

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Rotating electrical machines –

Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-14:2018



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2018 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Rotating electrical machines –

Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.160.01

ISBN 978-2-8322-5902-3

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions	6
4 Measurement quantities.....	7
4.1 General.....	7
4.2 Vibration magnitude	7
4.3 Relative shaft vibration.....	7
5 Measurement equipment.....	7
6 Machine mounting	8
6.1 General.....	8
6.2 Free suspension	8
6.3 Rigid mounting.....	8
6.3.1 Foundation	8
6.3.2 Horizontal machines.....	9
6.3.3 Vertical machines.....	9
6.4 Active environment determination	9
7 Conditions of measurement.....	10
7.1 Key.....	10
7.2 Measurement positions and directions.....	10
7.2.1 Measurement positions for vibration	10
7.2.2 Measurement positions for relative shaft displacement.....	10
7.3 Test conditions.....	10
7.4 Vibration transducer.....	10
8 Limits of bearing housing vibration	11
8.1 Limits of vibration magnitude.....	11
8.2 Limits of vibration velocity with twice-line frequency for a.c. machines.....	12
8.3 Axial vibration.....	12
9 Limits of relative shaft vibration.....	12
Bibliography	18
Figure 1 – Minimum elastic displacement as a function of rated speed	13
Figure 2 – Preferred positions of measurement applicable to one or both ends of the machine	14
Figure 3 – Measurement positions for those ends of machines where measurements according to Figure 2 are not possible without disassembly of parts.....	14
Figure 4 – Measurement positions for pedestal bearing	15
Figure 5 – Preferred circumferential position of transducers for the measurement of relative shaft displacement.....	15
Figure 6 – Measurement positions for vertical machines (measurements to be made at the bearing housing; when not accessible, then as close as possible)	16
Figure 7 – Vibration limit diagram for shaft heights $H > 132$ mm.....	17
Table 1 – Limits of maximum vibration magnitude in displacement (r.m.s.) and velocity (r.m.s.) for shaft height H	11

Table 2 – Limits for the maximum shaft vibration (S_{p-p}) and the maximum run-out.....	13
---	----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-14:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

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

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 60034-14 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This fourth edition cancels and replaces the third edition, published in 2003, and its amendment 1, published in 2007. It constitutes a technical revision.

The significant technical changes with respect to the previous edition are:

- a) 6.2 is significantly changed to better explain the definition "free suspension".
- b) 6.3: a second method of rigid mount is added since the first method is not always possible on the test floor.
- c) 7.1: an improved option for shaft key is defined.

- d) Clause 8: considerable effort to harmonize with NEMA MG 1 and IEEE 841 and API 541, and also establish levels which are achievable and more in line with best practices. Table 1 is reduced to two shaft-height range sections.
- e) 8.2: definition of twice line frequency simplified along with Figure 7 added.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
2/1906/FDIS	2/1914/RVD

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

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

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

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

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

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

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration severity

1 Scope

This part of IEC 60034 specifies the factory acceptance vibration test procedures and vibration limits for certain electrical machines under specified conditions, when uncoupled from any load or prime mover.

It is applicable to DC and three-phase AC machines, with shaft heights 56 mm and higher and a rated output up to 50 MW, at operational speeds from 120 min⁻¹ up to and including 15 000 min⁻¹.

This document is not applicable to machines mounted *in situ* (on site), three-phase commutator motors, single-phase machines, three-phase machines operated on single-phase systems, vertical waterpower generators, turbine generators greater than 20 MW and machines with magnetic bearings or series-wound machines.

NOTE For machines measured *in situ*, refer to applicable parts of ISO 20816, ISO 10816 and ISO 7919.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 60034-7, *Rotating electrical machines – Part 7: Classification of types of constructions and mounting arrangements (IM Code)*

ISO 2954, *Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery – Requirements for instruments for measuring vibration severity*

ISO 10817-1, *Rotating shaft vibration measuring systems – Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration from rotating shafts*

ISO 20816-1, *Mechanical vibration – Measurement and evaluation of machine vibration – Part 1: General guidelines*

ISO 21940-32, *Mechanical vibration – Rotor balancing – Part 32: Shaft and fitment key convention*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60034-1 apply.

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

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

4 Measurement quantities

4.1 General

Measurement quantities are the vibration displacement and vibration velocity at the machine bearings and the relative shaft vibration displacement within or near to the machine bearings.

4.2 Vibration magnitude

The criterion for the vibration magnitude at the machine bearings shall be the broadband r.m.s. value of the vibration displacement in micrometres or the vibration velocity in millimeters per second in the frequency range specified in Clause 5. The maximum value, determined at the prescribed measurement positions and prescribed measuring variable, according to this standard, characterizes the vibration magnitude of the machine.

Induction motors (especially of two pole type) frequently show vibration beating at twice slip frequency. In these cases, the decisive vibration magnitude shall be determined from the relationship:

$$x_{\text{r.m.s.}} = \sqrt{\frac{x_{\text{max}}^2 + x_{\text{min}}^2}{2}}$$

where

x_{max} is the maximum r.m.s. value of vibration displacement or vibration velocity;

x_{min} is the minimum r.m.s. value of vibration displacement or vibration velocity.

The sample rate shall be chosen large enough to reliably capture the maximum and minimum values of the vibration.

NOTE Large AC induction machines running at very low slip values at no load may require several minutes to more than ten minutes for such measurements to be completed at each vibration measuring position.

4.3 Relative shaft vibration

The criterion adopted for the relative shaft vibration shall be the vibratory displacement $S_{\text{p-p}}$ in the direction of measurement from ISO 20816-1.

5 Measurement equipment

The measurement equipment shall be capable of measuring broadband r.m.s. vibration with flat response over a frequency range of 10 Hz to 1 000 Hz, in accordance with the requirements of ISO 2954. However, for machines with speeds approaching or below 600 min⁻¹, the lower limit of the flat response frequency range shall not be greater than 2 Hz.

Measurement equipment for relative shaft vibration measurements shall comply with the requirements in ISO 10817-1.

Multi-directional vibration sensors shall not be used.

NOTE Multi-directional sensors do not provide proper vibration measurement in all directions when mounted in only one location.

6 Machine mounting

6.1 General

The vibration of an electrical machine is closely linked with the mounting of the machine. To permit evaluation as far as balance and vibration of rotating electrical machines are concerned, it is necessary to measure the vibration on the machine alone, under properly determined test conditions, to enable reproducible tests to be carried out and to provide comparable measurements.

6.2 Free suspension

This condition is achieved by suspending the machine on a spring or by mounting on an elastic support (springs, rubber, etc.).

The highest natural oscillation frequency (f_{no}) of the suspension system and machine, shall be less than 1/3 of the frequency f_1 corresponding to the speed of the machine under test, as defined in 7.3. Based on the mass of the machine being tested, the necessary elasticity of the suspension system as a function of rated speed from 600 min⁻¹ to 3 600 min⁻¹ can be determined from Figure 1. For speeds lower than 600 min⁻¹ measurements in free suspension are not practical. For speeds greater than 3 600 min⁻¹, the static displacement Z should be not less than the value for 3 600 min⁻¹.

The curve in Figure 1 presents the minimum elastic displacement to attain the necessary vertical rigid body natural oscillation, which is usually the highest rigid body natural frequency. Static displacement Z is expressed as:

$$Z = \frac{a^2 g}{(2\pi n)^2} \quad , a = \frac{f_1}{f_{no}}; a \geq 3$$

where

Z is the displacement in m,

n is the rated speed in units of s⁻¹, and

g is the acceleration of gravity (9,81 m/s²).

When a is set to 3, then the curve in Figure 1 is generated.

