

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
14839-1

NORME
INTERNATIONALE

First edition
Première édition
2002-05-01

**Mechanical vibration — Vibration of
rotating machinery equipped with active
magnetic bearings —**

Part 1:
Vocabulary

**Vibrations mécaniques — Vibrations de
machines rotatives équipées de paliers
magnétiques actifs —**

Partie 1:
Vocabulaire



Reference number
Numéro de référence
ISO 14839-1:2002(E/F)

© ISO 2002

PDF disclaimer

This PDF file may contain embedded typefaces. In accordance with Adobe's licensing policy, this file may be printed or viewed but shall not be edited unless the typefaces which are embedded are licensed to and installed on the computer performing the editing. In downloading this file, parties accept therein the responsibility of not infringing Adobe's licensing policy. The ISO Central Secretariat accepts no liability in this area.

Adobe is a trademark of Adobe Systems Incorporated.

Details of the software products used to create this PDF file can be found in the General Info relative to the file; the PDF-creation parameters were optimized for printing. Every care has been taken to ensure that the file is suitable for use by ISO member bodies. In the unlikely event that a problem relating to it is found, please inform the Central Secretariat at the address given below.

PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

© ISO 2002

The reproduction of the terms and definitions contained in this International Standard is permitted in teaching manuals, instruction booklets, technical publications and journals for strictly educational or implementation purposes. The conditions for such reproduction are: that no modifications are made to the terms and definitions; that such reproduction is not permitted for dictionaries or similar publications offered for sale; and that this International Standard is referenced as the source document.

With the sole exceptions noted above, no other 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 ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

La reproduction des termes et des définitions contenus dans la présente Norme internationale est autorisée dans les manuels d'enseignement, les modes d'emploi, les publications et revues techniques destinés exclusivement à l'enseignement ou à la mise en application. Les conditions d'une telle reproduction sont les suivantes: aucune modification n'est apportée aux termes et définitions; la reproduction n'est pas autorisée dans des dictionnaires ou publications similaires destinés à la vente; la présente Norme internationale est citée comme document source.

À la seule exception mentionnée ci-dessus, 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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office

Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

E-mail copyright@iso.ch

Web www.iso.ch

Printed in Switzerland/Imprimé en Suisse

Contents		Page
Foreword.....		v
1	General terms.....	1
2	Terms relating to rotors	14
3	Terms relating to stators.....	15
4	Terms relating to sensors.....	15
5	Terms relating to dynamics, control and electronics	17
6	Terms relating to auxiliary equipment.....	24
Bibliography.....		26
Alphabetical index		27

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of ISO 14839-1:2002

Sommaire

Page

Avant-propos.....	vi
1 Termes généraux	1
2 Termes relatifs aux rotors.....	14
3 Termes relatifs aux stators	15
4 Termes relatifs aux capteurs	15
5 Termes relatifs à la dynamique, à la commande et à l'électronique	17
6 Termes relatifs au matériel auxiliaire	24
Bibliographie	26
Index alphabétique	29

STANDARDSISO.COM : Click to view the full PDF of ISO 14839-1:2002

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 3.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this part of ISO 14839 may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO 14839-1 was prepared by Technical Committee ISO/TC 108, *Mechanical vibration and shock*, Subcommittee SC 2, *Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures*.

ISO 14839 consists of the following parts, under the general title *Mechanical vibration — Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings*:

- *Part 1: Vocabulary*
- *Part 2: Evaluation of vibration*

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente partie de l'ISO 14839 peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 14839-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques*, sous-comité SC 2, *Mesure et évaluation des vibrations et chocs mécaniques intéressant les machines, les véhicules et les structures*.

L'ISO 14839 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Vibrations mécaniques — Vibrations de machines rotatives équipées de paliers magnétiques actifs*:

- *Partie 1: Vocabulaire*
- *Partie 2: Évaluation des vibrations*

Mechanical vibration — Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings —

Part 1: Vocabulary

Scope

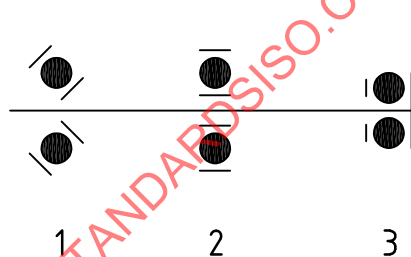
This part of ISO 14839 defines terms relating to rotating machinery equipped with active magnetic bearings.

