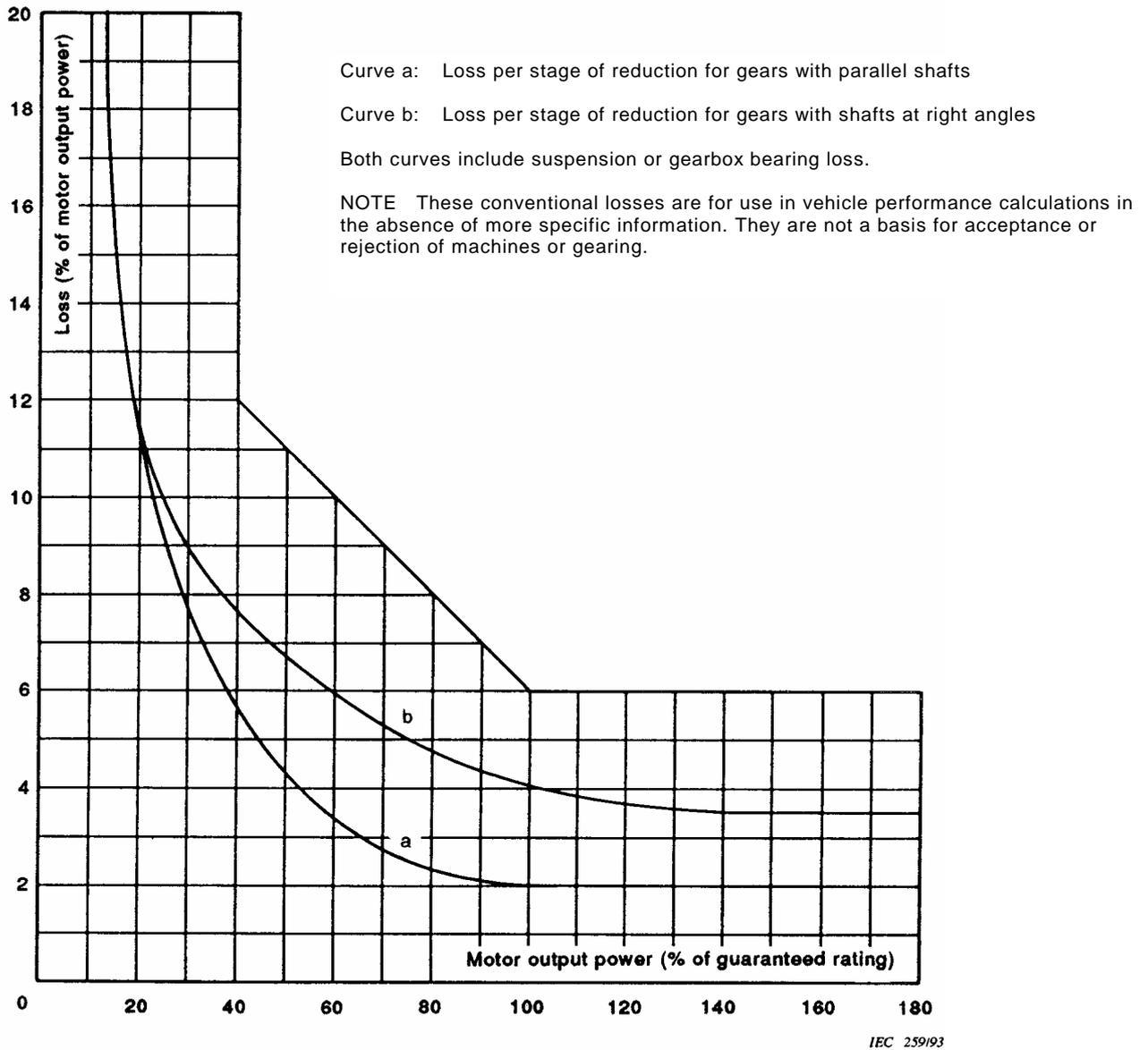


Figure B.1 – Conventional values of traction motor transmission losses

Annex C (informative)

Noise measurement and limits

C.1 Noise measurement

If noise measurement is required, this should be specified by the user and carried out on one machine only from the order. If however, a test record showing that the noise requirements have been met on an identical machine, constructed on a previous occasion, using the test method detailed in this Annex, or a previous edition of IEC 60349, is deemed acceptable to the user, this may be regarded as meeting the requirement for noise measurement.

- a) Sound pressure level measurement and calculation of sound power level produced by the machine shall be made in accordance with Clauses C.5 to C.6, unless one of the alternative methods specified in C.1 c) applies.
- b) The maximum sound power levels and the correction for pure tones are specified in Clauses C.7 and C.8.
- c) When appropriate, one of the methods of precision or engineering grade accuracy, such as the methods of ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3743-2, ISO 3744, ISO 3745, ISO 9614-1 or ISO 9614-2 may be used to determine sound power levels.
- d) The simpler but less accurate method specified in ISO 3746 or ISO 3747 may be used, especially when the environmental conditions required by ISO 3744 cannot be satisfied.

However, to provide compliance with this standard, unless a correction due to inaccuracy of the measurement has already been applied to the values determined by this method in accordance with ISO 3746 or ISO 3747, the levels of Table C.1 shall be decreased by 2 dB.

- e) If testing under rated load conditions, the methods of ISO 9614 are preferred. However, other methods are allowed when the load machine and auxiliary equipment are acoustically isolated or located outside the test environment.

C.2 Terms and definitions

For the purposes of this Annex the following terms and definitions apply.

C.2.1

sound pressure level

sound pressure level L_p , expressed in decibels as

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

where

p is the measured sound pressure;

p_0 is the reference sound pressure expressed in the same units as p .

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa or } 20 \text{ } \mu\text{Pa}$$

C.2.2 sound level

reading given by a sound level meter complying with IEC 61672

C.2.3 noise spectrum

spectrum showing the sound pressure level distribution throughout the frequency range. The appearance of the spectrum depends on the bandwidth characteristics of the analyser used

C.2.4 band pressure level

for a specified frequency band, the effective sound pressure level corresponding to the sound energy contained within the band

C.2.5 sound power level

sound power level L_w is expressed in decibels as

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$$

where

W is the measured sound power;

W_0 is the reference sound power expressed in the same unit as W

$$W_0 = 10^{-12} \text{ W (or 1 pW)}$$

NOTE L_{WA} is a weighted sound power level determined in such a manner that the acoustic power level in each of the frequency bands is weighted according to the A scale.

C.2.6 prescribed path

imaginary line around the machine as detailed in this annex and along which the measurement points are located

C.2.7 equivalent hemisphere

hypothetical hemisphere surrounding the machine on which the measurements are assumed to be made, its radius being denoted by r_s

C.3 Test conditions

C.3.1 Preparation of the machine

Structure-borne vibrations from a machine to its mounting, or other parts of the test room, can influence the sound pressure level in the test room. Such effects should be minimised, for example by mounting the machine on suitably designed resilient mountings.

The machine is fully assembled with all covers in position and is not coupled to any other equipment. Traction motors are tested without their associated gears.

Separately ventilated machines are tested with their normal airflow but the ventilation fan is arranged so that its own noise does not significantly affect the results.

C.3.2 Operating conditions

The machine should be run on no-load at its normal operating speed or, if there is a speed range, at the maximum working speed of the application. A machine designed to operate at two or more discrete speeds should be tested at each of those speeds. A reversible machine should be tested in both directions of rotation.

C.3.3 Background noise

The results of the measurement at each measuring point should be corrected for the effects of any background noise i.e. any noise at the points of measurement other than that of the machine being tested. It also includes the noise of any test equipment.

The background noise reading when the machine is not on test should be determined, for each octave band, at the same points as for the test. The readings at each point with the machine on test ought to exceed those due to the background noise alone by at least 10 dB. When the differences are less than 10 dB, corrections as given Table C.1 should be applied.

Table C.1 – Corrections

Increase in level produced by the machine dB	Decibels to be subtracted from the measured values
3	3
4 to 5	2
6 to 9	1

When corrections of 3 dB are applied, the corrected levels should be reported in brackets.

When the increase is less than 3 dB, measurements in general cease to have any significance.

C.4 Measuring instruments

C.4.1 Grade

The sound level meter should be type 1 as specified in IEC 61672.

Any filters used for noise analyses should be class 1 as specified in IEC 61260.

C.4.2 Calibration of measuring equipment

The overall acoustical performance of the complete measuring equipment should be checked, and any specified adjustments made, immediately before each series of machine noise measurements and re-checking should be carried out immediately after.

These site checks should be augmented by detailed laboratory calibrations of the whole measuring equipment carried out at least once every two years.

C.4.3 Location of instruments and observer

Any measuring amplifiers or filters should be at least 0,3 m and the observer should be at least 1 m from the microphone to reduce errors due to reflections.

When the noise radiated from a machine has marked directivity, measurement of the machine noise under semi-reverberant conditions should be regarded as an approximate method of machine noise measurement.

C.5 Method of measurement

C.5.1 Method

For all machines, measurements should be made on the prescribed paths, shown in Figure C.2 or C.3.

For machines having a maximum linear dimension l (excluding shaft) equal to or exceeding 0,25 m, these rectilinear paths are, at their nearest point, 1 m from the surface of the machine.

For cases where l is less than 0,25 m, these rectilinear paths are, at their nearest points, at a distance d from the surface of the machine between $4l$ and 1 m but not less than 0,25 m.

For all horizontal machines, the prescribed path parallel to the reflecting ground plane should be at shaft height or 0,25 m above the ground, whichever is the greater (see Figure C.2).

For vertical machines, the prescribed path parallel to the reflecting ground plane should be at half the height of the machine but not less than a height of 0,25 m (see Figure C.3).

In all cases, the prescribed path in the vertical plane should be in the plane of the shaft.

C.5.2 Location of measuring points

The position of the measuring points around the prescribed paths given should be as indicated in Figures C.2 and C.3, the measuring points being marked off at successive intervals of 1 m commencing at the five key measuring points in Figures C.2 and C.3.

C.5.3 Quantities to be determined

From the measurements required in C.5.1, the following quantities should be determined at each measurement point:

- a) sound level in dB (A);
- b) pressure levels in octave bands centred on 125 Hz to 4 000 Hz with the sound level meter set to linear response, or (C) weighting, where linear response is not available.

C.6 Calculation

C.6.1 Measurement corrections

The results of the measurement at each measuring point should be corrected for the effects of any *background noise* i.e. any noise at the points of measurement other than that of the machine being tested. It also includes the noise of any test equipment (see C.3.3).

C.6.2 Calculation of the mean levels

The mean sound level and band mean sound pressure levels should be calculated from the results of the measurement at all the test positions (after correction according to C.6.1), by averaging according to the equation:

$$L_{p(M)} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \left(\text{antilog}_{10} \frac{L_{p(1)}}{10} + \text{antilog}_{10} \frac{L_{p(2)}}{10} + \dots + \text{antilog}_{10} \frac{L_{p(n)}}{10} \right) \right] \text{ dB}$$

where

$L_{P(M)}$ is the mean sound level (A) (or band mean pressure level) in decibels;

$L_{P(1)}$ is the sound level (A) (or band pressure level) in decibels at the first position;

$L_{P(n)}$ is the sound level (A) (or band pressure level) in decibels at the n^{th} position;
 n is the number of measuring positions.

When the readings in dB at the various test positions do not differ by more than 5 dB, a simple arithmetic average of the dB readings will give a result differing not more than 0,7 dB from that given by the equation above.

C.6.3 Calculation of the radius and area of the equivalent hemisphere

For the purpose of the calculation of the mean levels at the reference radius, the measurements made along the prescribed paths of Figures C.2 and C.3 should be assumed to have been made over a hemisphere of radius

$$r_s = \left[\frac{a(b+c)}{2} \right]^{0,5}$$

where a , b and c are as shown in Figures C.2 and C.3.

The area of this equivalent hemisphere is given by

$$S = \pi a (b + c)$$

NOTE The area of the equivalent hemisphere with radius r_s as specified is somewhat smaller than the surface area denoted by the paths of measurement.

C.6.4 Calculation of the approximate octave band power levels

The octave band power levels can be deduced from the octave band mean pressure levels by taking into account the influence of the test room on the measured mean sound pressure levels.

This effect can be determined by using a small broad band reference sound source (some types of aerodynamic noise source may not be suitable), of known acoustic power W_r .

NOTE If the machine on test is sufficiently small and of broad band noise character, it may be taken as a reference source.

The determination of the sound power W_r of the reference source (in octave bands) should first be carried out by the method of C.5.1.

The reference sound source should then be substituted for the machine on test in the semi-reverberant room and the octave band mean sound pressure levels deduced from the measurements at the same measuring points as for the machine on test.

The octave band sound power levels of the machine on test can then be determined from the equation:

$$10\log_{10} \frac{W}{W_0} = 10\log_{10} \frac{W_r}{W_0} + 20\log_{10} \frac{p_M}{p_0} - 20\log_{10} \frac{p_{Mr}}{p_0}$$

$$\text{or } L_W = L_{W(r)} + L_{p(M)} - L_{p(Mr)}$$

where

L_W is the octave band power level of the machine under test;

$L_{W(r)}$ is the specified octave band power level of the reference source;

$L_{p(M)}$ is the measured octave band mean pressure level of the machine on test;

$L_{p(Mr)}$ is the measured octave band mean pressure level of the reference source.

C.6.5 Calculation of (A) weighted sound power level

From the band power levels obtained in accordance with C.6.4, calculate the approximate (A) weighted sound power level in accordance with the method of C.6.7, reading power level in place of pressure level.

C.6.6 Calculation of the octave band approximate mean sound pressure level

The octave band free field mean pressure levels at the reference radius of 3 m may be deduced by subtracting 18 dB from the octave band power level calculated according to C.6.4.

C.6.7 Calculation of the mean sound level (A)

The mean sound level (A) at the reference radius of 3 m can be computed from the octave band pressure levels of C.6.6.

- a) Apply to the octave band sound pressure level values of C.6.6 the following weighting corrections of Table C.2.