6.3 Rigid mounting

6.3.1 Foundation

6.3.1.1 General

During the shop running test of the assembled machine, vibration measurements shall be made with the machine properly shimmed and securely fastened to a massive foundation or test floor stand. Elastic mounts are not permitted.

The horizontal and vertical natural frequencies of the complete test arrangement shall not coincide within:

- a) ± 10 % of the rotational frequency of the machine;
- b) ± 5 % of twice the rotational frequency, or
- c) ± 5 % of once and twice the electrical line frequency.

Either one of the following two mounting conditions may be chosen by the manufacturer.

6.3.1.2 Rigid mounting on massive foundation

One indication of massive foundation is when the vibration velocity measured in the horizontal and vertical directions at the machine feet (or at the base frame near to the bearing pedestals or stator feet) does not exceed 30 % of the maximum velocity, which is measured at the adjacent bearing housing in the same measurement direction. The ratio of foot to bearing vibration velocities is valid for the rotational frequency component or twice-line frequency component (if the latter is being evaluated).

NOTE 1 The rigidity of a foundation is a relative quantity. It is compared with the rigidity of the machine bearing system. The ratio of bearing housing vibration to foundation vibration is a characteristic quantity for the evaluation of foundation flexibility.

NOTE 2 If the machine is to be supported in the field by a structure other than a massive foundation, it may be necessary to perform a system dynamic analysis to make the necessary changes to the foundation dynamic stiffness.

6.3.1.3 Rigid mounting on test floor stand

This condition is achieved by mounting the machine on an adequately rigid test foundation free of resonances at forcing frequencies, see 6.3.1.1.

NOTE This mounting is the most used in manufacturers test labs.

6.3.2 Horizontal machines

The machine under test shall be bolted or clamped using all bolt-hole positions to a foundation that meets the requirements of 6.3.1.2 or 6.3.1.3.

There are constructions and mountings in which the above fixing conditions cannot be met, such as single-bearing machines. In those cases there should be an agreement between the supplier and customer.

6.3.3 Vertical machines

Vertical machines shall be mounted onto a solid rectangular or circular steel plate with a bore hole in the centre of the shaft extension, a machined surface for the flange of electrical machine being measured and holes provided for fasteners or clamps. The steel plate thickness shall be at least three times greater than the machine flange thickness, five times is recommended. The edge length respective to the diameter shall be at least equal to the height of the top bearing, L . Figure 6 is an example for IM V1 (see IEC 60034-7).

The steel base shall be clamped firmly and tilt safe to a solid floor and meet the requirements to 6.3.1.2 or 6.3.1.3. The flange connection shall use the correct number of fasteners or clamps. If the above method of mounting is not reasonable, other arrangements can be per agreement between supplier and customer.

6.4 Active environment determination

The support systems described in 6.2 and 6.3 are considered passive, admitting insignificant external disturbances to the machine. When, for the same measurement position, the vibration magnitude with the machine at standstill exceeds 25 % of the value when the machine is running, then an active environment is said to exist and this standard does not apply (see ISO 20816-1).

7 Conditions of measurement

7.1 Key

For the balancing and measurement of vibration on machines provided with a shaft extension keyway, the keyway shall be considered according to ISO 21940-32.

7.2 Measurement positions and directions

7.2.1 Measurement positions for vibration

The location of the preferred measurement positions and directions to which the levels of vibration magnitude apply are shown in Figure 2 for machines with end-shield bearings and in Figure 4 for machines with pedestal bearings. Figure 3 applies to those machines where measurement positions according to Figure 2 are not possible without disassembly of parts. When measurements cannot be performed per Figure 2 or Figure 3, there should be an agreement between supplier and customer.

Figure 6 applies to machines mounted in the vertical position.

NOTE 1 Measurement according to Figure 3 might be on the frame as close to the bearing housing as possible.

NOTE 2 Axial vibration measurement may not be possible without disassembly on both ends. If a machine has thrust bearings, this may be per agreement between supplier and customer, see 8.3.

7.2.2 Measurement positions for relative shaft displacement

Non-contacting transducers shall be installed inside the bearing, measuring directly the relative shaft journal displacement, or (when inside mounting is not possible) adjacent to the bearing shell. The preferred radial positions are as indicated in Figure 5.

7.3 Test conditions

Machines shall be tested at no-load with all relevant quantities at their rated value.

Fixed speed AC machines shall be run with a sinusoidal supply voltage according to IEC 60034-1.

The test shall be performed at each rated fixed speed or over the rated speed range for variable frequency drives. For all tested speeds, the values shall not exceed the corresponding limit in Table 1.

In order to discern the mechanically induced vibration from other vibration excitation forces, it is recommended that DC machines are tested with a low current ripple supply or pure DC.

NOTE Tests with variable-frequency power supply normally only confirm mechanically induced vibrations. It is possible that electrically induced vibrations will be different. If possible, the tests with the actual converter to be installed with the motor on site will provide better information about vibration behaviour.

For routine testing of variable-speed machines, it is permitted to test at a single speed based upon information obtained during type test.

For machines that are bi-directional, the vibration limits apply for both directions of rotation, but need to be measured in only one direction.

7.4 Vibration transducer

The mounting of the transducer used for vibration measurement on the machine surface shall be as specified by the manufacturer of the transducer and shall not disturb the vibratory condition of the machine under test.

For this, it is necessary that the total coupled mass of the transducer assembly is less than 1/50 of the mass of the machine.

8 Limits of bearing housing vibration

8.1 Limits of vibration magnitude

The limits apply to the measured broadband r.m.s. vibration velocity and displacement in the frequency range specified in Clause 5.

The vibration magnitude for DC and three phase AC machines with shaft heights 56 mm and higher, for one of either of the two mounting conditions according to Clause 6, shall not exceed the limits specified in Table 1. Limits are given for two vibration grades. When no grade is specified, machines complying with this standard shall be grade A.

For routine tests of standard machines with rotational speeds less than 600 min⁻¹, vibration is to be expressed in units of displacement. For rotational speeds from 600 min⁻¹ up to 15 000 min⁻¹, vibration is to be expressed in units of velocity.

When the routine test is made with a free-suspension mounting condition, the type test should also include testing with rigid mounting. This is valid for the whole speed range of this standard.

Table 1 – Limits of maximum vibration magnitude in displacement (r.m.s.) and velocity (r.m.s.) for shaft height H

Vibration grade	Shaft height, mm	$56 \leq H \leq 132$		$H > 132$	
	Mounting	Displacement μm	Velocity mm/s	Displacement μm	Velocity mm/s
A	Free suspension	45	2,8	45	2,8
	Rigid mounting	–	–	37	2,3 2,8*
B	Free suspension	18	1,1	29	1,8
	Rigid mounting	–	–	24	1,5 1,8*

Grade A applies to machines with no special vibration requirements.

Grade B applies to machines with special vibration requirements.

Rigid mounting is not considered acceptable for machines with shaft heights less than or equal to 132 mm.

Vibration at frequencies above 1 000 Hz should be filtered out.

The shaft height of a machine without feet, or a machine with raised feet, or any vertical machine is to be taken as the shaft height of a machine in the same basic frame, but of the horizontal shaft foot-mounting type.

* This level is the limit when the twice line frequency vibration level is dominant as defined in 8.2 and explained in Figure 7.

NOTE 1 The manufacturer and the purchaser take into account that the instrumentation can have a measurement tolerance of $\pm 10\%$.

NOTE 2 A machine which is well-balanced in itself and of a grade conforming with Table 1 may exhibit large vibrations when installed on site arising from various causes, such as unsuitable foundations, reaction of the driven machine, current ripple from the power supply, etc. Vibration may also be caused by driving elements with a natural oscillation frequency very close to the excitation due to the small residual unbalance of the rotating masses

of the machine. In such cases, checks can be carried out on site not only on the machine, but also on each element of the installation. (See ISO 10816-3.)