NOTE General terms and definitions of mechanical vibration are given in ISO 2041; those relating to balancing are given in ISO 1925.

Terms and definitions

1 General terms

For rotating machinery equipped with active magnetic bearings, the graphical symbols for bearings are shown in Figure 1.



Key

- 1 Angular ball bearing
- 2 Deep groove ball bearing
- 3 Thrust ball bearing
- 4 Radial active magnetic bearing
- 5 Axial active magnetic bearing

^a With sensor.

Vibrations mécaniques — Vibrations de machines rotatives équipées de paliers magnétiques actifs —

Partie 1: Vocabulaire

Domaine d'application

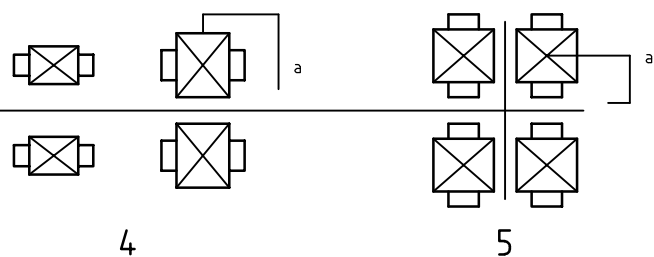
La présente partie de l'ISO 14839 définit les termes relatifs aux machines rotatives équipées de paliers magnétiques actifs.

NOTE Les termes et définitions d'ordre général relatifs aux vibrations mécaniques sont donnés dans l'ISO 2041; ceux relatifs à l'équilibrage sont donnés dans l'ISO 1925.

Termes et définitions

1 Termes généraux

Pour les machines rotatives équipées de paliers magnétiques actifs, les symboles graphiques relatifs aux paliers illustrés à la Figure 1 s'appliquent.



Légende

- 1 Roulement à billes oblique
- 2 Roulement à billes à gorges profondes
- 3 Butée à billes
- 4 Palier magnétique actif radial
- 5 Palier magnétique actif axial

^a Avec capteur.

Figure 1 — Graphical symbols for bearings
Figure 1 — Symboles graphiques relatifs aux paliers

1.1 magnetic bearing

bearing which utilizes either attractive or repulsive magnetic forces for the levitation and dynamic stabilization of a rotor

1.2 levitation

lifting a rotor by attractive or repulsive magnetic forces without mechanical contact

1.3 active magnetic bearing AMB

means to support a rotor, without mechanical contact, using only attractive magnetic forces based upon servo feedback technology which normally consists of sensors, electromagnets, power amplifiers, power supplies and controllers

See Figure 2.

1.1 palier magnétique

palier qui utilise les forces magnétiques d'attraction ou de répulsion pour la lévitation et la stabilisation d'un rotor

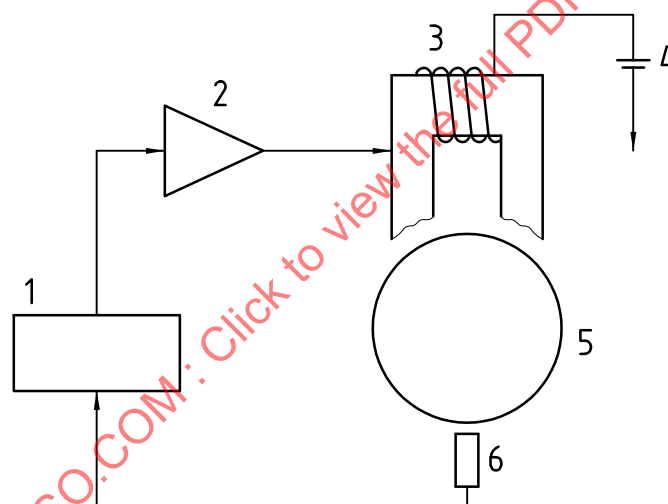
1.2 lévitation

sustentation d'un rotor par des forces magnétiques d'attraction ou de répulsion sans contact mécanique

1.3 palier magnétique actif PMA

dispositif supportant un rotor, sans contact mécanique, qui utilise uniquement des forces magnétiques d'attraction, réalisé à l'aide d'asservissements et qui comprend généralement des capteurs, des électro-aimants, des amplificateurs de puissance, des systèmes d'alimentation et des régulateurs

Voir Figure 2.