Table C.2 – Corrections

Octave band centred on Hz	Correction dB
125	–16
250	–9
500	–3
1 000	0
2 000	+1
4 000	+1

- b) Sum these octave band weighted sound pressure levels according to the equation below:

$$L_{A(M)} = 10 \log_{10} \left[\text{antilog}_{10} \frac{L_{p(01)}}{10} + \text{antilog}_{10} \frac{L_{p(02)}}{10} + \dots + \text{antilog}_{10} \frac{L_{p(06)}}{10} \right]$$

where

$L_{A(M)}$ is the mean sound level (A) in decibels;

$L_{p(01)}$ is the first octave band weighted sound pressure level;

$L_{p(06)}$ is the sixth octave band weighted sound pressure level.

C.7 Correction for pure tones

To determine the presence of pure tones, a frequency scan using a FFT analysis should be carried out at the measuring position having the highest sound pressure level.

If this indicates the presence of one or more pure tones in any octave centred between 250 Hz and 4 000 Hz, it should be regarded as significant only if the sound pressure level L_p of the one-third octave band containing the tone frequency is more than 5 dB above the average of the levels L_{p-1} , L_{p+1} of the two adjacent one-third octaves. In such cases, the sound power level derived from the measurements should be increased by the appropriate dB correction from Table C.3. If more than one octave contains significant pure tones, the amount to be added should be the greatest of the individual dB corrections.

$$\Delta L = L_p - \frac{L_{p-1} + L_{p+1}}{2}$$

Table C.3 – Correction for pure tones

Decibel above average	Correction dB
$5 < \Delta L \leq 6$	3
$6 < \Delta L \leq 8$	4
$8 < \Delta L \leq 10$	5
$\Delta L > 10$	6

C.8 Noise limits

The maximum recommended sound power level for a traction motor, including any correction for pure tones, is given in Figure C.1 for traction motors and by IEC 60034-9 for other types of auxiliary motors.

The recommended limits are those which can be expected for motors which follow normal traction design and construction standards. If lower values are required, the weight of the motor and the complexity of its enclosure may be expected to increase.

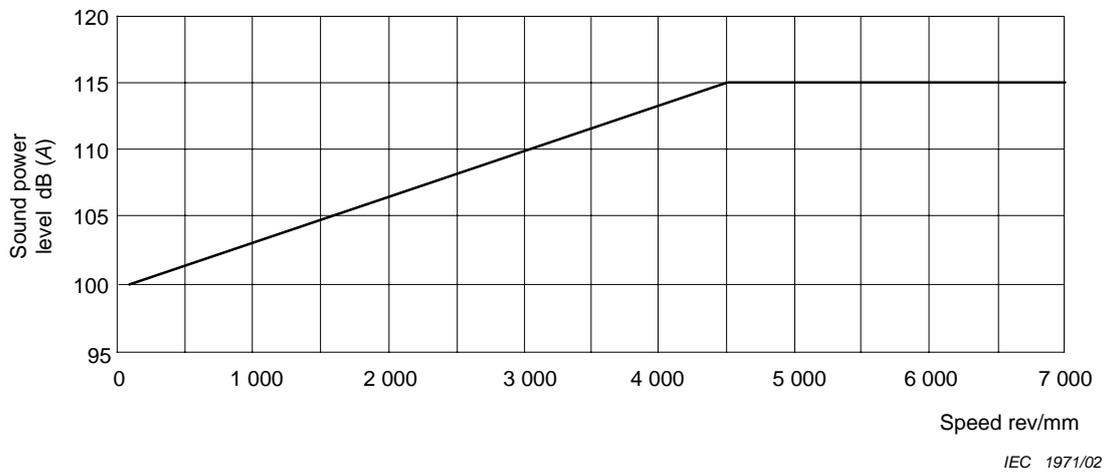
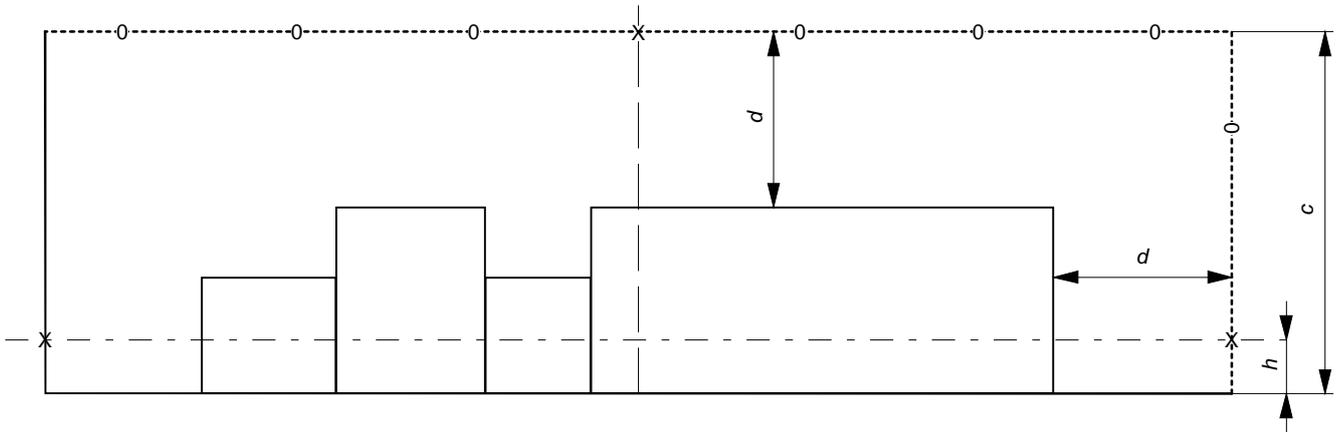
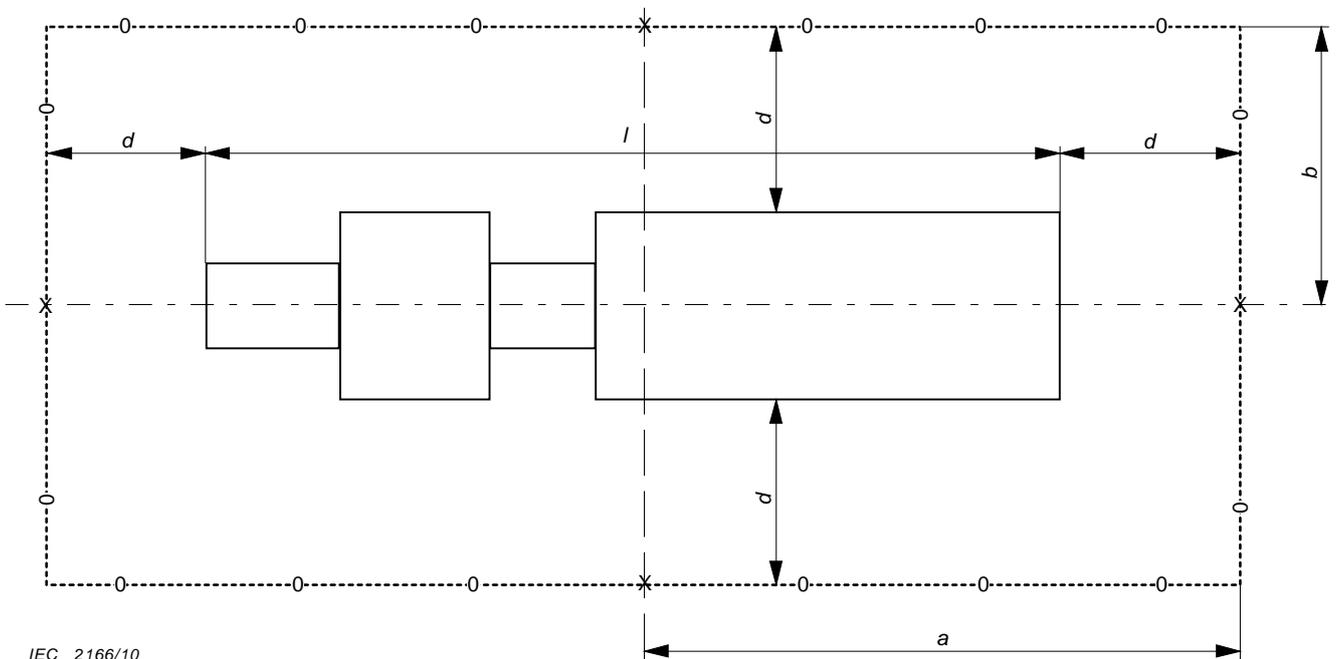


Figure C.1 – Limiting mean sound power level for airborne noise emitted by traction motors



IEC 1562/99

Figure C.2 a) – Prescribed path in vertical plane



IEC 2166/10

Figure C.2 b) – Prescribed path in the horizontal plane (at height h above reflecting plane)

l m	d m
$\geq 0,25$	1
$< 0,25$	$4 l \leq d \leq 1$ $d > 0,25$

Key

h shaft height or 0,25 m, whichever is greater

X key measuring points

0 other measuring points marked off at intervals of 1 m from key points

Figure C.2 – Location of measuring points and prescribed paths for horizontal machines

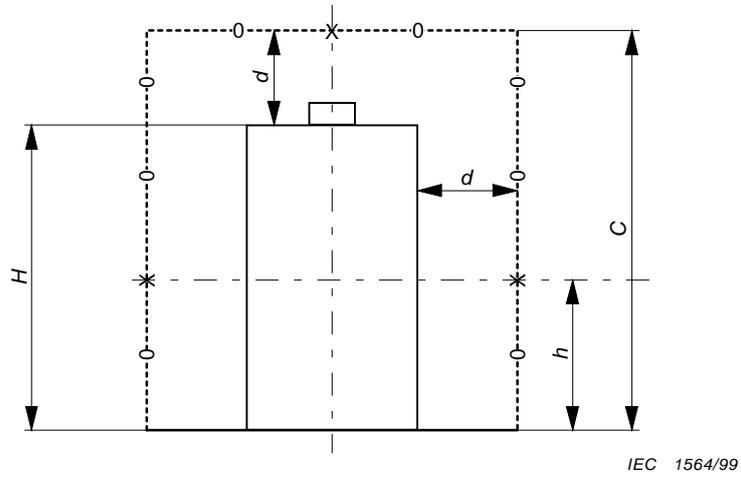


Figure C.3 a) – Prescribed path in the vertical plane

l m	d m
$\geq 0,25$	1
$< 0,25$	$4 l \leq d \leq 1$ $d > 0,25$

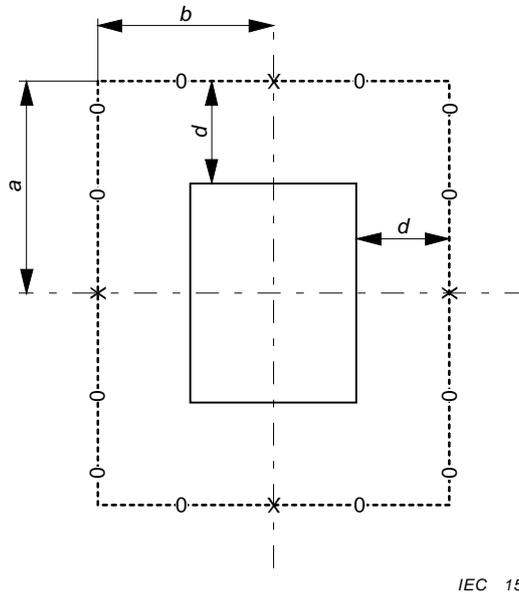


Figure C.3 b) – Prescribed path in the horizontal plane
(at height h above reflecting plane)

Key

h $H/2$ but not less than 0,25 m

X key measuring points

0 other measuring points marked off at intervals of 1 m from key points

Figure C.3 – Location of measuring points and prescribed paths for vertical machines

Annex D (normative)

Supply voltages of traction systems

The nominal, lowest and highest voltages of the traction supply system shall be specified by the user. They should preferably be the standard values which have been adopted in IEC 60850.

The nominal voltage is the basis of motor ratings and characteristics and for the calculation of vehicle performance.

Performance at other than nominal voltage may vary inherently or may be controlled to reduce such a variation, but the holding of constant performance over a wide range of system voltage is not generally desirable.

Auxiliary motors shall have adequate performance to permit operation of the vehicle with the auxiliary supply voltage at any value within the specified limits but it may be acceptable to limit the duration of operation at the minimum voltage.

Annex E (normative)

Agreement between user and manufacturer

E.1 Special requirements of the user to be specified and agreed with the manufacturer

Clause/Subclause	Subject
4	Exceptional environmental conditions.
5.3	Supply voltage of the specified characteristics.
7.1.2.2	Similarity of test and service power supplies.
7.1.4	Investigation tests.
8.1.6	Specification of short-time overload tests.
Annex C	Noise tests.
Annex D	Supply voltage values.

E.2 Special requirements of the manufacturer to be specified and agreed with the user

Clause/Subclause	Subject
1	Duplication of tests.
5.4	Declared characteristics different from existing ones.
7.1.2.1	Type test specification and report.
7.1.2.4	Exemption from or reduction of type test.
7.1.3	Alternative routine test procedure.
8.1.2	Special external cooling arrangements.
8.1.6	Alternative short-time overload test method and additional temperature measurements (if this test is specified by the user).
A.5	Special braking arrangements and extension of time for the first resistance measurement.

E.3 Other special requirements which may be the subject to an agreement between user and manufacturer

Clause/Subclause	Subject
6.2	Terminal and lead markings not in accordance with IEC 60034-8.
9.1	Use of waveform.
9.1	Additional sinusoidal temperature rise tests.
9.4	Routine overspeed tests.
9.5	Employment of d.c. testing for dielectric test.
9.6	Quantitative vibration tests.