NOTE 3 As mentioned for onsite operation in ISO 20816-1, special agreements can be made. The values given in ISO 20816-1 are the basis for the ease of discussion and agreement between the supplier and the user. The values ensure in most applications that major errors or unrealistic requirements are avoided. Special agreements are also made for acceleration and deceleration ramps. Short term vibration limits and reduced bearing life time as a function of vibration velocity can be given by the manufacturer.

8.2 Limits of vibration velocity with twice-line frequency for a.c. machines

Two-pole induction machines may have electromagnetic excited vibration at twice the frequency of the power system. The correct evaluation of these vibration components requires a rigid mounting of the machine, which complies with the requirements given in 6.3.

When type tests demonstrate a dominant twice line frequency component for machines having $H > 132$ mm, the vibration magnitude limit in Table 1 (for Grade A) is increased to 2,8 mm/s (r.m.s.) from 2,3 mm/s (r.m.s.) or (for Grade B) is increased to 1,8 mm/s (r.m.s.) from 1,5 mm/s (r.m.s.). Greater values are subject to prior agreement. A twice line frequency component is considered dominant when type tests demonstrate it to be greater than 70 % of 2,3 mm/s (r.m.s.) (for Grade A) or 70 % of 1,5 mm/s (r.m.s.) (for Grade B). Graphical interpretation of the definition above is shown in Figure 7.

NOTE 1 With respect to the twice-line frequency component agreements between the supplier and the customer can be made.

NOTE 2 70 % approximates $\frac{1}{\sqrt{2}} 100$ %, where the rms values of rotational and twice-line frequency are equal.

8.3 Axial vibration

The evaluation of axial bearing vibration depends on the bearing function and bearing construction.

In the case of thrust bearings, axial vibration correlates with thrust pulsations, which could cause damage to the metal liner of sleeve bearings or to parts of antifriction bearings. Axial vibration of these bearings shall be evaluated in the same manner as transverse vibration and Table 1 limits apply.

For bearings having no axial limiting construction such as sleeve bearings with no axial thrust bearing, the requirement may be relaxed by prior agreement.

9 Limits of relative shaft vibration

Relative shaft vibration measurements are recommended only for sleeve bearing machines with speeds $> 1\,200\text{ min}^{-1}$; rated power $> 1\,000\text{ kW}$; and shall be subject to prior agreement with respect to the necessary provisions regarding the installation of shaft measurement transducers.

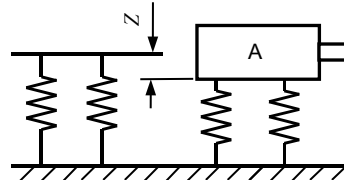
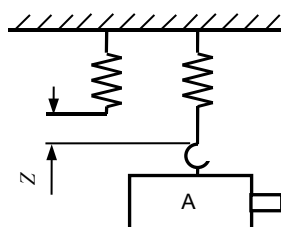
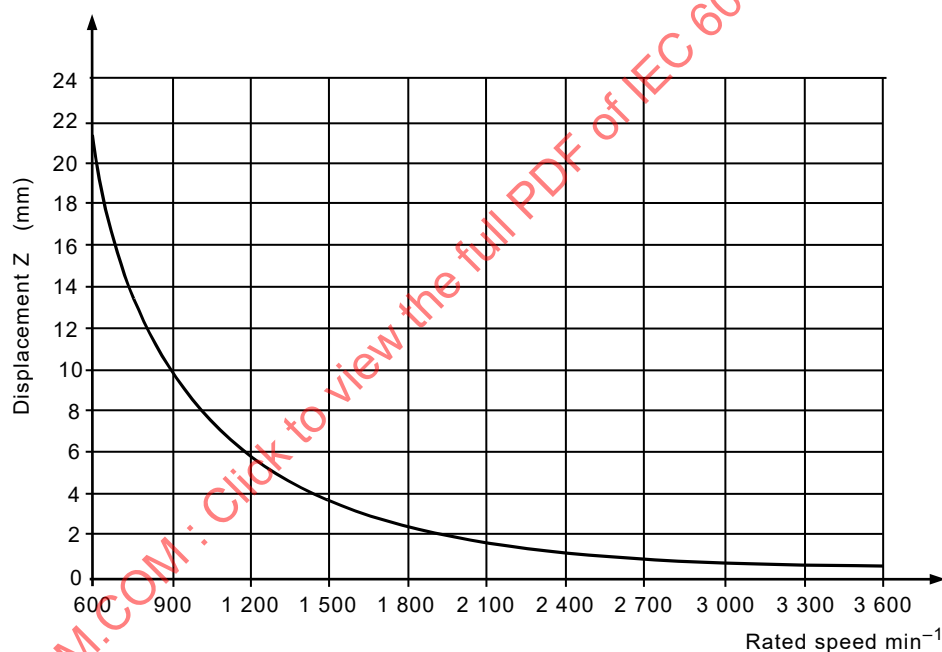
When machines with sleeve bearings have special provisions for the installation of shaft vibration measurement transducers, the limits for the relative shaft vibration displacement are specified in Table 2. These limits are in addition to those required in Clause 8.

Table 2 – Limits for the maximum shaft vibration (S_{p-p}) and the maximum run-out

Vibration grade	Speed range min^{-1}	Maximum relative shaft displacement μm	Maximum combined mechanical and electrical run-out μm
A	$> 1\,800$	65	16
	$\leq 1\,800$	90	23
B	$> 1\,800$	50	12,5
	$\leq 1\,800$	65	16

Grade B applies to machines with special vibration requirements.

The maximum relative shaft displacement limits include the run-out. For the definition of the run-out see ISO 20816-1.



IEC

Key

A machine under test

Z displacement

Figure 1 – Minimum elastic displacement as a function of rated speed

To reduce the influence of the mass and the moments of inertia of the suspension system on the vibration level, the effective mass of the elastic support shall be not greater than 1/10 of that of the machine.

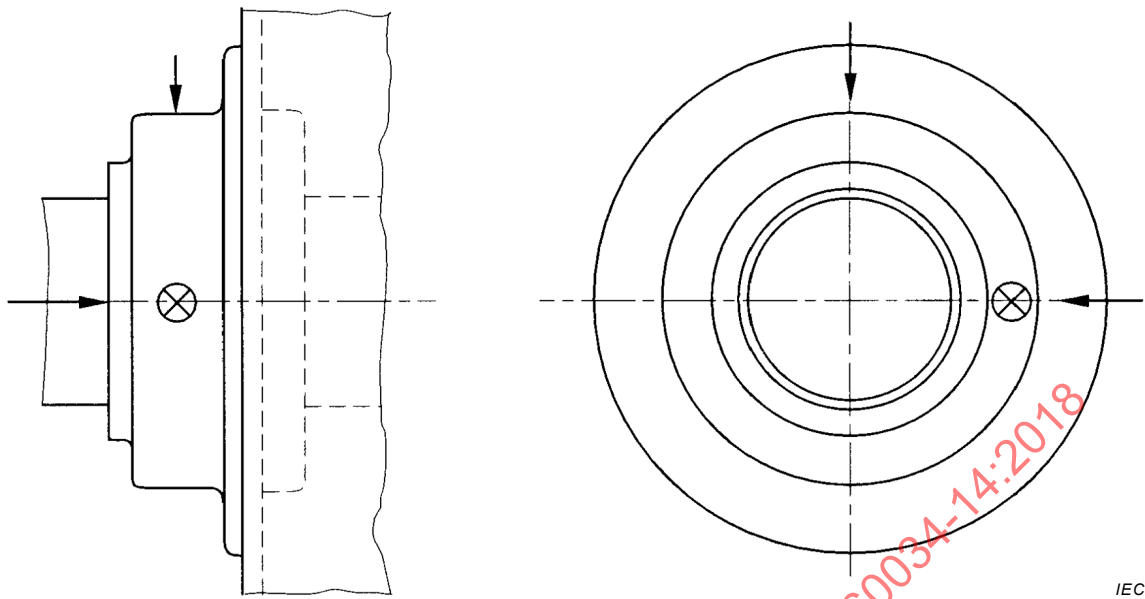


Figure 2 – Preferred positions of measurement applicable to one or both ends of the machine