Key

- 1 Controller
- 2 Power amplifier
- 3 Electromagnet
- 4 Power supply
- 5 Rotor
- 6 Displacement sensor

Légende

- 1 Régulateur
- 2 Amplificateur de puissance
- 3 Électroaimant
- 4 Source d'alimentation
- 5 Rotor
- 6 Capteur de déplacement

Figure 2 — Principle of active magnetic bearing
Figure 2 — Principe du palier magnétique actif

1.4 passive magnetic bearing

equipment supporting a rotor, without mechanical contact, using magnetic forces without feedback control

EXAMPLES Permanent magnetic bearing (PMB), super-conducting magnetic bearing (SMB).

1.4 palier magnétique passif

dispositif supportant un rotor, sans contact mécanique, qui utilise des forces magnétiques sans asservissement

EXEMPLES Palier magnétique permanent (PMP), palier magnétique supraconducteur (PMS).

1.5
permanent magnetic bearing
PMB

passive magnetic bearing using one or several pairs of permanent magnets without feedback control

1.6
super-conducting magnetic bearing
SMB

passive magnetic bearing using a pair of (high-temperature) super conductors and permanent magnets without feedback control, utilizing the so-called pinning force (attractive and repulsive forces)

1.7
hybrid magnetic bearing
HMB

bearing consisting of any combination of an active magnetic bearing and passive magnetic bearing

See Figure 3.

1.5
palier magnétique permanent
PMP

palier magnétique passif qui utilise une ou plusieurs paires d'aimants permanents sans asservissement

1.6
palier magnétique supraconducteur
PMS

palier magnétique passif qui utilise une paire de supraconducteurs (haute température) et d'aimants permanents sans asservissement, en appliquant la force dite d'ancrage (forces d'attraction et de répulsion)

1.7
palier magnétique hybride
PMH

palier formé de toute combinaison d'un palier magnétique actif et d'un palier magnétique passif

Voir Figure 3.

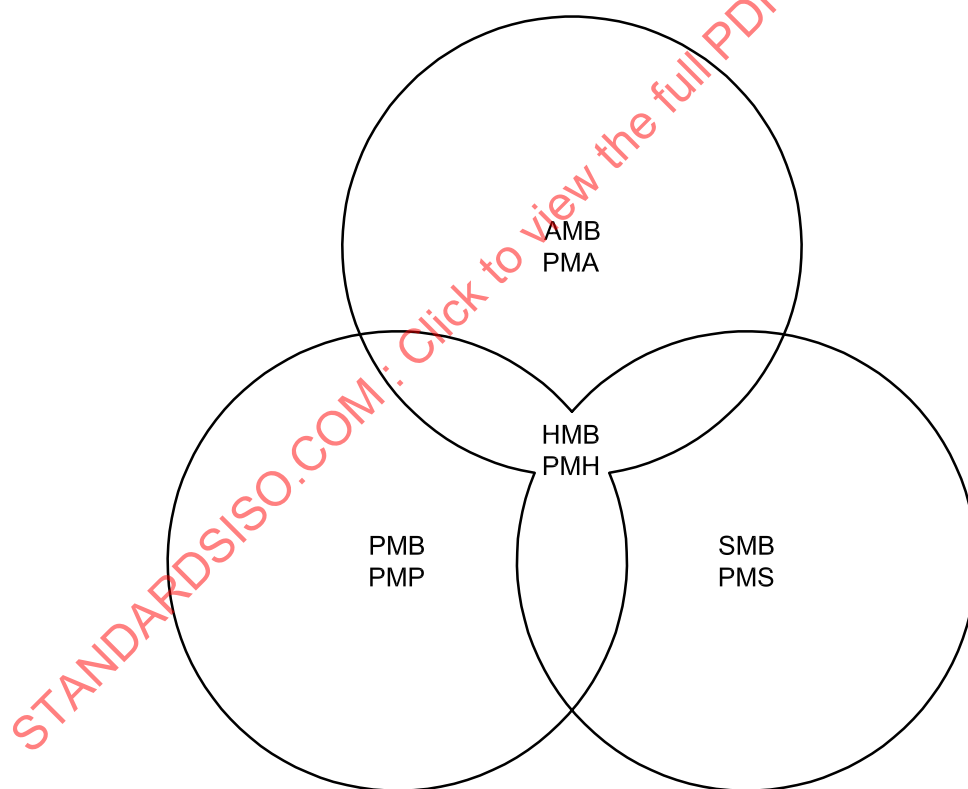


Figure 3 — Categories of HMB
Figure 3 — Catégories de PMH

1.8
permanent-magnet-based AMB

active magnetic bearing in which the nominal (non-zero) or bias air gap fluxes are established by one or more permanent magnets