Bibliography

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

IEC 60034-2-1, *Rotating electrical machines – Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)*

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification*

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 60034-18-41, *Rotating electrical machines – Part 18-41: Qualification and type tests for Type I electrical insulation systems used in rotating electrical machines fed from voltage convertors*

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

IEC 61260, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters*

IEC 61287 (all parts), *Railway applications – Power converters installed on board rolling stock*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61377-1, *Railway applications – Rolling stock – Part 1: Combined testing of inverter-fed alternating current motors and their control system*

IEC 61377-3, *Railway applications – Rolling stock – Part 3: Combined testing of alternating current motors, fed by an indirect convertor, and their control system*

ISO 3741, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for reverberation rooms*

ISO 3743-1, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 1: Comparison method for hard-walled test rooms*

ISO 3743-2, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 2: Methods for special reverberation test rooms*

ISO 3744, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane*

ISO 3745, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic and hemi-anechoic rooms*

ISO 3746, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 3747, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Comparison method in situ*

ISO 9614-1, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

ISO 9614-2, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 2: Measurement by scanning*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	40
1 Domaine d'application et objet	42
2 Références normatives	43
3 Termes et définitions	43
4 Conditions d'environnement	45
5 Caractéristiques.....	46
5.1 Echange d'informations	46
5.2 Température de référence	46
5.3 Caractéristiques spécifiées	46
5.4 Caractéristiques de base	46
5.5 Caractéristiques de rendement	47
5.6 Caractéristiques des moteurs de traction	47
5.7 Caractéristiques des moteurs auxiliaires	47
6 Marquage	47
6.1 Plaque signalétique	47
6.2 Marquage des câbles et des bornes.....	48
7 Catégories d'essai	48
7.1 Catégories d'essai	48
7.1.1 Généralités	48
7.1.2 Essais de type	48
7.1.3 Essais de série	49
7.1.4 Essais d'investigation.....	49
7.2 Résumé des essais	49
8 Essais de type	50
8.1 Essais d'échauffement.....	50
8.1.1 Généralités	50
8.1.2 Ventilation pendant les essais au régime assigné	50
8.1.3 Mesure de température	51
8.1.4 Appréciation des résultats.....	51
8.1.5 Limites d'échauffement.....	51
8.1.6 Essai de surcharge de courte durée	51
8.2 Relevé des caractéristiques et tolérances	52
8.2.1 Généralités	52
8.2.2 Tolérances.....	53
8.3 Essai de survitesse.....	53
8.4 Essais de vibration	53
9 Essais de série	54
9.1 Généralités.....	54
9.2 Essai de courte durée à chaud.....	54
9.3 Relevé des caractéristiques et tolérances	54
9.3.1 Moteurs asynchrones.....	54
9.3.2 Moteurs synchrones.....	55
9.4 Essais de survitesse.....	55
9.5 Essais diélectriques.....	55
9.6 Essais de vibration (balourd).....	56
Annexe A (normative) Mesure de température	57

Annexe B (normative) Valeurs conventionnelles des pertes des transmissions des moteurs de traction	60
Annexe C (informative) Mesure du bruit et limites	61
Annexe D (normative) Tension d'alimentation des réseaux de traction	71
Annexe E (normative) Accord entre exploitant et constructeur	72
Bibliographie	73
Figure B.1 – Valeurs conventionnelles des pertes dans les transmissions des moteurs de traction.....	60
Figure C.1 – Limite de niveau de puissance acoustique moyen de bruit aérien généré par les moteurs de traction.....	68
Figure C.2 – Situation des points de mesure et contours prescrits pour des machines à axe horizontal	69
Figure C.3 – Situation des points de mesure et contours prescrits pour une machine à axe vertical	70
Tableau 1 – Résumé des essais.....	50
Tableau 2 – Limites d'échauffement pour les régimes continus assignés ou autres régimes assignés	51
Tableau 3 – Limites d'échauffement pour les régimes de surcharge de courte durée assignés	52
Tableau 4 – Tensions d'essai diélectrique	56
Tableau C.1 – Corrections.....	63
Tableau C.2 – Corrections.....	67
Tableau C.3 – Correction pour sons purs.....	67

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs électroniques

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 Norme internationale CEI 60349-2 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

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

Les principales modifications techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- Etant donné que les limites des vitesses de vibration ont été modifiées dans la CEI 60034-14, les limites valables pour les moteurs de traction sont maintenant directement spécifiées dans cette norme.

- En plus de la méthode existante pour mesurer et calculer le niveau de puissance acoustique, les méthodes décrites dans les ISO 3741, ISO 3743, ISO 3744, ISO 3745, ISO 9614 sont également autorisées. Cependant, les niveaux maximaux de puissance acoustique et la correction des sons purs restent inchangés dans les Articles C.7 et C.8.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1416/FDIS	9/1466/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/CEI, Partie 2.

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.

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 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs électroniques

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60349 s'applique aux moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur qui font partie de l'équipement des véhicules ferroviaires et routiers à propulsion électrique.

L'objet de cette partie est de permettre de vérifier, par des essais, les performances d'un moteur, de servir de base à l'estimation de son aptitude à assurer un service donné, et de fournir une base de comparaison avec d'autres moteurs.

Lorsque des essais supplémentaires doivent être réalisés conformément à la CEI 61377-1 et la CEI 61377-3, il peut être préférable de réaliser certains essais de type et d'investigation sur le banc d'essai combiné afin d'éviter des redondances.

L'attention est attirée sur la nécessité de collaboration entre les concepteurs du moteur et du convertisseur qui lui est associé, comme cela est indiqué en détail en 5.1.

NOTE 1 La présente partie s'applique également aux moteurs installés sur les remorques attelées aux véhicules moteurs.

NOTE 2 Les exigences de base de la présente partie peuvent s'appliquer aux moteurs des véhicules à usage spéciaux comme les locomotives de mine, mais cette partie ne couvre pas les dispositifs antidéflagrants ou autres équipements spéciaux qui pourraient être prescrits.

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

NOTE 4 Les moteurs industriels conformes à la CEI 60034 peuvent convenir pour certaines fonctions auxiliaires, pourvu qu'il soit démontré que le fonctionnement en alimentation par convertisseur satisfait aux exigences de l'application considérée.

Le régime assigné de moteurs de traction alimentés en parallèle par un convertisseur commun doit tenir compte des effets de la différence de diamètre des roues et des caractéristiques des moteurs sur la répartition des charges entre elles, ainsi que du transfert de charge lors d'un fonctionnement à fort coefficient d'adhérence. L'exploitant doit être informé de la différence maximale admissible de diamètre des roues pour l'application considérée.

L'alimentation électrique à l'entrée des moteurs concernés par la présente partie provient d'un convertisseur électronique.

NOTE 5 Au moment de la rédaction de la présente partie, seules les combinaisons de moteurs et de convertisseurs dont la liste est donnée ci-dessous ont été utilisées pour des applications de traction, mais il se peut qu'elle s'applique à d'autres combinaisons qui peuvent être utilisées à l'avenir:

- moteurs asynchrones alimentés par des convertisseurs source de tension;
- moteurs asynchrones alimentés par des convertisseurs source de courant;
- moteurs synchrones alimentés par des convertisseurs source de courant.

Les moteurs couverts par la présente partie sont classés comme suit:

- a) Moteurs de traction – Moteurs utilisés pour la propulsion des véhicules ferroviaires ou routiers.
- b) Moteurs auxiliaires non couverts par la CEI 60034 – Moteurs utilisés pour l'entraînement de compresseurs, ventilateurs, générateurs auxiliaires et autres machines auxiliaires.

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 s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et performances*

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 60034-17, *Machines électriques tournantes – Partie 17: Moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs – Guide d'application*

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

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

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

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

CEI 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

CEI 61672, *Electroacoustique – Sonomètres*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-131, la CEI 60050-151, la CEI 60050-411 et la CEI 60050-811, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

régime assigné d'un moteur

ensemble des valeurs simultanées des grandeurs électriques et mécaniques, associées à leur durée et à leur ordre de succession, attribuées au moteur par le constructeur

3.2

valeur assignée

valeur numérique de toute grandeur mentionnée dans un régime assigné

3.3 régime continu assigné

puissance mécanique que le moteur peut délivrer au banc d'essai pour une durée illimitée, dans les conditions spécifiées en 8.1 sans dépasser les limites d'échauffement données au Tableau 2, toutes les autres exigences de la présente partie étant également satisfaites

NOTE Plusieurs régimes continus assignés peuvent être spécifiés.

3.4 régime de courte durée assigné (par exemple une heure)

puissance mécanique que le moteur peut délivrer au banc d'essai pendant la durée fixée, sans dépasser les limites d'échauffement données au Tableau 2, l'essai étant effectué dans les conditions spécifiées en 8.1 avec le moteur froid au démarrage, toutes les autres exigences de la présente partie étant également satisfaites

3.5 régime de surcharge de courte durée assigné

puissance mécanique que le moteur peut délivrer au banc d'essai pendant la durée fixée, sans dépasser les limites d'échauffement indiquées au Tableau 3, l'essai étant commencé et mené dans les conditions spécifiées en 8.1.6

NOTE Les régimes de surcharge de courte durée assignés concourent à déterminer l'aptitude des moteurs à assurer des services qui comprennent des périodes d'utilisation de durées relativement longues à un régime inférieur au régime continu assigné, suivies de périodes assignées à un régime supérieur à celui-ci. Ces fonctionnements sont caractéristiques de ceux se produisant sur des locomotives. Ils ne sont pas applicables à des cycles répétitifs de courte charge tels que ceux que l'on peut rencontrer dans les transports urbains et similaires. Il convient de ne pas les prescrire pour de telles applications.

3.6 régime intermittent assigné

cycle de charge pour lequel le moteur peut fonctionner sans que l'échauffement d'aucun point ne dépasse les limites données au Tableau 2

3.7 régime équivalent assigné

régime continu assigné caractérisé par des valeurs constantes de la tension, du courant et de la vitesse, et considéré, du point de vue échauffement, comme équivalent au cycle de charge intermittent que le moteur doit supporter en service

NOTE Il convient que ce régime assigné soit convenu entre l'exploitant et le constructeur.

3.8 régime assigné garanti

régime assigné garanti par le constructeur pour les besoins des essais

3.9 régime assigné garanti d'un moteur de traction

normalement le régime continu assigné mais, dans des cas spéciaux, constructeur et exploitant peuvent convenir qu'il s'agit d'un régime de courte durée assigné ou d'un régime intermittent assigné

3.10 régime assigné garanti d'un moteur auxiliaire

régime continu assigné sauf spécification contraire

3.11 tension assignée

valeur efficace du fondamental de la tension appliquée entre phases du moteur lorsqu'il fonctionne à un régime assigné garanti.

NOTE Pour les moteurs alimentés directement ou indirectement à partir d'une ligne de contact, la tension assignée est en général la tension la plus élevée (en excluant les transitoires) qui peut être appliquée au moteur quand il prélève son courant assigné, sous la tension nominale de la ligne de contact, comme elle est définie dans l'Annexe D.

3.12

vitesse assignée

vitesse à un régime assigné garanti

3.13

tension maximale

plus grande valeur efficace du fondamental de la tension entre phases de l'alimentation que le moteur est appelé à supporter en service

3.14

tension de crête répétitive

valeur de crête de la forme d'onde de la tension de sortie du convertisseur, sans prendre en considération les crêtes aléatoires provenant des transitoires de la tension de la ligne ou de toute autre cause

3.15

courant maximal

valeur maximale du courant porté sur la caractéristique spécifiée telle qu'elle est définie en 5.3

3.16

vitesse maximale d'utilisation

3.16.1

vitesse maximale d'utilisation d'un moteur de traction

plus grande vitesse de rotation du moteur attribuée par le constructeur

NOTE Si le moteur est destiné à équiper un véhicule dont les caractéristiques sont spécifiées, cette vitesse n'est pas inférieure à celle qui correspond à la vitesse maximale d'utilisation du véhicule, en admettant que le diamètre des roues motrices correspond à l'état usé dans le cas de roues métalliques ou est égal au diamètre minimal de roulement dans le cas de pneumatiques.

3.16.2

vitesse maximale d'utilisation d'un moteur auxiliaire

plus grande vitesse de rotation fixée par le constructeur

NOTE Pour des applications spécifiques, il convient de tenir compte, pour fixer la vitesse maximale, des conditions les plus défavorables de tension, fréquence, charge, etc. qui peuvent exister en service.

4 Conditions d'environnement

Sauf spécification contraire de l'exploitant, on admet que les conditions d'environnement sont les suivantes:

a) Altitude

L'altitude au-dessus du niveau de la mer ne dépassant pas la Classe A3 selon la CEI 62498-1.

b) Température

La température de l'air à l'ombre: Classe T1 selon la CEI 62498-1.

Si les moteurs sont appelés à fonctionner dans des régions où l'une de ces limites ou les deux sont dépassées, des exigences spéciales peuvent être adoptées après accord entre l'exploitant et le constructeur. Pour plus d'informations, se référer à la CEI 60034-1.

De plus, le constructeur doit être informé par l'exploitant de toute condition d'environnement particulièrement sévère telle que poussière, humidité, température, neige, effets dynamiques, etc., dans lesquelles les moteurs sont destinés à fonctionner.

5 Caractéristiques

5.1 Echange d'informations

Les concepteurs du moteur et du convertisseur doivent collaborer pour fournir toutes les informations techniques nécessaires pour permettre à l'ensemble de satisfaire aux exigences de la présente partie de la CEI 60349.

Pour remplir cette exigence, le concepteur du moteur doit fournir au concepteur du convertisseur toutes les informations nécessaires à l'évaluation complète de l'interaction entre le moteur et le convertisseur.

Le concepteur du convertisseur doit aussi fournir au concepteur du moteur les caractéristiques montrant par exemple la tension de sortie entre phases du convertisseur (comprenant les crêtes de tensions répétitives), le courant, la fréquence fondamentale, les harmoniques et la puissance sur toute la plage de fonctionnement de l'application, en incluant le fonctionnement aux valeurs maximale et minimale de la tension de ligne du système.

Les documents qui enregistrent cet échange d'informations doivent constituer une partie intégrante de la spécification du moteur et du convertisseur.

NOTE 1 Pour plus d'informations, se référer à la CEI 61287, 5.3.1.1.

NOTE 2 Il convient de prendre en considération la longueur du câblage entre le moteur et le convertisseur ainsi que les effets des crêtes de tension observées aux bornes du moteur.

NOTE 3 Pour plus d'informations concernant les fronts d'onde et l'impact sur le moteur, voir la CEI 60034-17.