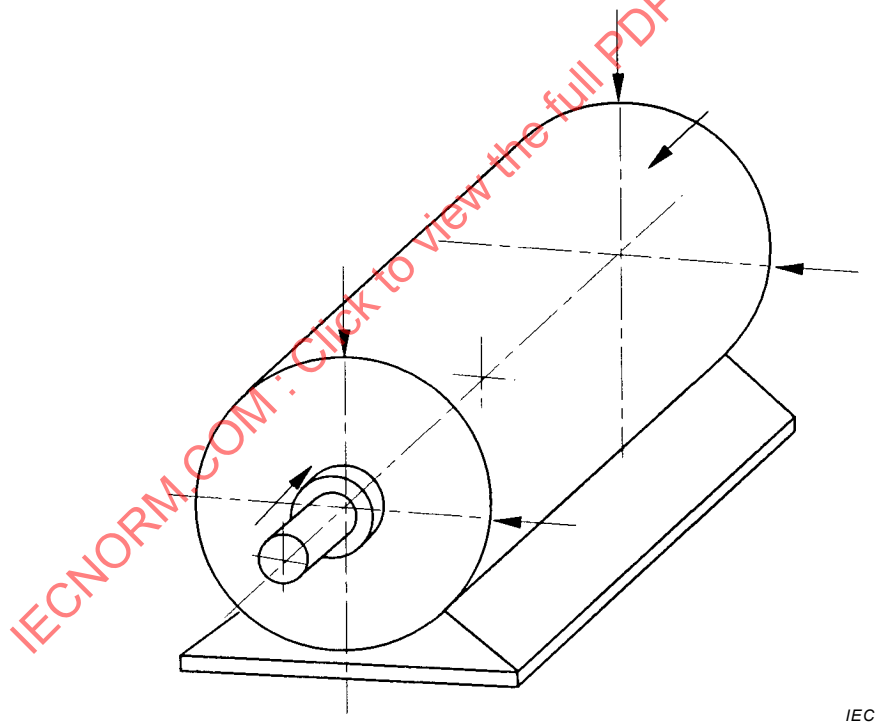


Figure 3 – Measurement positions for those ends of machines where measurements according to Figure 2 are not possible without disassembly of parts

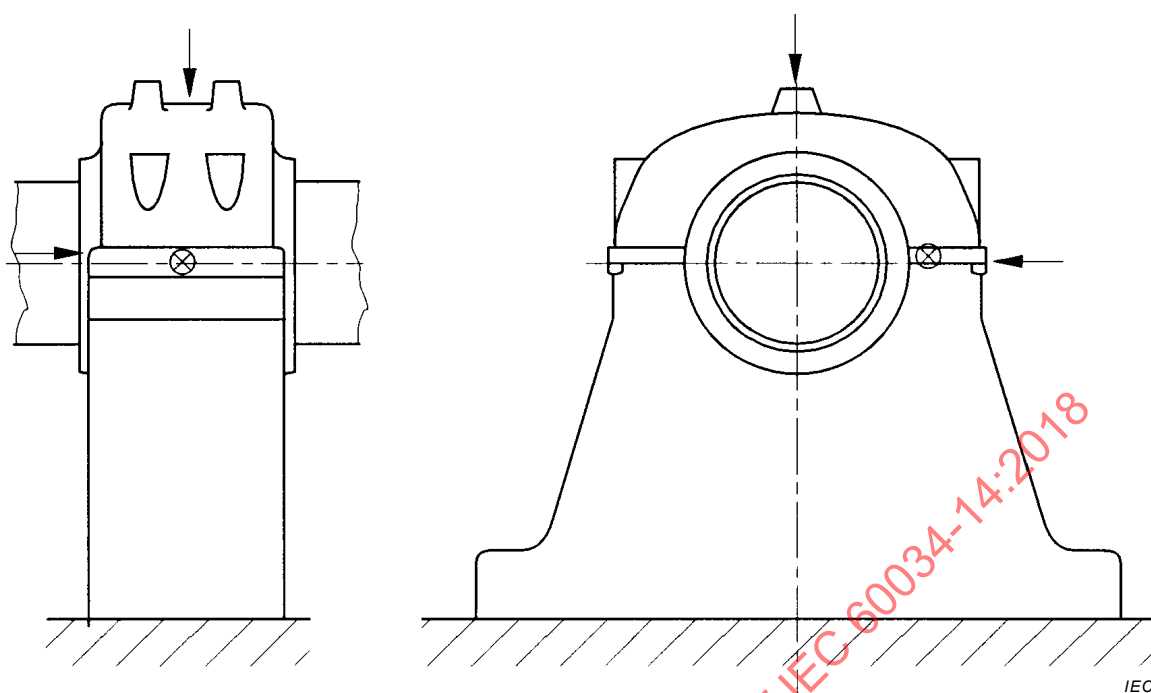
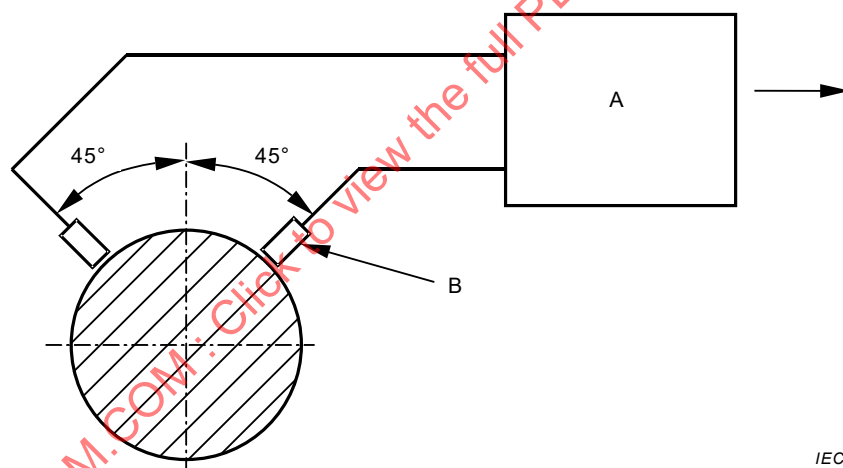


Figure 4 – Measurement positions for pedestal bearing



Key

- A signal conditioner
B transducer

Figure 5 – Preferred circumferential position of transducers for the measurement of relative shaft displacement