1.8
PMA à aimants permanents

palier magnétique actif dans lequel les flux statiques (non nuls) ou de polarisation sont générés par un ou plusieurs aimants permanents

1.9 radial magnetic bearing

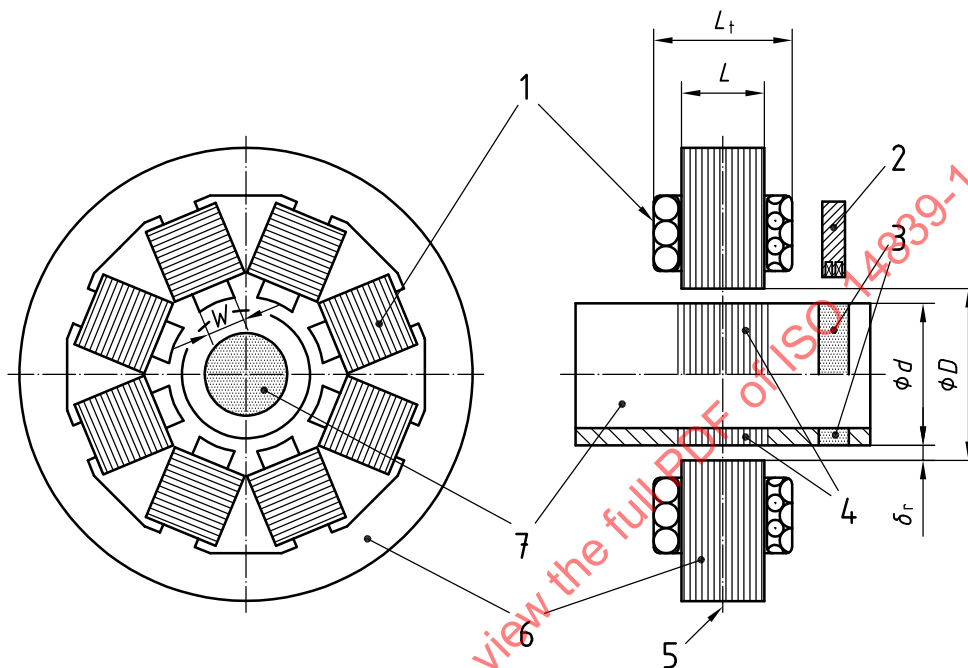
magnetic bearing which levitates a rotor against gravity and/or supports it against disturbance forces in the radial direction such as unbalance forces or fluid forces

See Figure 4.

1.9 palier magnétique radial

palier magnétique qui sustente un rotor contre la gravité et/ou le supporte contre les forces perturbatrices dans la direction radiale, telles que les forces de balourd ou les forces dues aux fluides

Voir Figure 4.



Key

- 1 Radial core
- 2 Radial sensor
- 3 Radial (sensor) target
- 4 Radial rotor core
- 5 Axial centre of radial AMB
- 6 Radial stator core
- 7 Shaft

- D Inner diameter of radial stator core
- d Outer diameter of radial rotor core
- δ_r Nominal air gap $(D - d)/2$
- L_t Total bearing length (including coil windings)
- L Effective radial bearing length
- W Width of a magnetic pole
- A_r Area of magnetic pole ($A_r = WL$)

Légende

- 1 Noyau radial
- 2 Capteur radial
- 3 Piste du capteur radial
- 4 Noyau du rotor radial
- 5 Centre axial du PMA radial
- 6 Noyau du stator radial
- 7 Arbre

- D Diamètre intérieur du noyau de stator radial
- d Diamètre extérieur du noyau de rotor radial
- δ_r Espace d'air nominal $(D - d)/2$
- L_t Longueur totale du palier (y compris les bobinages)
- L Longueur effective du palier radial
- W Largeur d'un pôle magnétique
- A_r Surface d'un pôle magnétique ($A_r = WL$)