5.2 Température de référence

Toutes les caractéristiques, quelle que soit la classe thermique du système d'isolation utilisé pour le moteur, doivent être tracées pour une température de bobinage de référence de 150 °C qui doit être portée sur la caractéristique.

5.3 Caractéristiques spécifiées

Les spécifications du moteur doivent inclure en général les courbes caractéristiques respectant les articles pertinents de la présente partie. Ces courbes définies comme les "caractéristiques spécifiées" doivent être tracées jusqu'aux limites de fonctionnement pour chaque variable. Sauf accord contraire entre exploitant et constructeur, les caractéristiques doivent représenter les performances de la machine à la tension nominale du réseau d'alimentation définie en Annexe D, et doivent être soumises à l'exploitant avant que la commande ne soit enregistrée.

5.4 Caractéristiques de base

A la fin des essais de type pratiqués suivant 8.2.1, on obtient à partir des résultats, des "caractéristiques de base" qui doivent satisfaire aux exigences de 8.2.2.

Sauf accord préalable, les caractéristiques de base des moteurs électromagnétiquement identiques à tout moteur fabriqué antérieurement pour le même exploitant ou la même application doivent être celles du moteur existant. Dans ce cas, la conformité des caractéristiques doit être démontrée par des essais de série seulement.

5.5 Caractéristiques de rendement

Les caractéristiques de rendement doivent tenir compte des pertes provenant des harmoniques de l'alimentation fournie par le convertisseur. La puissance prélevée pour l'excitation des moteurs synchrones doit également être incluse dans les pertes, sauf si on en tient compte d'une autre façon (par exemple comme une puissance auxiliaire), auquel cas son omission doit être mentionnée sur la caractéristique.

5.6 Caractéristiques des moteurs de traction

Les caractéristiques spécifiées et de base d'un moteur de traction doivent être les caractéristiques en alimentation par convertisseur à fréquence variable qui doivent représenter la tension entre phases, le courant, la fréquence, le couple moyen et le rendement, en fonction de la vitesse sur toute la plage d'utilisation du moteur. Les caractéristiques d'un moteur asynchrone doivent mentionner le glissement et celles d'un moteur synchrone le courant d'excitation. La tension portée sur les courbes doit être la valeur efficace de la composante fondamentale. Les courbes de courant doivent inclure la valeur efficace de la composante fondamentale et la valeur efficace totale. Des caractéristiques semblables doivent être tracées pour les moteurs utilisés en freinage. Elles doivent représenter le couple d'entrée et la puissance électrique de sortie en fonction de la vitesse du moteur.

NOTE 1 Le paragraphe 5.1 fait référence à la nécessité d'échange d'informations entre le concepteur du moteur et celui du convertisseur.

Les caractéristiques peuvent représenter en variante l'effort de traction au rail et la vitesse du véhicule. Dans ce cas, on doit mentionner le rapport d'engrenage, le diamètre des roues et les pertes de la transmission. Si on utilise pour ces dernières des valeurs conventionnelles, elles doivent être en accord avec la Figure B.1.

NOTE 2 L'Article 1 fait référence à la nécessité de tenir compte des effets des différences de diamètre de roues pour les moteurs alimentés en parallèle et du transfert de charge entre les essieux.

5.7 Caractéristiques des moteurs auxiliaires

Les caractéristiques de base et les caractéristiques spécifiées d'un moteur auxiliaire doivent être les caractéristiques en alimentation par convertisseur. Elles doivent représenter la tension entre phases, le courant, la vitesse et le couple moyen en fonction de la puissance de sortie du moteur pour chaque fréquence de fonctionnement sur toute la plage d'utilisation du moteur. Les caractéristiques de moteurs qui fonctionnent à fréquence variant de façon continue doivent être tracées seulement pour les fréquences maximale et minimale.

Les caractéristiques d'un moteur asynchrone doivent mentionner le glissement et celles d'un moteur synchrone le courant d'excitation. La tension portée sur les courbes doit être la valeur efficace de la composante fondamentale. Les courbes de courant doivent inclure la valeur efficace de la composante fondamentale et la valeur efficace totale. Les caractéristiques doivent tenir compte des pertes supplémentaires provenant des harmoniques de l'alimentation et doivent mentionner le rendement au régime garanti assigné.

En variante, les caractéristiques peuvent être tracées en fonction de la vitesse de rotation.

NOTE Le paragraphe 5.1 fait référence à la nécessité d'échange d'informations entre les concepteurs du moteur et du convertisseur.

6 Marquage

6.1 Plaque signalétique

Tous les moteurs couverts par la présente partie de la CEI 60349 doivent être munis d'une plaque signalétique comportant au minimum les informations suivantes:

- a) Nom du constructeur.
- b) Désignation du type du moteur.

- c) Numéro de série du moteur.
- d) Année de fabrication.

De plus, un numéro de série doit être porté à la fois sur le stator et sur le rotor de chaque moteur et, dans le cas de moteurs destinés à ne tourner que dans un seul sens de rotation, une flèche indiquant le sens normal de rotation doit être apposée.

NOTE Il convient que les flèches indiquant le sens de rotation et le numéro de série du moteur soient facilement lisibles lorsque le moteur est monté sur le véhicule.

6.2 Marquage des câbles et des bornes

Le marquage des câbles et des bornes doit être en accord avec la CEI 60034-8, sauf accord particulier.

7 Catégories d'essai

7.1 Catégories d'essai

7.1.1 Généralités

Il existe trois catégories d'essai:

- les essais de type;
- les essais de série;
- les essais d'investigation.

NOTE Voir Article 1 pour ce qui concerne la redondance d'essais.

7.1.2 Essais de type

7.1.2.1 Généralités

Les essais de type ont pour but de vérifier les régimes assignés, les caractéristiques et les performances de nouveaux types de moteurs. Ils doivent être effectués sur un moteur pour chaque conception nouvelle. Le moteur doit être l'un des dix premiers moteurs fabriqués, sauf accord contraire. Voir 7.1.2.4 en cas de changement de lieu et/ou de méthode de fabrication.

Avant de commencer les essais, le constructeur doit fournir à l'exploitant une spécification d'essai précisant les essais à réaliser afin de démontrer la conformité à la présente norme. Après avoir terminé les essais de type, le constructeur doit fournir le rapport d'essai complet à l'exploitant.

7.1.2.2 Essais de type avec alimentation par convertisseur

Si chaque moteur est alimenté par son propre convertisseur, l'essai de type doit être conduit de préférence avec le convertisseur qui doit être employé en service, mais on peut utiliser, à titre de remplacement, une alimentation dont la forme d'onde et les harmoniques sont très voisins de ceux rencontrés sur le véhicule.

Si plusieurs moteurs sont alimentés en parallèle à partir d'un convertisseur unique, l'essai de type doit être effectué sur un seul moteur, avec une alimentation dont la forme d'onde et le contenu harmonique sont très voisins de ceux rencontrés sur le véhicule.

Si l'exploitant le demande, le constructeur doit démontrer la similitude entre l'alimentation utilisée pour l'essai et celle rencontrée sur le véhicule et établir l'influence vraisemblable que toute différence entre elles peut avoir sur le moteur.

Sauf accord particulier, les essais de type doivent être refaits si les caractéristiques électriques de sortie du convertisseur sont changées.

7.1.2.3 Essais de type sur alimentation sinusoïdale

Le présent essai a pour but de fournir une référence pour les caractéristiques d'une machine.

L'essai doit inclure un essai d'échauffement au régime assigné convenu entre le constructeur et le responsable système.

La tension, la fréquence, le couple, la ventilation et la durée de l'essai peuvent être choisis librement par le constructeur, mais la durée de l'essai doit être de 1 h au minimum et à des valeurs n'imposant pas des contraintes excessives à la machine au-delà de celles normalement observées en service.

Les paramètres d'essai doivent être conservés pour tout essai ultérieur sur des machines de cette conception.

Les mesures d'échauffement doivent être réalisées conformément aux détails fournis en 8.1.

7.1.2.4 Essais de type répétitif

Sauf accord particulier contraire, un essai de type complet n'est pas nécessaire, si le constructeur produit un rapport d'essai de type complet effectué sur un moteur ayant la même spécification électromagnétique, au même régime ou à un régime supérieur pour autant que les résultats des essais de type sur l'alimentation sinusoïdale (7.1.2.3) et des essais de série soient dans les tolérances établies sur les moteurs précédents. Ceci s'applique également aux commandes répétitives et en cas de changement du lieu et/ou de la méthode de fabrication.

7.1.3 Essais de série

Les essais de série ont pour but de démontrer qu'un moteur a été correctement monté, qu'il peut supporter l'essai diélectrique approprié, et est en bon ordre de marche électriquement et mécaniquement.

Les essais de série spécifiés dans l'Article 9 doivent être normalement effectués sur tous les moteurs mais, avant qu'une commande ne soit signée, l'exploitant et le constructeur peuvent se mettre d'accord pour adopter une autre procédure d'essai (par exemple, dans le cas de moteurs produits en grandes quantités avec une qualité très stricte). Cet accord peut permettre d'effectuer des essais de série réduits sur tous les moteurs ou peut nécessiter de réaliser des essais complets sur une partie des moteurs choisis au hasard parmi ceux fabriqués pour la commande. Tout accord de ce type doit impliquer de réaliser les essais diélectriques spécifiés en 9.5 sur tous les moteurs.

7.1.4 Essais d'investigation

Les essais d'investigation sont des essais spéciaux facultatifs permettant d'obtenir des informations complémentaires. Ils ne doivent être effectués que si un accord a été conclu entre exploitant et constructeur avant la signature de la commande de fabrication des moteurs. Les résultats de ces essais ne doivent pas influencer l'acceptation d'un moteur sauf si un accord contraire a été conclu.

7.2 Résumé des essais

Le Tableau 1 donne la liste des essais prescrits pour la conformité à la présente partie de la CEI 60349.

Tableau 1 – Résumé des essais

Type de moteur	Catégorie d'essai	Article						
		Echauffement	Essai thermique / marche d'échauffement de courte durée	Caractéristiques	Survivabilité	Diélectrique	Vibration	Bruit
Asynchrone	Type	8.1	7.1.2.2	8.2	8.3	–	8.4	Annexe C ^a
	Série	–	9.1 ^a	9.3.1	9.4 ^a	9.5	9.6 ^a	–
Synchrone	Type	8.1	–	8.2	8.3	–	8.4	Annexe C ^a
	Série	–	9.2/9.1 ^a	9.3.2	9.4	9.5	9.6 ^a	–

Tous les moteurs, y compris ceux soumis à l'essai de type, doivent subir les essais de série.

^a Ces essais sont facultatifs et doivent faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

8 Essais de type

8.1 Essais d'échauffement

8.1.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés aux régimes assignés garantis du moteur.

La puissance mécanique assignée peut être mesurée directement ou indirectement sur l'arbre du moteur ou bien peut être obtenue sans mesure en alimentant le moteur aux tensions, courant et fréquence de la caractéristique de base produisant cette puissance mécanique assignée.

Pour l'essai au régime continu assigné, le temps nécessaire pour atteindre la stabilisation de la température peut être raccourci en commençant à une charge augmentée ou avec une ventilation réduite pourvu que les valeurs assignées soient maintenues pendant au moins 2 h ou qu'il ait été démontré, grâce à des moyens appropriés, que les températures stabilisées ont été atteintes.

NOTE La température est considérée comme stabilisée lorsque l'échauffement ne varie pas de plus de 2 K pendant la dernière heure de l'essai.

8.1.2 Ventilation pendant les essais au régime assigné

Le moteur doit être soumis à essai avec sa ventilation disposée comme en service, avec tous les éléments en place qui peuvent affecter l'échauffement, y compris les canalisations et les filtres considérés comme une partie du véhicule, ou avec une disposition donnant des conditions équivalentes.

Lorsque le refroidissement se fait par ventilation forcée, la pression statique et le débit d'air doivent être mesurés à l'entrée du moteur de sorte qu'on puisse établir un tableau donnant la relation entre ces deux grandeurs.

En général, aucun refroidissement correspondant à celui qui est produit par le mouvement du véhicule ne doit être prévu; toutefois, dans des cas spéciaux tels que celui des moteurs de traction entièrement fermés où l'effet de ce refroidissement est particulièrement important, il peut être utilisé, pourvu qu'il ait fait l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

8.1.3 Mesure de température

La température doit être mesurée conformément à l'Annexe A.

8.1.4 Appréciation des résultats

Les échauffements des enroulements et des bagues, à l'instant "origine de refroidissement" tel que défini en A.4 ne doivent pas dépasser les valeurs données au Tableau 2.

8.1.5 Limites d'échauffement

Les différentes classes thermiques des systèmes d'isolation sont définies dans la CEI 60085.

Le Tableau 2 donne les limites d'échauffement admissibles mesurées au banc d'essai, par rapport à la température de l'air de refroidissement, pour les enroulements et autres parties isolées avec les matériaux des classes thermiques utilisés actuellement dans la construction des moteurs auxquels s'applique la présente partie.

Si diverses parties de la même machine sont isolées avec des matériaux de classes thermiques différentes, les limites d'échauffement relatives à chaque partie doivent être celles des classes thermiques d'isolation correspondantes.

Tableau 2 – Limites d'échauffement pour les régimes continus assignés ou autres régimes assignés

Partie	Méthode de mesurage	Classe thermique du système d'isolation					
		130(B)	155(F)	180(H)	200	220	250
Enroulements stator Enroulements tournants d'excitation de moteurs synchrones	Résistance	130 K	155 K	180 K	200 K	220 K	250 K
Bagues	Thermomètre électrique	120 K	120 K	120 K	120 K	120 K	120 K
Rotors à cage et enroulements amortisseurs	Thermomètre électrique	L'échauffement doit être tel qu'il n'endommage pas un enroulement ou toute autre partie de la machine.					

Pour les moteurs complètement fermés, les limites ci-dessus sont augmentées de 10 K.

Lorsque les moteurs sont directement ou indirectement exposés à la chaleur provenant d'un moteur thermique ou de toute autre source de chaleur, l'adoption de limites d'échauffement plus basses que celles spécifiées au Tableau 2 peuvent faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

8.1.6 Essai de surcharge de courte durée

Si des régimes de surcharge de courte durée assignés sont spécifiés, ils doivent être vérifiés par un ou plusieurs essais conduits comme suit.