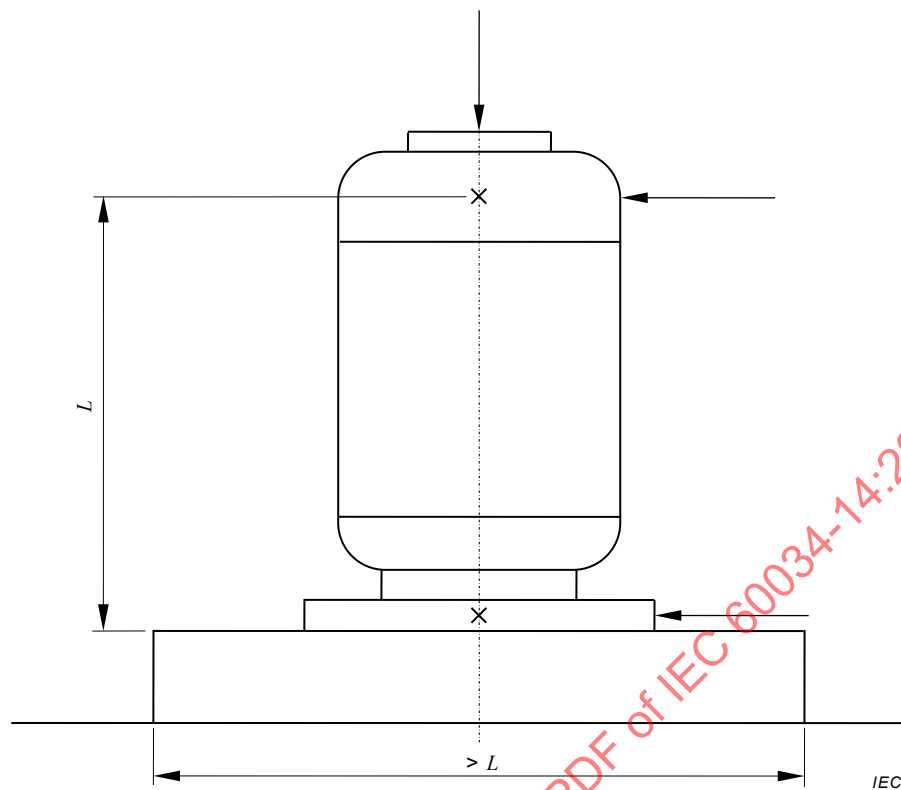


Figure 6 – Measurement positions for vertical machines (measurements to be made at the bearing housing; when not accessible, then as close as possible)

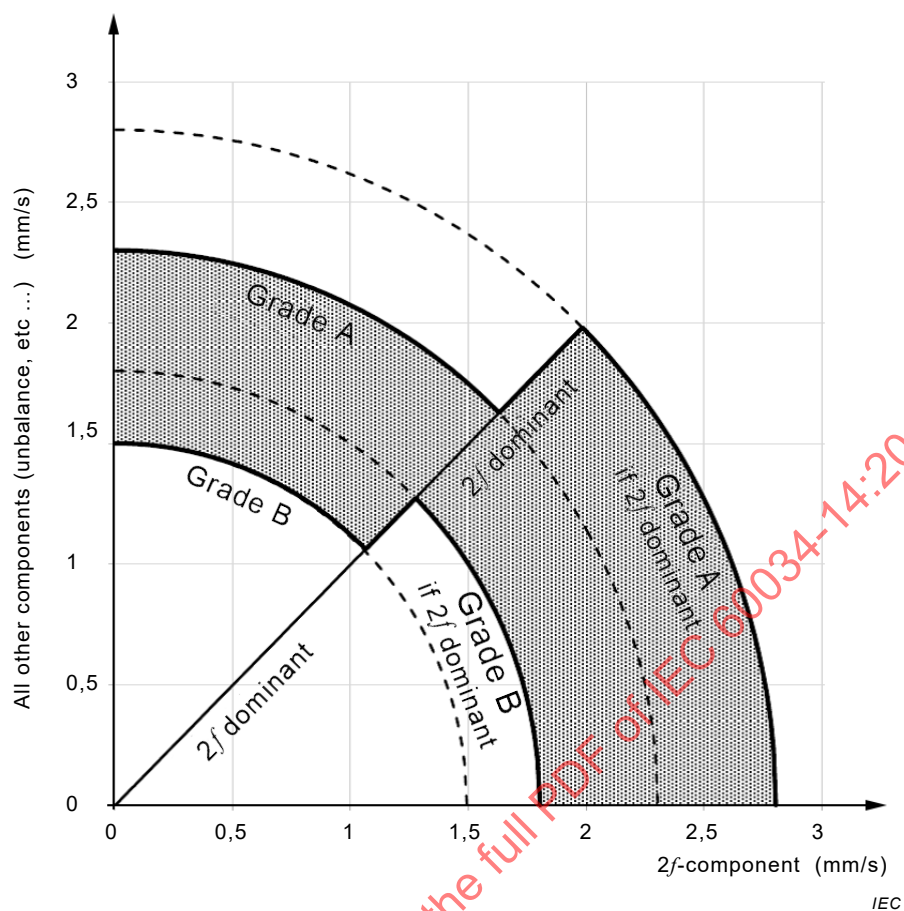


Figure 7 – Vibration limit diagram for shaft heights $H > 132$ mm

Bibliography

ISO 2041, *Vibration and shock vocabulary*

ISO 7919-3, *Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurements on rotating shafts and evaluation criteria – Part 3: Coupled industrial machines*

ISO 10816-3, *Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 3: Industrial machines with rated power above 15 kW and rated speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ*

API Standard 541:2014, *Form-wound squirrel cage induction motors – 250 horsepower and larger*

API Standard 546:2008, *Brushless synchronous machines – 500 horsepower and larger*

API Standard 547:2017, *General Purpose Form-wound Squirrel Cage Induction Motors – 185 kW (250 hp) and through 2240 kW (3 000 hp)*

IEEE Standard for Petroleum and Chemical Industry 841:2009, *Premium-Efficiency, Severe-Duty, Totally Enclosed, Fan-Cooled (TEFC) Squirrel Cage Induction Motors-Up to and Including 370 kW (500 hp)*

NEMA MG 1:2016, *Motors and Generators – Part 7: Mechanical vibration measurement, evaluation and limits*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-14:2018

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-14:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	22
1 Domaine d'application.....	24
2 Références normatives	24
3 Termes et définitions	25
4 Grandeurs mesurées	25
4.1 Généralités	25
4.2 Amplitude vibratoire	25
4.3 Vibration relative de l'arbre.....	25
5 Appareillage de mesure	25
6 Montage de la machine.....	26
6.1 Généralités	26
6.2 Suspension libre	26
6.3 Montage rigide	27
6.3.1 Massif.....	27
6.3.2 Machines horizontales.....	27
6.3.3 Machines verticales	27
6.4 Détermination des perturbations dynamiques dans l'environnement	28
7 Conditions de mesure	28
7.1 Clavette	28
7.2 Positions et directions de mesure	28
7.2.1 Positions de mesure de la vitesse vibratoire	28
7.2.2 Positions de mesure du déplacement relatif de l'arbre.....	28
7.3 Conditions d'essai.....	28
7.4 Capteur de vibration.....	29
8 Limites de vibration du logement de palier.....	29
8.1 Limites d'amplitude vibratoire	29
8.2 Limites de vitesse vibratoire à deux fois la fréquence de ligne pour des machines à courant alternatif.....	30
8.3 Vibration axiale	31
9 Limites de vibration relative de l'arbre	31
Bibliographie	37
Figure 1 – Déplacement élastique minimal en fonction de la vitesse assignée	32
Figure 2 – Positions de mesure préférentielles applicables à une seule ou aux deux extrémités de la machine	33
Figure 3 – Positions de mesure pour les extrémités de machines pour lesquelles les mesurages selon la Figure 2 ne sont pas possibles sans le démontage des éléments	33
Figure 4 – Positions de mesure pour pied support de palier	34
Figure 5 – Position angulaire préférentielle des capteurs de mesure du déplacement relatif de l'arbre	34
Figure 6 – Positions de mesure pour machines verticales (mesurages à effectuer au niveau du logement de palier, ou aussi proche que possible s'il n'est pas accessible)	35
Figure 7 – Diagramme des limites de vibration pour les hauteurs d'axe $H > 132$ mm	36

Tableau 1 – Limites d'amplitude vibratoire maximale, en déplacement (en valeur efficace) et vitesse (en valeur efficace), pour une hauteur d'axe H	30
Tableau 2 – Limites de vibration d'arbre maximale (S_{p-p}) et faux rond maximal	31

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-14:2018

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60034-14 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition, parue en 2003 et son amendement 1, paru en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

Les modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente sont:

- a) Le 6.2 est modifié de manière significative afin de mieux définir «suspension libre».
- b) En 6.3, ajout d'une deuxième méthode de montage rigide puisque la première méthode n'est pas toujours réalisable sur le banc d'essai.