Figure 4 — Radial AMB assembly
Figure 4 — Ensemble de PMA radiaux

1.10 axial AMB thrust AMB

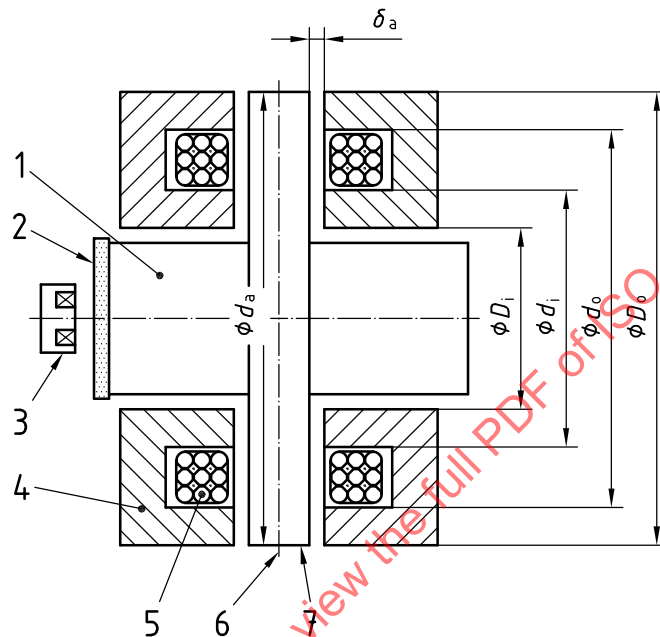
active magnetic bearing which supports a rotor against disturbance forces in the axial direction, such as fluid forces, and/or levitates a vertical rotor against gravity, etc.

See Figure 5.

1.10 PMA axial PMA de butée

palier magnétique actif qui supporte un rotor contre les forces perturbatrices dans la direction axiale, telles que les forces dues aux fluides, et/ou qui sustente un rotor vertical contre la gravité, etc.

Voir Figure 5.



Key

- 1 Rotor
- 2 Axial (sensor) target
- 3 Axial sensor
- 4 Axial stator core
- 5 Axial coil
- 6 Centre of axial AMB
- 7 Axial rotor disc

- d_a Outer diameter of axial rotor disc
- D_o Outer diameter of outer pole of axial stator
- d_o Inner diameter of outer pole of axial stator
- d_i Outer diameter of inner pole of axial stator
- D_i Inner diameter of inner pole of axial stator
- δ_a Nominal air gap
- A_a Area of the magnetic pole pair

$$A_a = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - d_o^2 + d_i^2 - D_i^2)$$

Légende

- 1 Rotor
- 2 Piste du capteur axial
- 3 Capteur axial
- 4 Noyau du stator axial
- 5 Noyau axial
- 6 Centre du PMA axial
- 7 Disque du rotor axial

- d_a Diamètre extérieur du disque du rotor axial
- D_o Diamètre extérieur du pôle extérieur du stator axial
- d_o Diamètre intérieur du pôle extérieur du stator axial
- d_i Diamètre extérieur du pôle intérieur du stator axial
- D_i Diamètre intérieur du pôle intérieur du stator axial
- δ_a Espace d'air nominal
- A_a Surface de la paire de pôles magnétiques

$$A_a = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - d_o^2 + d_i^2 - D_i^2)$$

Figure 5 — Axial AMB assembly
Figure 5 — Ensemble de PMA axiaux

1.11

AMB clearance

clearance between the rotor core and the stator core inside the AMB when the journal centre of the rotor is located in the clearance centre of the bearing stator

See δ_r in Figure 4 for radial AMB, and δ_a in Figure 5 for axial AMB.

1.12

clearance centre of a radial AMB

geometric centre of a radial bearing stator

See Figure 6.

1.13

magnetic centre of a radial AMB

position of a rotor in a radial AMB at which the resulting radial attractive forces exerted on the rotor vanish for nominal currents or fluxes, and without any magnetic excitation or compensation forces

1.14

axial centre of a radial AMB

axial directional position of geometric centre of stator core

See Figure 6.

1.11

entrefer de PMA

entrefer entre le noyau du rotor et celui du stator à l'intérieur du PMA lorsque le centre du tourillon du rotor se situe au centre du jeu du stator de palier

Voir δ_r à la Figure 4 pour le PMA radial et δ_a à la Figure 5 pour le PMA axial.

1.12

centre du jeu d'un PMA radial

centre géométrique d'un stator de palier radial

Voir Figure 6.