A la fin d'un essai d'échauffement antérieur, l'échauffement de "début d'essai" donné au Tableau 3 peut être obtenu en poursuivant le relevé de la courbe de refroidissement pour l'enroulement critique considéré jusqu'à l'instant où son échauffement, obtenu par extrapolation de la courbe pour une période de temps maximal de 5 min avant la dernière lecture, atteint la valeur de "début d'essai" donnée au Tableau 3 (voir Notes 1 et 2). La surcharge spécifiée doit être appliquée à cet instant avec les conditions normales de ventilation. Elle doit être maintenue pendant la durée spécifiée, jusqu'au point où l'essai doit être arrêté et l'échauffement mesuré suivant 8.1.3.

Si l'échauffement mesuré ne s'écarte pas de plus de 20 K de la valeur finale donnée au Tableau 3, le courant assigné ou la durée peuvent être modifiés par le calcul pour obtenir une

valeur d'échauffement estimée conforme au Tableau 3. Si l'échauffement mesuré diffère de la valeur du Tableau 3 de plus de 20 K, l'essai doit être répété avec des valeurs modifiées du courant ou de la durée.

Tableau 3 – Limites d'échauffement pour les régimes de surcharge de courte durée assignés

Partie		Classe thermique du système d'isolation					
		130(B)	155(F)	180(H)	200	220	250
Enroulements stator Enroulements tournants d'excitation de moteurs synchrones	Au départ de l'essai	85 K	100 K	120 K	130 K	140 K	155 K
	A la fin de l'essai	130 K	155 K	180 K	200 K	220 K	250 K
NOTE 1 Pour les moteurs entièrement fermés, les échauffements donnés ci-dessus sont augmentés de 10 K.							
NOTE 2 Une autre méthode pour obtenir l'échauffement de départ peut être utilisée si un accord existe entre exploitant et constructeur.							
NOTE 3 Les températures d'autres parties du moteur peuvent être mesurées (par exemple la cage du rotor, les enroulements amortisseurs, les paliers, etc.) si un accord a été conclu entre constructeur et exploitant.							

8.2 Relevé des caractéristiques et tolérances

8.2.1 Généralités

Des essais pour démontrer que le moteur produit les caractéristiques spécifiées doivent être effectués en mesurant les grandeurs électriques d'entrée et la puissance mécanique de sortie. Cette dernière peut être mesurée directement ou calculée à partir de la puissance de sortie mesurée d'une machine électrique entraînée dont on connaît le rendement.

En variante et si un accord a été conclu entre constructeur et exploitant, la puissance d'entrée ou de sortie du moteur soumis à essai peut être obtenue par sommation des pertes.

Les essais en charge doivent être réalisés à une température de moteur voisine de la température de référence pour laquelle les résultats doivent être corrigés si la correction est notable. Des lectures d'essais suffisantes doivent être relevées pour permettre de tracer la caractéristique de base du moteur.

Les grandeurs électriques d'entrée du convertisseur doivent être mesurées par une méthode ayant fait l'objet d'un accord, mais elles ne doivent pas entraîner le refus du moteur.

Les grandeurs électriques d'entrée du moteur, telles qu'elles ont été spécifiées, peuvent être alors modifiées d'un commun accord entre les constructeurs du moteur et de son convertisseur associé. Cette modification implique que les échauffements de toutes les parties du moteur et du convertisseur restent dans leurs limites respectives lors du fonctionnement au régime garanti assigné, et que les pertes du moteur restent dans les tolérances spécifiées en 8.2.2.

Le courant d'excitation spécifié d'un moteur synchrone peut aussi être modifié de la même manière.

Les essais ne doivent être effectués que dans un seul sens de rotation.

Les instruments utilisés pour mesurer les ondes de forme complexe, à l'entrée du moteur, doivent indiquer, avec une précision suffisante, les courants, tensions et puissances permettant de vérifier la conformité avec les tolérances spécifiées.

8.2.2 Tolérances

8.2.2.1 Moteurs de traction

A toute grandeur électrique d'entrée, depuis le couple maximal jusqu'à la valeur du couple correspondant à 90 % de la vitesse maximale, le couple mesuré ne doit pas être inférieur à 95 % de la valeur sur les caractéristiques spécifiées.

Les pertes du moteur au régime garanti assigné ne doivent pas dépasser la valeur qui ressort de la caractéristique spécifiée de plus de 15 %.

Le cas échéant, l'échauffement de l'essai de type sur alimentation sinusoïdale (7.1.2.3) ne doit pas s'écarter de plus de ± 8 % ou ± 10 K de l'essai de type initial, la valeur la plus élevée étant retenue.

8.2.2.2 Moteurs auxiliaires

Le couple mesuré au régime garanti assigné sur la caractéristique de base ne doit pas être inférieur à la valeur spécifiée.

Le courant mesuré au régime garanti assigné ne doit pas dépasser la valeur spécifiée.

Le courant nécessaire pour produire le couple de démarrage spécifié ne doit pas dépasser la valeur qui a été spécifiée au constructeur du convertisseur, en accord avec 5.1.

8.3 Essai de survitesse

Un essai de type de survitesse doit être réalisé sur tous les types de moteurs alimentés par convertisseurs. Les moteurs doivent être entraînés à chaud pendant 2 min à 1,2 fois la vitesse maximale d'utilisation définie en 3.16. En variante, les rotors peuvent être soumis à essai avant montage dans le stator sous réserve que des moyens soient prévus pour que les rotors soient chauffés à une température approximativement égale à celle obtenue à la fin de l'essai au régime assigné garanti. Dans les deux cas, des mesures doivent être relevées avant et après l'essai, afin de déterminer l'importance de toute déformation du rotor.

8.4 Essais de vibration

Une mesure quantitative de vibration doit être réalisée en tant qu'essai de type. Lorsqu'une machine comprend une boîte d'engrenage intégrée, le train d'engrenages doit être déposé ou la boîte d'engrenage remplacée par un flasque palier.

Pour la mesure des vibrations au cours d'un essai de type, la machine peut être placée simplement sur le banc d'essai sans aucun équipement de montage. La vitesse de vibration à des vitesses de machine jusqu'à 3 600 tr/min doit être dans la limite de 3,5 mm/s. Pour une vitesse supérieure à 3 600 tr/min, la vitesse doit être inférieure à 5,25 mm/s.

Si la conception de la machine ne comporte pas de palier fixe, la vitesse longitudinale des vibrations peut être exclue.

Pour des informations supplémentaires, voir la CEI 60034-14.

Les mesures sur les moteurs à vitesse variable doivent être faites à un nombre de vitesses couvrant la plage complète de fonctionnement.

Des vitesses vibratoires dépassant les valeurs limites peuvent se produire par suite de résonances dans le montage d'essai. Dans ce cas, elles doivent être négligées pour autant qu'elles ne coïncident pas avec des vitesses particulières de fonctionnement et que le niveau général de vitesse vibratoire sur toute la plage de vitesses reste dans les limites prescrites.

Si une telle résonance se produit à une vitesse particulière de fonctionnement, l'essai doit être répété avec un autre montage.

NOTE L'incidence des vibrations d'origine extérieure sur la machine ne fait pas partie du domaine d'application du présent document. Il convient de faire référence à la CEI 61373.

9 Essais de série

9.1 Généralités

Les essais de série doivent être effectués avec une alimentation sinusoïdale à la fréquence industrielle ou à une fréquence utilisée en service, pour un seul sens de rotation.

L'utilisation d'une forme d'onde autre que sinusoïdale doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'exploitant.

Les fréquences utilisées pour les différents essais (par exemple à vide et rotor bloqué) ne sont pas nécessairement les mêmes mais, une fois choisies, elles ne doivent plus être changées. Les valeurs de base retenues pour les points d'essai doivent être les moyennes des valeurs des essais de quatre moteurs, dont l'un doit être celui qui a subi les essais de type. Afin de réduire l'effet des variations de température, l'essai doit être effectué en suivant la même séquence sur tous les moteurs. Ni les mesures de rendement, ni les essais en freinage ne sont requis.

Afin de confirmer la cohérence d'une série, il est possible de réaliser l'essai d'échauffement sur alimentation sinusoïdale (voir 7.1.2.3) à des intervalles donnés tout au long de la série, soit à des intervalles aléatoires ou à des intervalles fixes convenus entre exploitant et constructeur. Les tolérances sont celles définies en 8.2.2.

9.2 Essai de courte durée à chaud

Le présent essai est uniquement applicable aux machines à rotor bobiné.

A l'exception des moteurs qui ont été soumis à l'essai de type sinusoïdal (voir 7.1.2.3 et 9.1), chaque moteur doit fonctionner pendant un bref laps de temps dans des conditions telles que la température de l'enroulement stator atteigne au moins 150 °C à la fin de l'essai.

L'obtention de la température doit être vérifiée par des mesures sur les deux premiers moteurs soumis à essai. Si les conditions sont modifiées, une vérification doit être refaite. Une fois que l'obtention de la température a été vérifiée sur deux moteurs, aucune mesure de température ultérieure n'est requise.

9.3 Relevé des caractéristiques et tolérances

9.3.1 Moteurs asynchrones

Les moteurs asynchrones doivent être soumis à essai dans les deux conditions suivantes:

- a) A vide, à une tension calculée de sorte que le moteur fonctionne au flux magnétique maximal pouvant se produire en tout point compris entre 10 % et 100 % de la vitesse indiquée sur la caractéristique de base.

Le courant ne doit pas s'écarter de plus de ± 10 % de la valeur de base établie d'après 9.1.

- b) Rotor bloqué, avec une tension donnant approximativement le courant du régime garanti assigné. Cette tension doit être fixée à partir des essais du premier moteur et doit être utilisée pour tous les essais ultérieurs.

Le courant ne doit pas s'écarter de plus de ± 5 % de la valeur de base établie d'après 9.1.

9.3.2 Moteurs synchrones

Les moteurs synchrones doivent être soumis à essai dans les conditions suivantes:

- a) Entraînés en génératrice, excités pour produire la tension à vide correspondant au flux magnétique maximal pouvant se produire dans le moteur en tout point de la caractéristique de base.

Le courant d'excitation ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 15\%$ de la valeur de base établie d'après 9.1.

- b) Entraînés en court circuit, avec l'excitation ajustée pour donner le courant au régime assigné garanti.

Le courant d'excitation ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 5\%$ de la valeur de base établie d'après 9.1.

9.4 Essais de survitesse

Les essais de survitesse de série doivent normalement être effectués seulement sur les moteurs à rotor bobiné, mais un accord peut être conclu pour les étendre aux moteurs à cage, ou les omettre dans tous les cas.

Les moteurs soumis à un essai de survitesse doivent être entraînés à chaud pendant 2 min à 1,2 fois la vitesse maximale d'utilisation définie en 3.16. Ils doivent alors satisfaire à l'essai diélectrique spécifié en 9.5.

NOTE Des précautions peuvent être nécessaires pour effectuer l'essai de survitesse de série, afin d'éviter de détériorer les roulements par suite d'un fonctionnement à grande vitesse sans charge (par exemple réduction de la vitesse d'essai à une vitesse qui ne peut être inférieure à la vitesse maximale d'utilisation).

9.5 Essais diélectriques

Les essais doivent normalement être effectués en utilisant une onde alternative de forme approximativement sinusoïdale, de fréquence comprise entre 25 Hz et 100 Hz, mais des essais en courant continu peuvent être effectués si un accord entre exploitant et constructeur a été conclu avant signature de la commande.

La tension d'essai doit être appliquée successivement entre les enroulements de chaque circuit et la masse, les enroulements de tous les autres circuits étant connectés à la masse. La valeur totale de la tension ne doit être appliquée qu'à des moteurs neufs, avec toutes leurs parties en place comme en fonctionnement normal. L'essai doit être effectué sur le moteur chaud, immédiatement après les essais de série spécifiés dans l'article précédent.

La tension d'essai doit être la plus élevée des valeurs indiquées au Tableau 4 pour la méthode d'essai choisie et doit être appliquée progressivement, en commençant par une valeur ne dépassant pas le tiers de la valeur finale. Une fois atteinte, cette valeur doit être maintenue pendant 60 s.

Tableau 4 – Tensions d’essai diélectrique

Groupe	Enroulement	Tension d’essai V	
1	Tous les enroulements autres que groupe 2	Essais en c.a.	$2 \times U_{dc} + 1\,000$ ou $2 \times U_{rp} / \sqrt{2} + 1\,000$ ou $U_{rpb} / \sqrt{2} + 1\,000$
		Essais en c.c.	$3,4 \times U_{dc} + 1\,700$ ou $2,4 \times U_{rp} + 1\,700$ ou $1,2 \times U_{rpb} + 1\,700$
2	Enroulements d’excitation des moteurs synchrones	$10 U_e$ en c.a. ou $17 U_e$ en c.c., avec un minimum de 1 500 V en c.a. ou 2 550 V en c.c. et un maximum de 3 500 V en c.a. ou 5 950 V en c.c.	
<p>U_{dc} est la plus haute tension moyenne par rapport à la terre qui peut être appliquée au circuit côté continu lorsque la ligne de contact est à sa tension maximale, pour un fonctionnement moteur.</p> <p>U_{rp} est la tension crête répétitive maximale par rapport à la terre qui peut être appliquée à l’enroulement machine lorsque la ligne de contact est à sa tension maximale, pour un fonctionnement en moteur. (La tension de crête répétitive est définie en 3.14.)</p> <p>U_{rpb} est la tension de crête maximale répétitive par rapport à la terre qui peut apparaître sur l’enroulement lorsque la machine est en freinage.</p> <p>U_e est la valeur moyenne maximale de la tension d’excitation.</p>			

Si ni le circuit continu ni les enroulements du moteur ne sont normalement référencés par rapport à la terre, U_{dc} , U_{rp} et U_e doivent être les plus hautes tensions par rapport à la terre qui peuvent apparaître sur leurs circuits respectifs, si l’un quelconque des points de ces circuits était relié à la terre.

Une valeur plus faible pour des essais répétés doit faire l’objet d’un accord entre l’exploitant et le constructeur du moteur.