- c) En 7.1, définition d'option améliorée pour les clavettes d'arbre.
- d) À l'Article 8, effort d'harmonisation avec les normes NEMA MG 1, IEEE 841 et API 541, et définition de niveaux réalisables et plus conformes aux meilleures pratiques. Le Tableau 1 est réduit à deux plages de hauteur d'axe.
- e) En 8.2, définition simplifiée de «deux fois la fréquence de ligne», et ajout de la Figure 7.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
2/1906/FDIS	2/1914/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60034, publiées sous le titre général *Machines électriques tournantes*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

NOTE Un tableau de références croisées de toutes les publications du CE 2 de l'IEC est donné sur le tableau de bord du CE 2 sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034 spécifie les procédures d'essai d'acceptation de vibration en usine et les limites de vibration pour certaines machines électriques, dans des conditions spécifiées, sans être couplées à une charge ou à une machine entraînée.

Elle est applicable aux machines à courant continu et aux machines triphasées à courant alternatif de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm et de puissance assignée inférieure ou égale à 50 MW, à des vitesses de fonctionnement de 120 min⁻¹ jusqu'à et y compris 15 000 min⁻¹.

Le présent document n'est pas applicable aux machines montées *in situ* (sur site), aux moteurs triphasés à collecteurs, aux machines monophasées, aux machines triphasées alimentées en monophasé, aux générateurs hydrauliques verticaux, aux générateurs à turbine de plus de 20 MW et aux machines à paliers magnétiques ou aux machines à enroulement série.

NOTE Pour les machines mesurées *in situ*, se référer aux parties applicables de l'ISO 20816, de l'ISO 10816 et de l'ISO 7919.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

IEC 60034-7, *Machines électriques tournantes – Partie 7: Classification des formes de construction et les dispositions de montage (Code IM)*

ISO 2954, *Vibrations mécaniques des machines tournantes ou alternatives – Exigences relatives aux appareils de mesure de l'intensité vibratoire*

ISO 10817-1, *Systèmes de mesure des vibrations des arbres tournants – Partie 1: Captage relatif et captage absolu des vibrations radiales des arbres tournants*

ISO 20816-1, *Vibrations mécaniques – Mesurage et évaluation des vibrations de machines – Partie 1: Lignes directrices générales*

ISO 21940-32, *Vibrations mécaniques – Équilibrage des rotors – Partie 32: Convention relative aux clavettes d'arbres et aux éléments rapportés*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60034-1 s'appliquent.

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

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

4 Grandeurs mesurées

4.1 Généralités

Les grandeurs mesurées sont le déplacement vibratoire et la vitesse vibratoire aux paliers de la machine et le déplacement vibratoire relatif sur l'arbre à l'intérieur ou près des paliers de la machine.

4.2 Amplitude vibratoire

Le critère à adopter pour l'amplitude vibratoire aux paliers de la machine doit être la valeur efficace large bande du déplacement vibratoire en micromètres ou la vitesse vibratoire en millimètres par seconde dans la plage de fréquences spécifiée à l'Article 5. La valeur maximale déterminée aux positions de mesure et aux grandeurs mesurées spécifiées, conformément à la présente norme, caractérise l'amplitude vibratoire de la machine.

Les moteurs à induction (spécialement du type bipolaire) présentent fréquemment des vitesses vibratoires à deux fois la fréquence de glissement. Dans ces cas, l'amplitude vibratoire doit être déterminée à partir de la relation:

$$x_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{x_{\max}^2 + x_{\min}^2}{2}}$$

où

$x_{\max}$ est la valeur efficace maximale du déplacement vibratoire ou de la vitesse vibratoire;

$x_{\min}$ est la valeur efficace minimale du déplacement vibratoire ou de la vitesse vibratoire.

La fréquence d'échantillonnage choisie doit être assez grande pour permettre de capturer de manière fiable les valeurs des vibrations maximales et minimales.

NOTE Les grandes machines à induction à courant alternatif fonctionnant à des valeurs de glissement très basses à vide peuvent exiger des temps de mesure de plusieurs minutes à plus de dix minutes pour que les mesurages soient effectués à chaque position de mesure de vibration.

4.3 Vibration relative de l'arbre

Le critère à adopter pour la vibration relative de l'arbre doit être le déplacement vibratoire S_{p-p} dans la direction de la mesure (selon l'ISO 20816-1).

5 Appareillage de mesure

L'appareillage de mesure doit être capable de mesurer la valeur efficace large bande de vibration en réponse plate sur une plage de fréquences de 10 Hz à 1 000 Hz, conformément aux exigences de l'ISO 2954. Cependant, pour les machines dont la vitesse avoisine ou

descend en dessous de 600 min^{-1} , la limite inférieure de la bande passante ne doit pas être supérieure à 2 Hz.

L'appareillage de mesure pour les mesurages de la vibration relative de l'arbre doit être conforme aux exigences de l'ISO 10817-1.

Les capteurs de vibration multidirectionnels ne doivent pas être utilisés.

NOTE Les capteurs multidirectionnels ne permettent pas d'effectuer un mesurage de vibration approprié dans toutes les directions s'ils sont installés à un seul endroit.

6 Montage de la machine

6.1 Généralités

Les vibrations d'une machine électrique sont étroitement liées au montage de la machine. Pour permettre une évaluation spécifique de l'équilibrage et des vibrations des machines électriques tournantes, il est nécessaire de mesurer les vibrations sur la machine seule, selon des conditions d'essai convenablement définies, de façon à permettre des essais reproductibles et à fournir des mesures comparables.

6.2 Suspension libre

Cet état est obtenu par suspension de la machine à un ressort, ou par montage sur un support élastique (ressorts, caoutchouc, etc.).

La plus haute fréquence d'oscillation naturelle (f_{no}) du système de suspension et de la machine doit être inférieure au tiers de la fréquence f_1 correspondant à la vitesse de la machine en essai, comme défini en 7.3. Basée sur la masse de la machine à l'essai, la rigidité nécessaire du système de suspension en fonction de la vitesse assignée de 600 min^{-1} à $3\,600 \text{ min}^{-1}$ peut être déterminée à partir de la Figure 1. Pour les vitesses inférieures à 600 min^{-1} , les mesurages en suspension libre ne sont pas pratiques. Pour les vitesses supérieures à $3\,600 \text{ min}^{-1}$, il convient que la valeur de déplacement statique Z ne soit pas inférieure à la valeur pour $3\,600 \text{ min}^{-1}$.

La courbe de la Figure 1 représente le déplacement élastique minimal pour atteindre l'oscillation naturelle du mouvement de corps rigide vertical nécessaire, qui est habituellement la plus haute des fréquences naturelles de corps rigide. Le déplacement statique Z est exprimé comme suit:

$$Z = \frac{a^2 g}{(2\pi n)^2} \quad , a = \frac{f_1}{f_{no}}; a \geq 3$$

où

Z est le déplacement en m,

n est la vitesse assignée en unités s^{-1} , et

g est l'accélération due à la pesanteur ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Lorsque a est réglé sur 3, la courbe de la Figure 1 est générée.