1.13

centre magnétique d'un PMA radial

position d'un rotor dans un PMA radial dans laquelle la résultante des forces d'attraction radiales s'exerçant sur le rotor sans aucune excitation magnétique ou force de compensation est nulle

1.14

centre axial d'un PMA radial

position axiale du centre géométrique du noyau du stator

Voir Figure 6.

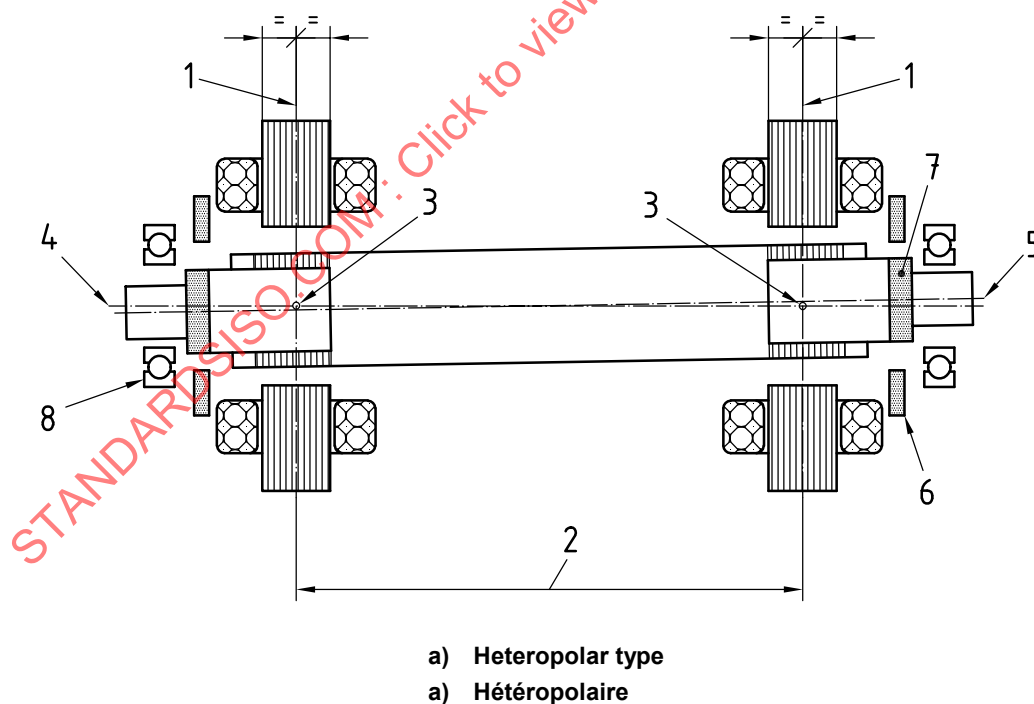
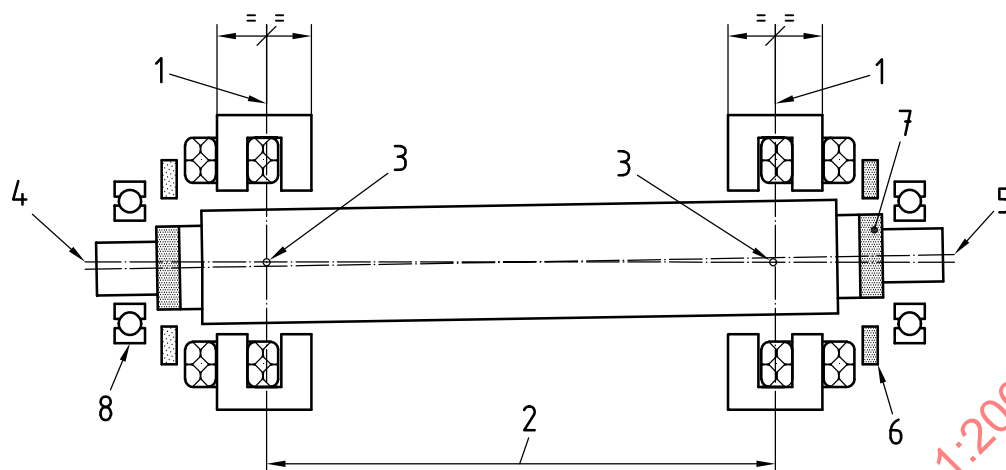