Remarque: la valeur utilisée pour soumettre le convertisseur à essai (voir CEI 61287-1) doit être inférieure ou égale à la valeur utilisée pour soumettre le moteur à essai.

NOTE Le présent paragraphe définit des exigences pour l’essai en série. Tenir compte de la CEI 60034-18-41 pour la qualification d’un système d’enroulement.

9.6 Essais de vibration (balourd)

Chaque machine doit être vérifiée par rapport aux vibrations associées à son balourd. On doit normalement faire la preuve que la machine a un fonctionnement sans heurts lorsqu’elle est au banc d’essai et alimentée à la fréquence de l’alimentation. Lorsqu’une machine comprend une boîte d’engrenage intégrée qui est installée pour le reste de l’essai de série, l’essai de vibration ci-dessus peut également être réalisé avec la boîte d’engrenage installée.

Pour les applications pour lesquelles les vibrations de la machine sont considérées comme critiques, exploitant et constructeur peuvent convenir de réaliser les essais spécifiés en 8.4 sur chaque machine.

Annexe A (normative)

Mesure de température

A.1 Température des parties du moteur

La température des enroulements isolés doit être mesurée par la méthode de variation de résistance, celle des enroulements court-circuités en permanence et celle des bagues par la méthode du thermomètre électrique.

Aucune correction de l'échauffement mesuré ne doit être faite si la température de l'air de refroidissement est comprise entre 10 °C et 40 °C pendant l'essai.

Si la température de l'air de refroidissement est en dehors de ces limites pendant un essai de type, une correction de l'échauffement mesuré peut faire l'objet d'un accord entre l'exploitant et le constructeur.

Avant le commencement d'un essai de courte durée, on doit s'assurer, par thermomètre ou par mesure de résistance, que les températures des enroulements ne diffèrent pas de plus de 4 K de celle de l'air de refroidissement. Pour calculer l'échauffement de l'enroulement, toute différence de température jusqu'à 4 K doit être retranchée du résultat si l'enroulement est initialement à une température supérieure à celle de l'air de refroidissement, ou additionnée dans le cas contraire.

Méthode de variation de résistance

Dans cette méthode, l'échauffement d'un enroulement est déterminé par son augmentation de résistance au cours de l'essai.

Pour les enroulements en cuivre, l'échauffement d'un enroulement à la fin d'un essai est déterminé par la formule suivante:

$$\text{échauffement} = t_2 - t_a = \frac{R_2}{R_1} (235 + t_1) - (235 + t_a)$$

où:

t_1 est la température initiale de l'enroulement, en degrés Celsius;

R_1 est la résistance de l'enroulement à la température t_1 ;

t_2 est la température de l'enroulement à la fin de l'essai, en degrés Celsius;

R_2 est la résistance de l'enroulement à la fin de l'essai;

t_a est la température de l'air de refroidissement à la fin de l'essai, en degrés Celsius .

NOTE Pour les matériaux autres que le cuivre, il convient de remplacer la valeur 235 dans la formule ci-dessus par l'inverse du coefficient de température de résistance, pris à 0 °C, du matériau considéré.

Méthode du thermomètre électrique

Dans cette méthode, la température est déterminée, immédiatement après l'arrêt du moteur, au moyen de thermomètres électriques, qu'on applique aux points les plus chauds accessibles des parties considérées.

A.2 Température de l'air de refroidissement

Pour les moteurs entièrement fermés, la température de l'air de refroidissement doit être mesurée par au moins quatre thermomètres placés à 1 m ou 2 m autour du moteur.

Dans tous les autres cas, la température de l'air de refroidissement doit être mesurée à son entrée dans le moteur et, s'il y a plus d'une entrée, cette température doit être la moyenne des températures des entrées d'air.

Dans tous les cas, les thermomètres doivent être protégés de la chaleur rayonnée et des courants d'air, de sorte qu'ils mesurent la température vraie de l'air au voisinage du moteur et de l'air qui y pénètre. Afin d'éviter toute erreur liée aux variations de température de l'air de refroidissement, toutes les précautions raisonnables doivent être prises pour limiter ces variations au minimum.

La température de l'air de refroidissement à la fin de l'essai doit être la moyenne des mesures relevées approximativement toutes les 15 min pendant la dernière heure d'un essai au régime continu assigné ou pendant toute la durée d'un essai de courte durée.

A.3 Mesure de la résistance

Résistance initiale à froid

La mesure de la résistance initiale à froid doit s'effectuer en utilisant les mêmes instruments de mesure que ceux utilisés pour les mesures d'échauffement ultérieures, mais cette mesure n'a pas besoin d'être répétée au début de chaque essai. Les températures des enroulements doivent être relevées comme la température mesurée par thermomètre à leur surface au moment de la mesure de résistance et elles ne doivent pas différer de celle de l'air ambiant de plus de 4 K.

Résistance à chaud

La résistance à chaud doit être mesurée aussi vite que possible après que le moteur a été arrêté à la fin de l'essai. La mesure peut être effectuée soit par la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre (méthode voltampèremétrique), soit au moyen d'un pont ou par tout autre moyen approprié, mais la même méthode doit être utilisée pour toutes les lectures concernant un enroulement donné, y compris pour la mesure initiale de résistance à froid.

Si la méthode du voltmètre et de l'ampèremètre est utilisée, le courant doit être de valeur suffisamment élevée pour obtenir la précision nécessaire, sans qu'il influence lui-même l'échauffement. (En général, une valeur ne dépassant pas 10 % du courant assigné est satisfaisante pour respecter cette dernière exigence.)

A.4 Arrêt de la machine à l'instant "origine de refroidissement"

A la fin d'un essai, le moteur doit être arrêté en un temps aussi bref que possible.

Il est préférable d'utiliser une méthode de freinage sans courant pour le moteur en essai. Dans ce cas, l'instant "origine du refroidissement" doit être l'instant d'ouverture des circuits principaux, immédiatement avant le freinage, tous les systèmes de ventilation étant coupés à cet instant.

Si une telle méthode n'est pas utilisable, des méthodes dans lesquelles le moteur en essai est parcouru par un courant pendant la période de freinage peuvent être utilisées, sous réserve que le moteur soit rapidement arrêté et que le courant de charge reste sensiblement constant pendant la durée du freinage. L'instant "origine du refroidissement" doit être choisi au moment

où le courant de charge est tombé à 80 % de la valeur d'essai, instant auquel la ventilation doit être coupée.

A.5 Instant de mesure des résistances à chaud et extrapolation des courbes d'échauffement et de refroidissement

Les mesures de résistance de chaque enroulement doivent commencer dans les 45 s qui suivent l'instant "origine de refroidissement" et doivent être poursuivies pendant au moins 5 min.

L'intervalle de temps entre les mesures successives effectuées sur chacun des enroulements ne doit pas dépasser 20 s pendant les trois premières minutes, et 30 s ensuite.

Pour les gros moteurs pour lesquels il n'est pas possible de pratiquer l'arrêt permettant de commencer les mesures dans les 45 s, des dispositions spéciales de freinage et une extension du temps jusqu'à 2 min au maximum doivent faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur.

Les échauffements calculés à partir des ces lectures doivent être portés sur un graphique en fonction du temps, en utilisant une échelle logarithmique pour les températures et linéaire pour les temps. La courbe doit être extrapolée jusqu'à l'instant "origine de refroidissement" pour donner l'échauffement à la fin de l'essai.

Annexe B (normative)

Valeurs conventionnelles des pertes des transmissions des moteurs de traction

Si des valeurs conventionnelles de pertes des transmissions des moteurs de traction sont incluses dans le calcul du rendement, elles doivent être conformes à la Figure B.1.

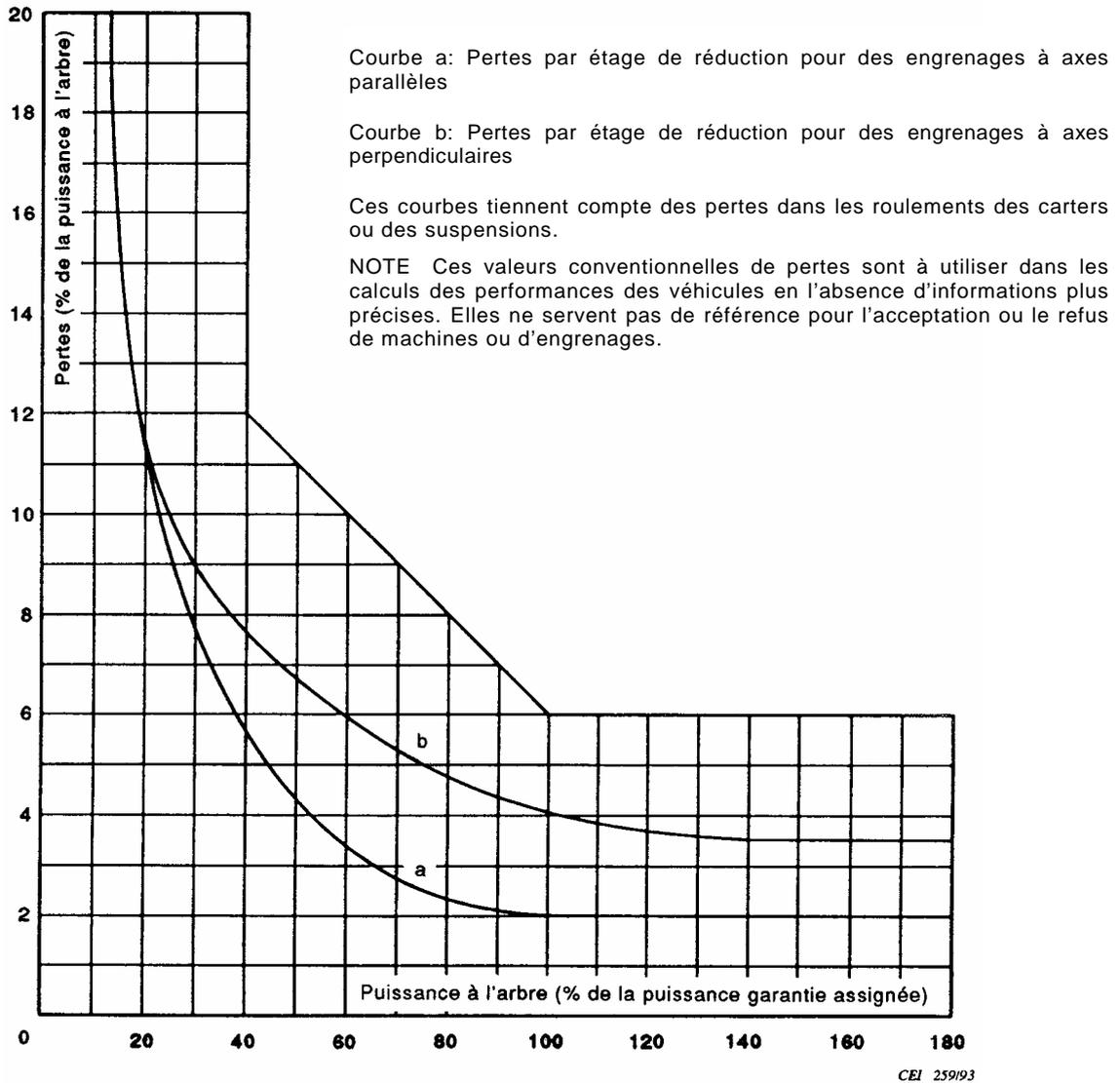


Figure B.1 – Valeurs conventionnelles des pertes
dans les transmissions des moteurs de traction

Annexe C (informative)

Mesure du bruit et limites

C.1 Mesure de bruit

Si une mesure de bruit est nécessaire, il convient qu'elle soit spécifiée par l'exploitant et effectuée sur une machine uniquement sur la commande. Si toutefois un résultat d'essai démontrant que les exigences de bruit ont été satisfaites sur une machine identique, d'une série antérieure, utilisant la méthode d'essai précisée dans cette Annexe, ou une édition antérieure de la CEI 60349, est jugé acceptable par l'exploitant, on peut alors considérer qu'il satisfait à l'exigence pour la mesure de bruit.

- a) La mesure du niveau de pression acoustique et le calcul du niveau de puissance acoustique produit par la machine doivent être effectués selon les Articles C.5 à C.6, à moins que l'une des autres méthodes spécifiées en C.1 c) ne s'applique.
- b) Les niveaux de puissance acoustique maximaux et la correction des sons purs sont spécifiés dans les Articles C.7 et C.8.
- c) Lorsque cela est approprié, une des méthodes de laboratoire ou d'expertise, telles que les méthodes des ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3743-2, ISO 3744, ISO 3745, ISO 9614-1 ou ISO 9614-2 peut être utilisée pour déterminer les niveaux de puissance acoustique.
- d) La méthode la plus simple, mais la moins précise, spécifiée dans l'ISO 3746 ou ISO 3747 peut être utilisée, particulièrement lorsque les conditions environnementales requises par l'ISO 3744 ne peuvent pas être satisfaites.

Cependant, pour la mise en conformité avec cette norme, à moins qu'une correction due à l'imprécision de la mesure ait déjà été appliquée aux valeurs déterminées par cette méthode selon l'ISO 3746 ou l'ISO 3747, les niveaux du Tableau C.1 doivent être diminués de 2 dB.

- e) Dans le cas d'un essai dans des conditions de charge assignée, les méthodes de l'ISO 9614 sont préférées. Cependant, d'autres méthodes sont permises lorsque la machine de charge et l'équipement auxiliaire sont isolés acoustiquement ou situés à l'extérieur de l'environnement d'essai.

C.2 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Annexe, les définitions et termes suivants s'appliquent.

C.2.1

niveau de pression acoustique

niveau de pression acoustique L_p , exprimé, en décibels, par

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

où

p est la pression acoustique mesurée;

p_0 est la pression acoustique de référence exprimée dans les mêmes unités que p .