6.3 Montage rigide

6.3.1 Massif

6.3.1.1 Généralités

Lors de l'essai de fonctionnement en atelier de la machine assemblée, les mesurages de vibration doivent être effectués avec la machine correctement calée et solidement fixée à un massif ou à un banc d'essai. Les supports élastiques souples ne sont pas autorisés.

Les fréquences naturelles horizontale et verticale de la configuration d'essai complète ne doivent pas coïncider avec:

- a) ± 10 % de la fréquence de rotation de la machine;
- b) ± 5 % de deux fois la fréquence de rotation, ou
- c) ± 5 % d'une ou deux fois la fréquence électrique de ligne.

Le constructeur peut choisir l'une des deux conditions de montage suivantes.

6.3.1.2 Montage rigide sur massif d'essai

Le massif d'essai est considéré comme satisfaisant lorsque la vitesse vibratoire mesurée selon les directions horizontale et verticale sur les pieds de la machine (ou sur le cadre d'embase près des supports des paliers ou pieds du stator) n'excède pas 30 % de la vitesse maximale, qui est mesurée sur le palier adjacent dans la même direction de la mesure. Le rapport entre les vitesses vibratoires au niveau du pied et du palier est valable pour la composante de fréquence de rotation ou la composante à deux fois la fréquence de ligne (si cette dernière est évaluée).

NOTE 1 La rigidité d'un massif est une grandeur relative. Elle est comparée à la rigidité du système des paliers de la machine. Le rapport entre les vibrations du logement de palier et les vibrations du massif est une grandeur caractéristique pour l'évaluation de la flexibilité du massif.

NOTE 2 Si la machine doit être soutenue par une structure autre qu'un massif d'essai, il peut être nécessaire de réaliser une analyse dynamique du système afin d'apporter les modifications nécessaires à la rigidité dynamique du massif.

6.3.1.3 Montage rigide sur banc d'essai

Cet état est obtenu en montant la machine sur un banc d'essai suffisamment rigide et sans résonance aux fréquences de forçage, voir 6.3.1.1.

NOTE Il s'agit du montage le plus utilisé dans les laboratoires d'essai des constructeurs.

6.3.2 Machines horizontales

La machine en essai doit être boulonnée ou fixée en utilisant toutes les positions de fixation à un massif satisfaisant aux exigences de 6.3.1.2 ou 6.3.1.3.

Il existe des constructions et des montages pour lesquels les conditions de fixation énoncées ci-dessus ne peuvent être satisfaites, comme les machines monopaliers. Dans ces cas, il convient qu'un accord entre le fournisseur et le client soit conclu.

6.3.3 Machines verticales

Les machines verticales doivent être montées sur une plaque d'acier massif de forme rectangulaire ou circulaire, avec un trou au centre du bout d'arbre, la surface étant usinée pour la bride de la machine électrique à l'essai et les trous étant conçus pour les attaches ou les fixations. L'épaisseur de la plaque d'acier doit être au moins trois fois supérieure à l'épaisseur de la bride de la machine, un rapport de cinq est recommandé. La longueur du côté de l'embase relative à son diamètre doit être au moins égale à la hauteur du palier supérieur, L . La Figure 6 est un exemple de IM V1 (voir l'IEC 60034-7).

L'embase en acier doit être solidement fixée, exempte de basculement, à un sol dur et doit satisfaire aux exigences de 6.3.1.2 ou 6.3.1.3. Le bon nombre d'attaches ou de fixations doit être utilisé pour connecter la bride. Si la méthode de montage présentée ci-dessus n'est pas satisfaisante, d'autres arrangements peuvent être établis par accord entre le fournisseur et le client.

6.4 Détermination des perturbations dynamiques dans l'environnement

Les systèmes de support mentionnés en 6.2 et 6.3 sont considérés comme passifs, en admettant que les perturbations externes à la machine soient insignifiantes. Quand pour une même position de mesure, l'amplitude vibratoire de la machine à l'arrêt est supérieure à 25 % de la valeur lorsque la machine est en marche, alors il existe des perturbations dynamiques dans l'environnement et la présente norme ne s'applique pas (voir l'ISO 20816-1).

7 Conditions de mesure

7.1 Clavette

Pour l'équilibrage et le mesurage des vibrations des machines équipées d'une rainure de bout d'arbre, la rainure doit être prise en compte conformément à l'ISO 21940-32.

7.2 Positions et directions de mesure

7.2.1 Positions de mesure de la vitesse vibratoire

L'emplacement des positions préférentielles de mesure et les directions auxquelles se rapportent les niveaux de l'amplitude vibratoire sont indiqués à la Figure 2 pour les machines à flasques paliers et à la Figure 4 pour les machines à supports de palier. La Figure 3 est applicable aux machines dont les positions de mesure, conformément à la Figure 2, ne sont pas possibles sans démontage des éléments. Lorsque les mesurages ne peuvent être effectués conformément à la Figure 2 ou à la Figure 3, il convient qu'un accord entre le fournisseur et le client soit conclu.

La Figure 6 s'applique aux machines montées en position verticale.

NOTE 1 Le mesurage conformément à la Figure 3 pourrait s'effectuer au niveau de l'embase, le plus près possible du logement de palier.

NOTE 2 Le mesurage de la vibration axiale peut ne pas être possible sans démontage des deux extrémités. Si une machine comporte des paliers de butée, cela peut être conclu par accord entre le fournisseur et le client, voir 8.3.

7.2.2 Positions de mesure du déplacement relatif de l'arbre

Des capteurs sans contact doivent être installés à l'intérieur du palier, mesurant directement le déplacement relatif de la portée de l'arbre, ou (si le montage interne n'est pas réalisable) doivent être installés près de la coquille de coussinet. Les positions radiales préférentielles sont celles indiquées à la Figure 5.

7.3 Conditions d'essai

Les machines doivent être soumises à l'essai à vide, toutes les grandeurs correspondantes étant à leur valeur assignée.

Les machines à courant alternatif et à vitesse fixe doivent être alimentées avec une tension d'alimentation sinusoïdale conformément à l'IEC 60034-1.

L'essai doit être effectué à chaque vitesse fixe assignée ou dans toute la plage des vitesses assignées pour les variateurs de fréquence. Pour chacun des essais à vitesse fixe, les

valeurs ne doivent pas être supérieures aux limites correspondantes indiquées dans le Tableau 1.

Afin de distinguer les vibrations induites mécaniquement de celles provenant d'autres forces d'excitation vibratoires, il est recommandé de soumettre à l'essai les machines à courant continu avec une alimentation à faible ondulation de courant ou avec une alimentation à courant continu.

NOTE Les essais avec des alimentations à fréquence variable ne confirment généralement que les vibrations induites mécaniquement. Il est possible que les vibrations induites électriquement soient différentes. Si cela est possible, les essais effectués avec le convertisseur effectivement destiné à être installé avec le moteur sur site fournissent de meilleures informations concernant le comportement de vibration.

Pour l'essai individuel de série d'une machine à vitesse variable, il est admis de réaliser l'essai à une seule vitesse selon les informations obtenues pendant l'essai de type.

Pour les machines ayant deux sens de rotation, les limites de vibration sont applicables à ces deux sens, mais il n'est nécessaire d'effectuer le mesurage que dans un seul sens.

7.4 Capteur de vibration

Le montage du capteur utilisé pour le mesurage de la vibration sur la surface de la machine doit être tel que spécifié par le constructeur du capteur et ne doit pas perturber l'état vibratoire de la machine en essai.

Pour cela, il est nécessaire que la masse totale couplée du capteur monté soit inférieure à 1/50 de la masse de la machine.