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa or } 20 \text{ } \mu\text{Pa}$$

C.2.2**niveau acoustique**

lecture donnée par un sonomètre conforme à la CEI 61672

C.2.3**spectre acoustique**

spectre montrant la distribution du niveau de pression acoustique dans la gamme de fréquences. L'allure du spectre dépend des caractéristiques de largeur de bande de l'analyseur utilisé

C.2.4**niveau de pression acoustique de bande**

pour une bande de fréquences acoustiques spécifiée, niveau de pression acoustique effectif correspondant à l'énergie acoustique contenue à l'intérieur de la bande

C.2.5**niveau de puissance acoustique**

niveau de puissance acoustique L_w exprimé, en décibels, par

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$$

où

W est le niveau de puissance acoustique mesuré;

W_0 est la puissance acoustique de référence exprimée dans la même unité que W

$$W_0 = 10^{-12} \text{ W (or 1 pW)}$$

NOTE L_{WA} est un niveau de puissance acoustique pondéré déterminé de telle sorte que le niveau de puissance acoustique dans chacune des bandes de fréquences soit pondéré suivant l'échelle A.

C.2.6**contour prescrit**

ligne imaginaire autour de la machine comme elle est détaillée dans la présente annexe et le long de laquelle les points de mesure sont situés

C.2.7**hémisphère équivalent**

hémisphère imaginaire entourant la machine sur laquelle les mesures sont supposées être effectuées, son rayon étant indiqué par r_s

C.3 Conditions d'essai**C.3.1 Préparation de la machine**

Les vibrations transmises du support d'une machine à ses éléments de montage, ou à d'autres parties de la salle d'essai, peuvent influencer le niveau de pression acoustique dans la salle d'essai. Il convient que de tels effets soient minimisés, par exemple en montant la machine sur des supports élastiques convenablement étudiés.

La machine est complète avec tous ses capots en place et n'est accouplée à aucun autre équipement. Les moteurs de traction sont soumis à essai sans leurs engrenages associés.

Les machines à ventilation séparée sont soumises à essai avec leur flux d'air normal mais le ventilateur est disposé de manière que son bruit propre n'affecte pas trop les résultats.

C.3.2 Conditions de fonctionnement

Il convient que la machine fonctionne à vide à sa vitesse normale d'utilisation ou bien, s'il existe une plage de vitesses, à sa vitesse maximale d'utilisation pour l'application en question. Il convient qu'une machine conçue pour fonctionner à deux ou plus de deux valeurs discrètes de vitesse soit soumise à essai à chacune de ces vitesses. Il convient qu'une machine réversible soit soumise à essai dans les deux sens de rotation.

C.3.3 Bruit de fond

Il convient que les résultats des mesures à chaque point de mesure soient corrigés pour tenir compte des effets de tout bruit de fond, c'est-à-dire de tout bruit aux points de mesure autres que celui de la machine en cours d'essai. Cela inclut aussi le bruit de tout équipement d'essai.

Il convient que la lecture du bruit de fond, lorsque la machine n'est pas en essai, soit déterminée, pour chaque bande d'octave, aux mêmes points que pour l'essai. Il faut que les lectures à chaque point de mesure excèdent celles du bruit de fond seul d'au moins 10 dB. Lorsque les différences sont inférieures à 10 dB, il convient d'appliquer les corrections données au Tableau C.1.

Tableau C.1 – Corrections

Augmentation du niveau produit par la machine dB	Décibels à retrancher des valeurs mesurées
3	3
4 à 5	2
6 à 9	1

Lorsque l'on applique des corrections de 3 dB, il convient que les niveaux corrigés soient mis entre crochets.

Lorsque l'augmentation est inférieure à 3 dB, les mesures n'ont en général plus de signification.

C.4 Instruments de mesure

C.4.1 Qualité

Il convient que le sonomètre soit conforme au type 1 de la CEI 61672.

Il convient que tous les filtres utilisés pour les analyses de bruit soient conformes à la classe 1 spécifiée dans la CEI 61260.

C.4.2 Etalonnage de l'équipement de mesure

Il convient que les performances acoustiques globales de l'équipement de mesure complet soient vérifiées, que tous les ajustements spécifiés soient faits juste avant chaque série de mesures de bruit de machine et qu'une autre vérification soit effectuée immédiatement après.

Il convient que ces vérifications sur le site soient assorties d'étalonnages plus détaillés en laboratoire de l'équipement de mesure complet au moins une fois tous les deux ans.

C.4.3 Situation des instruments et de l'observateur

Il convient que tous les amplificateurs de mesure ou les filtres soient situés à au moins 0,3 m et que l'observateur soit au moins à 1 m du microphone pour réduire les erreurs dues aux réflexions.

Lorsque le bruit rayonné par la machine a une directivité marquée, il convient de considérer la mesure du bruit de la machine dans des conditions de semi-réverbération comme étant une méthode de mesure de bruit approximative.

C.5 Méthode de mesure

C.5.1 Méthode

Il convient que les mesures, pour toutes les machines, soient faites sur les contours prescrits, représentés aux Figures C.2 ou C.3.

Pour les machines ayant une dimension linéaire maximale l (en excluant l'arbre) égale ou supérieure à 0,25 m, ces contours rectilinéaires sont, à leur point le plus proche, à 1 m de la surface de la machine.

Dans les cas où l est inférieur à 0,25 m, ces contours rectilinéaires sont situés, pour leurs points les plus proches, à une distance d de la surface de la machine comprise entre $4l$ et 1 m mais pas à moins de 0,25 m.

Pour toutes les machines à axe horizontal, il convient que le contour prescrit, parallèle au plan de réflexion du sol, soit à la hauteur de l'arbre ou à 0,25 m au-dessus du sol, la plus grande des deux valeurs (voir Figure C.2) étant prise en compte.

Pour les machines à axe vertical, il convient que le contour prescrit, parallèle au plan de réflexion du sol, soit à mi-hauteur de la machine mais pas à une hauteur inférieure à 0,25 m (voir Figure C.3).

Dans tous les cas, il convient que le contour prescrit dans le plan vertical soit dans le plan de l'arbre.

C.5.2 Situation des points de mesure

Il convient que la position des points de mesure autour des contours prescrits donnés soit telle qu'elle est indiquée aux Figures C.2 et C.3, les points de mesure étant fixés à des intervalles successifs de 1 m en commençant par les cinq points clés de mesure indiqués sur les Figures C.2 et C.3.

C.5.3 Grandeurs à déterminer

A partir des mesures requises en C.5.1, il convient de déterminer à chaque point de mesure les grandeurs suivantes:

- a) niveau acoustique (A) en dB;
- b) les niveaux de pression acoustique en bande d'octave centrées sur les fréquences de 125 Hz à 4 000 Hz avec le sonomètre en position linéaire ou en pondération (C), lorsque la réponse linéaire n'est pas disponible.

C.6 Calculs

C.6.1 Corrections des mesures

Il convient que les résultats des mesures en chaque point de mesure soient corrigés pour tenir compte des effets de tout *bruit de fond* c'est-à-dire de tout bruit aux points de mesure autre que celui de la machine en cours d'essai. Cela inclut aussi le bruit de tout équipement d'essai (voir C.3.3).

C.6.2 Calcul des niveaux moyens

Il convient que les niveaux acoustiques moyens et les niveaux moyens de pression acoustique de bande soient calculés à partir des résultats des mesures à toutes les positions d'essai (après correction suivant C.6.1), en faisant la moyenne d'après l'équation:

$$L_{p(M)} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \left(\text{antilog}_{10} \frac{L_{p(1)}}{10} + \text{antilog}_{10} \frac{L_{p(2)}}{10} + \dots + \text{antilog}_{10} \frac{L_{p(n)}}{10} \right) \right] \text{ dB}$$

où

$L_{p(M)}$ est le niveau acoustique (A) moyen (ou niveau de pression moyenne de bande), en décibels;

$L_{p(1)}$ est le niveau acoustique (A) (ou niveau de pression de bande), en décibels à la première position;

$L_{p(n)}$ est le niveau acoustique (A) (ou niveau de pression de bande), en décibels à la $n^{\text{ième}}$ position;

n est le nombre de positions de mesure.

Lorsque les dB relevés aux différentes positions d'essai ne diffèrent pas de plus de 5 dB, une simple moyenne arithmétique de ces relevés donnera un résultat qui ne différera pas de plus de 0,7 dB de celui donné par l'équation ci-dessus.

C.6.3 Calcul du rayon et de l'aire de l'hémisphère équivalent

Pour les besoins du calcul des niveaux moyens au rayon de référence, il convient que les mesures faites le long des contours prescrits des Figures C.2 et C.3 soient supposées avoir été faites sur un hémisphère de rayon

$$r_s = \left[\frac{a(b+c)}{2} \right]^{0,5}$$

où a , b et c sont représentées aux Figures C.2 et C.3.

L'aire de cet hémisphère équivalent est donnée par

$$S = \pi a (b + c)$$

NOTE L'aire de l'hémisphère équivalent de rayon r_s comme spécifié, est un peu plus petite que la surface de l'aire délimitée par les contours de mesure.

C.6.4 Calcul des niveaux de puissance de bande d'octave approximatifs

Les niveaux de puissance de bande d'octave peuvent se déduire des niveaux de pression moyens de bande d'octave en prenant en compte l'influence de la salle d'essai sur les niveaux de pression acoustique moyens mesurés.

Cet effet peut être déterminé en utilisant une petite source sonore de référence à large bande (il se peut que certains types de source de bruit aérodynamique ne conviennent pas) de puissance acoustique connue W_r .

NOTE Si la machine en essai est suffisamment petite et que son bruit a le caractère d'un bruit à large bande, elle peut être prise comme source de référence.

Il convient que la détermination de la puissance acoustique de la source de référence W_r (en bandes d'octaves) soit d'abord effectuée par la méthode de C.5.1.

Il convient que la source sonore de référence soit alors substituée à la machine en essai dans la salle semi-réverbérante et que le niveau de pression acoustique moyen en bande d'octave soit déduit des mesures aux mêmes points de mesure que pour la machine en essai.

Les niveaux de puissance acoustique en bande d'octave de la machine en essai peuvent alors être déterminés d'après l'équation suivante:

$$10\log_{10} \frac{W}{W_0} = 10\log_{10} \frac{W_r}{W_0} + 20\log_{10} \frac{p_M}{p_0} - 20\log_{10} \frac{p_{Mr}}{p_0}$$

ou $L_w = L_{W(r)} + L_{p(M)} - L_{p(Mr)}$

où

L_w est le niveau de puissance de la machine en essai en bande d'octave;

$L_{W(r)}$ est le niveau spécifié de puissance de la source de référence en bande d'octave;

$L_{p(M)}$ est le niveau moyen mesuré de pression de la machine en essai en bande d'octave;

$L_{p(Mr)}$ est le niveau moyen mesuré de pression de la source de référence en bande d'octave.

C.6.5 Calcul du niveau de puissance acoustique pondéré (A)

A partir des niveaux de puissance acoustique de bande obtenus suivant C.6.4, on calcule le niveau de puissance acoustique pondéré (A) approximatif suivant la méthode de C.6.7, en remplaçant les niveaux de pression par les niveaux de puissance.

C.6.6 Calcul du niveau approximatif de pression acoustique moyen en bande d'octave

Les niveaux de pression moyens en champ libre en bande d'octave au rayon de référence de 3 m peuvent être déduits en soustrayant 18 dB du niveau de puissance en bande d'octave calculé selon C.6.4.

C.6.7 Calcul du niveau acoustique moyen (A)

Le niveau acoustique moyen (A) au rayon de référence de 3 m peut être calculé à partir des niveaux de pression en bande d'octave de C.6.6.

- a) Appliquer aux valeurs des niveaux de pression acoustique en bande d'octave de C.6.6 les corrections de pondération du Tableau C.2.

Tableau C.2 – Corrections

Bande d'octave centrée sur Hz	Correction dB
125	-16
250	-9
500	-3
1 000	0
2 000	+1
4 000	+1

- b) Faire la somme de ces niveaux de pression acoustique pondérés en bande d'octave selon l'équation ci-dessous:

$$L_{A(M)} = 10 \log_{10} \left[\text{antilog}_{10} \frac{L_{p(01)}}{10} + \text{antilog}_{10} \frac{L_{p(02)}}{10} + \dots + \text{antilog}_{10} \frac{L_{p(06)}}{10} \right]$$

où

$L_{A(M)}$ est le niveau acoustique (A) moyen en décibels;

$L_{p(01)}$ est le niveau de pression acoustique pondéré de la première bande d'octave;

$L_{p(06)}$ est le niveau de pression acoustique pondéré de la sixième bande d'octave.

C.7 Correction pour sons purs

Pour déterminer la présence de sons purs, il convient de mettre en œuvre au point de mesure ayant le plus haut niveau de pression acoustique un balayage en fréquence utilisant une analyse FFT.

Si l'on perçoit la présence d'un ou de plusieurs sons purs dans une octave quelconque centrée entre 250 Hz et 4 000 Hz, il convient de ne la considérer comme significative que si le niveau de pression acoustique L_p de la bande de tiers d'octave centrée sur ce son pur dépasse de plus de 5 dB la moyenne des niveaux L_{p-1} , L_{p+1} des deux tiers d'octaves adjacentes. Dans ces cas, il convient d'augmenter le niveau de puissance acoustique déduit des mesures de la correction en dB appropriée du Tableau C.3. S'il existe plus d'une octave contenant des sons purs significatifs, il convient que la valeur à ajouter soit la plus grande des corrections individuelles en dB.

$$\Delta L = L_p - \frac{L_{p-1} + L_{p+1}}{2}$$

Tableau C.3 – Correction pour sons purs

Décibel au-dessus de la moyenne	Correction dB
$5 < \Delta L \leq 6$	3
$6 < \Delta L \leq 8$	4
$8 < \Delta L \leq 10$	5
$\Delta L > 10$	6

C.8 Limites de bruit

Le niveau de puissance acoustique maximal recommandé pour un moteur de traction, y compris les corrections pour sons purs, est donné par la Figure C.1 pour les moteurs de traction et par la CEI 60034-9 pour les autres types de moteurs auxiliaires.

Les limites recommandées sont celles que l'on est en droit d'attendre des moteurs qui suivent les normes de construction et de conception de traction normales. Si des valeurs inférieures sont exigées, on peut alors s'attendre à ce que le poids du moteur et la complexité de son enveloppe augmentent.

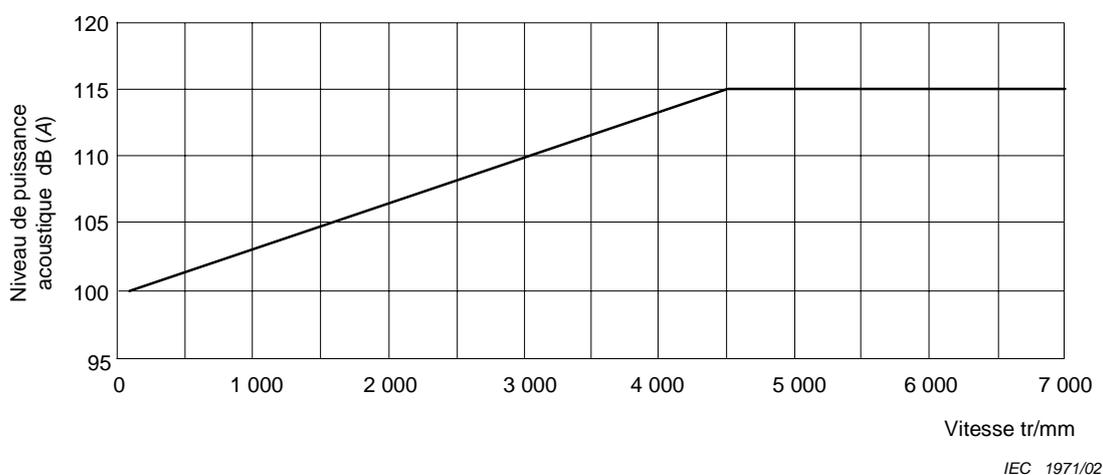
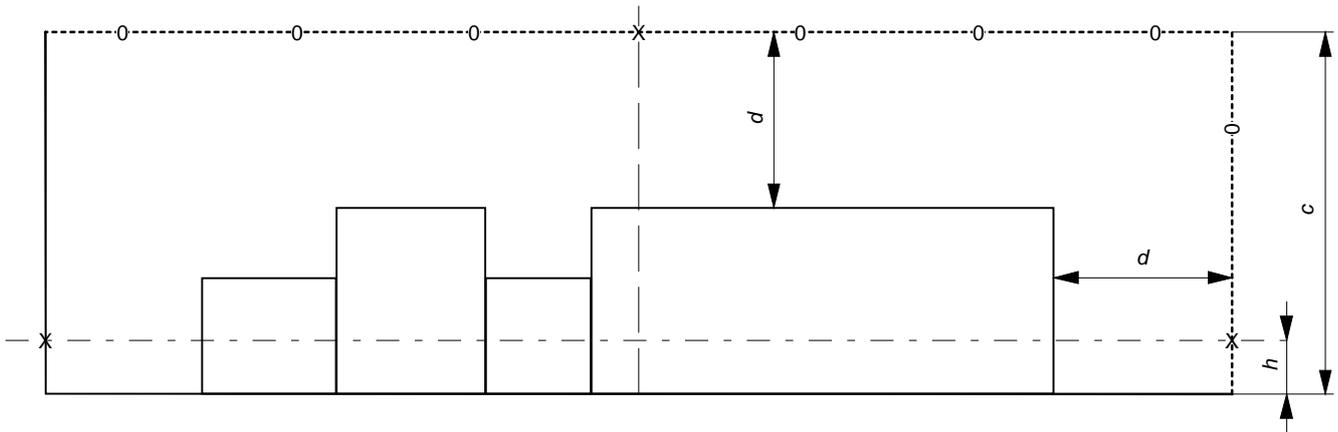
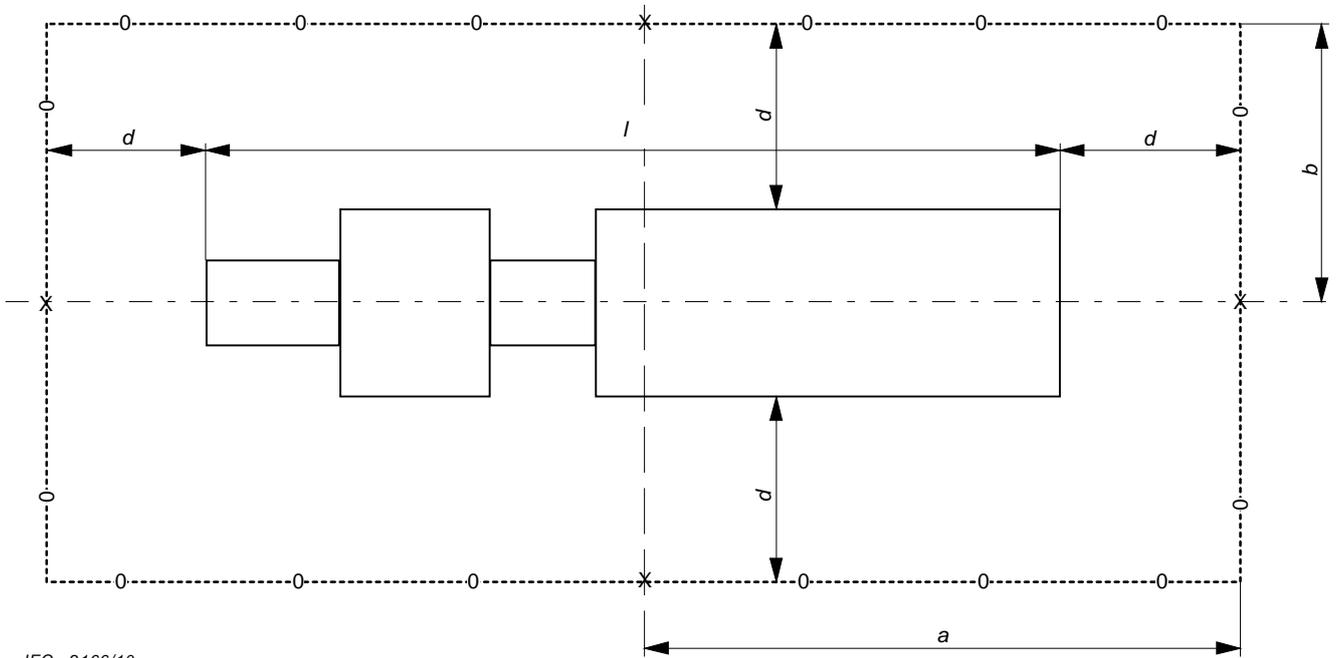


Figure C.1 – Limite de niveau de puissance acoustique moyen de bruit aérien généré par les moteurs de traction



IEC 1562/99

Figure C.2 a) – Contour prescrit dans le plan vertical



IEC 2166/10

Figure C.2 b) – Contour prescrit dans le plan horizontal (à la hauteur h au-dessus du plan de réflexion)

l m	d m
$\geq 0,25$	1
$< 0,25$	$4/l \leq d \leq 1$ $d > 0,25$

Légende

h hauteur de l'arbre ou 0,25 m, la plus grande de ces valeurs étant retenue

X points clés de mesure

0 autres points de mesure, pointés à des intervalles de 1 m des points clés

Figure C.2 – Situation des points de mesure et contours prescrits pour des machines à axe horizontal

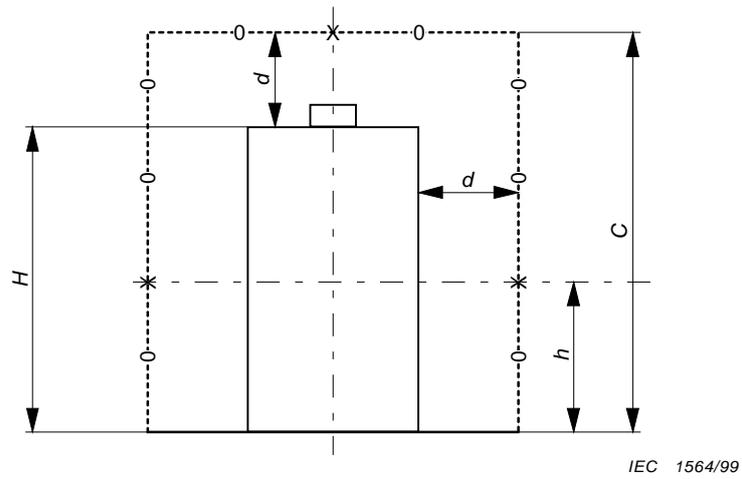


Figure C.3 a) – Contour prescrit dans le plan vertical

l m	d m
$\geq 0,25$	1
$< 0,25$	$4/l \leq d \leq 1$ $d > 0,25$

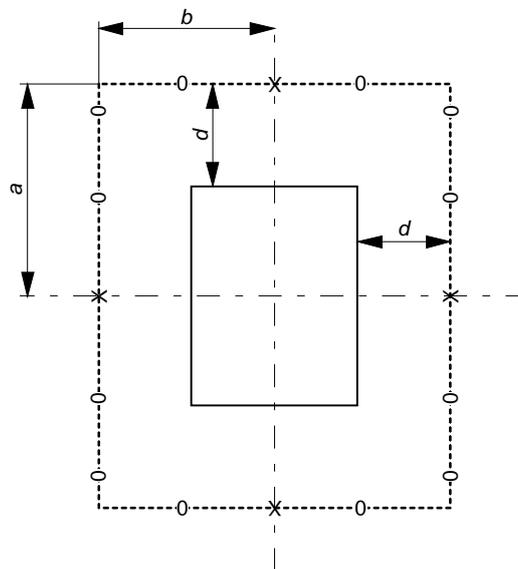


Figure C.3 b) – Contour prescrit dans le plan horizontal (à la hauteur h au-dessus du plan de réflexion)

Légende

h $H/2$ mais pas inférieure à 0,25 m

X points clés de mesure

0 autres points de mesure, pointés à des intervalles de 1 m des points clés

Figure C.3 – Situation des points de mesure et contours prescrits pour une machine à axe vertical

Annexe D (normative)

Tension d'alimentation des réseaux de traction

La valeur nominale, la valeur la plus haute et la valeur la plus basse de la tension d'alimentation du réseau de traction doivent être spécifiées par l'exploitant. Il convient de préférence de les choisir parmi les valeurs normalisées qui ont été adoptées dans la CEI 60850.

La tension nominale sert de base à l'établissement des régimes assignés et des caractéristiques du moteur, et au calcul des performances du véhicule.

Les performances à des tensions autres que la tension nominale peuvent suivre une variation naturelle ou peuvent être contrôlées pour réduire une telle variation, mais le maintien de performances constantes sur une large plage de tensions n'est pas généralement souhaitable.

Les moteurs auxiliaires doivent avoir des performances convenables pour permettre le fonctionnement du véhicule avec une tension d'alimentation des auxiliaires prenant n'importe quelle valeur comprise entre les limites spécifiées, mais il peut être admis de limiter le temps de fonctionnement à la tension minimale.

Annexe E (normative)

Accord entre exploitant et constructeur

E.1 Exigences particulières de l'exploitant à spécifier et devant faire l'objet d'un accord avec le constructeur

Articles/Paragraphes	Sujets
4	Conditions d'environnement exceptionnelles.
5.3	Tension d'alimentation de caractéristiques spécifiées.
7.1.2.2	Similitude des alimentations de puissance pour les essais et pour le service.
7.1.4	Essais d'investigation.
8.1.6	Spécification des essais de surcharge de courte durée.
Annexe C	Essais de bruit.
Annexe D	Valeurs de la tension d'alimentation.

E.2 Exigences particulières du constructeur à spécifier et devant faire l'objet d'un accord avec l'exploitant

Articles/Paragraphes	Sujets
1	Redondances des essais.
5.4	Caractéristique de base différente d'une caractéristique existante.
7.1.2.1	Spécification et rapport d'essai de type.
7.1.2.4	Exemption ou réduction des essais de type.
7.1.3	Autres procédures d'essais de série.
8.1.2	Dispositions particulières du refroidissement externe.
8.1.6	Autres méthodes d'essai de surcharge de courte durée et mesures additionnelles de température (si cet essai est spécifié par l'exploitant).
A.5	Dispositif spécial de freinage et allongement du temps précédant la première mesure de résistance.

E.3 Autres exigences particulières qui peuvent faire l'objet d'un accord entre exploitant et constructeur

Articles/Paragraphes	Sujets
6.2	Marquage des bornes et des câbles non conforme à la CEI 60034-8.
9.1	Utilisation de forme d'onde.
9.1	Essais d'échauffement sinusoïdal supplémentaires.
9.4	Essais de série de survitesse.
9.5	Utilisation de tension continue pour les essais diélectriques.
9.6	Essais quantitatifs de vibration.

Bibliographie

CEI 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et performances*

CEI 60034-2-1, *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)*

CEI 60034-5, *Machines électriques tournantes – Partie 5: Degrés de protection procurés par la conception intégrale des machines électriques tournantes (code IP) – Classification*

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 60034-18-41, *Machines électriques tournantes – Partie 18-41: Qualification et essais de type des systèmes d'isolation de type I utilisés dans des machines alimentées par convertisseurs de tension*

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

CEI 61260, *Electroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave*

CEI 61287 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant*

CEI 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

CEI 61377-1, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Partie 1: Essais combinés de moteurs à courant alternatif alimentés par onduleur et de leur régulation*

CEI 61377-3, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Partie 3: Essais combinés des moteurs à courant alternatif, alimentés par un convertisseur à deux étages, et leur régulation*

ISO 3741, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes de laboratoire en salles réverbérantes*

ISO 3743-1, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Méthodes d'expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables – Partie 1: Méthode par comparaison en salle d'essai à parois dures*

ISO 3743-2, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes d'expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables – Partie 2: Méthodes en salle d'essai réverbérante spéciale*

ISO 3744, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode d'expertise dans des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant*

ISO 3745, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïques et semi-anéchoïques*

ISO 3746, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

ISO 3747, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthode de comparaison pour une utilisation in situ*

ISO 9614-1, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 1: Mesurages par points*

ISO 9614-2, *Acoustique – Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit – Partie 2: Mesurage par balayage*

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