8 Limites de vibration du logement de palier

8.1 Limites d'amplitude vibratoire

Les limites d'amplitude vibratoire s'appliquent au mesurage en valeur efficace large bande de la vitesse vibratoire et du déplacement vibratoire dans la plage de fréquences spécifiée à l'Article 5.

L'amplitude vibratoire des machines à courant continu et des machines triphasées à courant alternatif, de hauteur d'axe égale et supérieure à 56 mm, pour l'une des deux conditions de montage spécifiées à l'Article 6, ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le Tableau 1. Les limites sont indiquées pour deux niveaux de vibrations. Si aucun niveau n'est spécifié, les machines conformes à la présente norme doivent être de niveau «A».

Pour les essais individuels de série des machines normalisées ayant des vitesses de rotation inférieures à 600 min^{-1} , la vibration doit être exprimée en unités de déplacement. Pour les vitesses de rotation comprises entre 600 min^{-1} et $15\,000 \text{ min}^{-1}$, la vibration doit être exprimée en unités de vitesse.

Lorsque l'essai individuel de série est réalisé avec une condition de montage en suspension libre, il convient que l'essai de type inclue également un essai en montage rigide. Ceci est valable pour toute la plage de vitesses de la présente norme.

Tableau 1 – Limites d'amplitude vibratoire maximale, en déplacement (en valeur efficace) et vitesse (en valeur efficace), pour une hauteur d'axe H

Niveau de vibration	Hauteur d'axe mm	$56 \leq H \leq 132$		$H > 132$	
		Déplacement μm	Vitesse mm/s	Déplacement μm	Vitesse mm/s
A	Suspension libre	45	2,8	45	2,8
	Montage rigide	–	–	37	2,3 2,8*
B	Suspension libre	18	1,1	29	1,8
	Montage rigide	–	–	24	1,5 1,8*

Le niveau A s'applique aux machines n'ayant pas d'exigences vibratoires particulières.

Le niveau B s'applique aux machines ayant des exigences vibratoires particulières.

Le montage rigide n'est pas acceptable pour les machines de hauteur d'axe inférieure ou égale à 132 mm.

Il convient d'éliminer les vibrations à des fréquences supérieures à 1 000 Hz.

La hauteur d'axe d'une machine sans pieds ou d'une machine avec pieds surélevés ou de toute machine verticale doit être considérée comme étant égale à la hauteur d'axe d'une machine de même carcasse de base mais du type à pieds avec arbre horizontal.

* Ce niveau représente la limite lorsque le niveau de vibration à deux fois la fréquence de ligne est dominant, tel que défini en 8.2 et expliqué à la Figure 7.

NOTE 1 Le constructeur et l'acheteur tiennent compte du fait que l'instrumentation peut avoir une tolérance de mesure de $\pm 10\%$.

NOTE 2 Une machine par elle-même bien équilibrée et d'un niveau conforme au Tableau 1 peut, après installation sur site, présenter des vibrations importantes provoquées par différentes raisons telles qu'un massif mal adapté, la réaction de la machine entraînée, l'ondulation de courant de la source de puissance, etc. Des vibrations peuvent également être occasionnées par l'entraînement de pièces présentant une fréquence naturelle d'oscillation très proche de l'excitation en raison d'un faible balourd résiduel de la partie tournante de la machine. Dans de tels cas, des vérifications sur site, non seulement sur la machine, peuvent être effectuées, mais également sur chaque partie de l'installation. (Voir l'ISO 10816-3.)

NOTE 3 Des accords spéciaux, tels que mentionnés dans l'ISO 20816-1 pour le fonctionnement sur site, peuvent être conclus. Les valeurs indiquées dans l'ISO 20816-1 sont des valeurs de base permettant de faciliter la discussion et les accords entre le fournisseur et l'utilisateur. Les valeurs permettent d'éviter des erreurs majeures ou des exigences peu réalistes dans la plupart des applications. Les accords spéciaux doivent être également établis pour les phases d'accélération et de décélération. Les limites de vibration de courte durée et la durée de vie réduite des paliers en fonction de la vitesse vibratoire sont indiquées par le constructeur.

8.2 Limites de vitesse vibratoire à deux fois la fréquence de ligne pour des machines à courant alternatif

Les machines à induction à deux pôles peuvent présenter des vibrations électromagnétiques à deux fois la fréquence de ligne du système d'alimentation. L'évaluation correcte de ces composantes de vibration exige un montage rigide de la machine qui soit conforme aux exigences spécifiées en 6.3.

Si les essais de type révèlent une composante dominante à deux fois la fréquence de ligne pour les machines de hauteur d'axe $H > 132$ mm, la limite d'amplitude vibratoire du Tableau 1 (niveau A) est augmentée de 2,3 mm/s (valeur efficace) à 2,8 mm/s (valeur efficace), ou (niveau B) est augmentée de 1,5 mm/s (valeur efficace) à 1,8 mm/s (valeur efficace). Des valeurs supérieures font l'objet d'un accord préalable. Une composante à deux fois la fréquence de ligne est considérée comme dominante quand les essais de type démontrent que sa valeur efficace est supérieure à 70 % de 2,3 mm/s (valeur efficace) (pour le niveau A).

ou 70 % de 1,5 mm/s (valeur efficace) (pour le niveau B). Une interprétation graphique de la définition présentée ci-dessus est représentée à la Figure 7.

NOTE 1 Des accords peuvent être conclus entre le fournisseur et le client concernant la composante à deux fois la fréquence de ligne.

NOTE 2 La valeur de 70 % avoisine $\frac{1}{\sqrt{2}} 100\%$, où les valeurs efficaces de la fréquence de rotation et les valeurs efficaces à deux fois la fréquence de ligne sont égales.

8.3 Vibration axiale

L'évaluation de la vibration axiale du palier dépend de la fonction du palier et de la construction du palier.

Dans le cas de paliers de butée, la vibration axiale est corrélée aux pulsations de la poussée qui peuvent endommager la garniture métallique des paliers à coussinets ou les bagues des paliers à roulement. La vibration axiale de ces paliers doit être évaluée de la même façon qu'une vibration transverse et les valeurs limites du Tableau 1 sont applicables.

Si des paliers n'ont pas de limitation axiale par construction, par exemple les paliers à coussinets sans palier de butée axiale, l'exigence peut être assouplie par accord préalable.

9 Limites de vibration relative de l'arbre

Les mesurages des vibrations relatives de l'arbre ne sont recommandés que pour les machines à paliers à coussinets de vitesse supérieure à $1\,200\text{ min}^{-1}$ et de puissance assignée supérieure à 1 000 kW. Ces mesurages doivent faire l'objet d'un accord préalable quant à la nécessité d'installer des capteurs de mesure sur l'arbre.

Si les machines à paliers à coussinets présentent des dispositions particulières pour l'installation de capteurs de mesure de la vibration de l'arbre, les limites du déplacement de vibration relative de l'arbre sont spécifiées dans le Tableau 2. Ces limites s'ajoutent à celles exigées à l'Article 8.

Tableau 2 – Limites de vibration d'arbre maximale (S_{p-p}) et faux rond maximal

Niveau de vibration	Plage de vitesses min^{-1}	Déplacement maximal relatif de l'arbre μm	Faux rond mécanique et électrique maximal μm
A	$> 1\,800$	65	16
	$\leq 1\,800$	90	23
B	$> 1\,800$	50	12,5
	$\leq 1\,800$	65	16
Le niveau B s'applique aux machines ayant des exigences vibratoires particulières.			
Les limites de déplacement maximal relatif de l'arbre incluent le faux rond. Pour une définition du faux rond, voir l'ISO 20816-1.			