Figure 6 — Centres and centrelines of radial AMB (continued)
Figure 6 — Centres et axes de PMA radial (à suivre)



b) Homopolar type

b) Homopolaire

Key

- 1 Axial centre of radial AMB
- 2 Bearing span of radial AMB
- 3 Clearance centre of radial AMB
- 4 Clearance centreline of radial AMB
- 5 Journal centreline of radial AMB
- 6 Radial sensor
- 7 Radial target
- 8 Touch-down bearing

Légende

- 1 Centre axial de PMA radial
- 2 Portée de paliers de PMA radial
- 3 Centre du jeu de PMA radial
- 4 Axe du jeu de PMA radial
- 5 Axe du tourillon de PMA radial
- 6 Capteur radial
- 7 Piste du capteur radial
- 8 Palier atterrisseur

Figure 6 — Centres and centrelines of radial AMB**Figure 6 — Centres et axes de PMA radial****1.15****(clearance) centre of an axial AMB
(clearance) centre of a thrust AMB**

axial position of the geometric centre of an (axial) thrust AMB stator

See Figure 5.

1.16**axial magnetic centre of an axial AMB**

position of an axial rotor disc in an axial AMB at which the resulting axial attractive forces exerted on the rotor disc vanish

1.17**clearance centreline of radial AMB**

line between the clearance centres of two radial AMBs specified by the bearing stator configuration

See Figure 6.

1.15**centre (jeu) d'un PMA axial
centre (jeu) d'un PMA de butée**

position axiale du centre géométrique d'un stator de PMA de butée (axial)

Voir Figure 5.

1.16**centre magnétique axial d'un PMA axial**

position d'un disque rotor axial dans un PMA axial dans laquelle la résultante des forces d'attraction axiales s'exerçant sur le disque rotor est nulle

1.17**axe du jeu de PMA radial**

ligne séparant les centres du jeu de deux PMA radiaux, déterminée par la configuration du stator de palier

Voir Figure 6.

1.18

journal centreline of radial AMB

geometric centreline between the journal centres of a radial AMB rotor, which is specified by the shaft centreline if the rotor is assumed to be rigid

See Figure 6.

1.19

bearing span between radial AMBs

axial distance between the axial centres of two radial AMBs

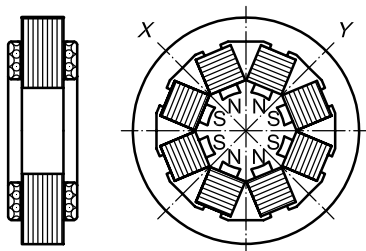
See Figure 6.

1.20

number of poles

⟨in a radial AMB⟩ sum of the south and north poles of an AMB electromagnetic actuator

See Figure 7.



X, Y Control axes

- a) Heteropolar type (8 poles)
a) Hétéropolaire (8 pôles)

1.18

axe du tourillon de PMA radial

axe géométrique entre les centres des tourillons d'un rotor de PMA radial qui est déterminé par l'axe de l'arbre lorsque le rotor est supposé rigide

Voir Figure 6.

1.19

portée de paliers entre PMA radiaux

distance axiale entre les centres axiaux de deux PMA radiaux

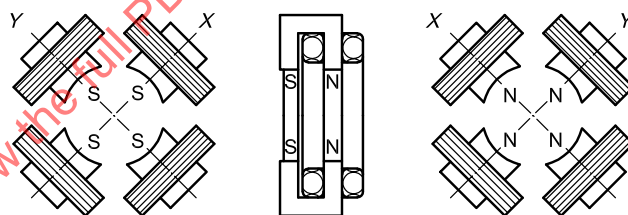
Voir Figure 6.

1.20

nombre de pôles

⟨dans un PMA radial⟩ somme des pôles sud et nord de l'actionneur électromagnétique d'un PMA

Voir Figure 7.



X, Y Axes de commande

- b) Homopolar type (8 poles)
b) Homopolaire (8 pôles)

Figure 7 — Number of poles of radial AMB
Figure 7 — Nombre de pôles de PMA radial

1.21**heteropolar-type radial AMB**

radial AMB actuator in which the cross section has poles of different polarity, and the poles may have different polarity arrangements

See Figure 8.

NOTE Polarity arrangements can be (N, S, N, S,...), (N, S, S, N,...), etc.

1.21**PMA radial hétéropolaire**

actionneur de PMA radial dont les pôles de la section transversale sont de polarité différente et les montages des polarités des pôles peuvent différer

Voir Figure 8.

NOTE Les montages de polarité peuvent être (N, S, N, S,...), (N, S, S, N,...), etc.

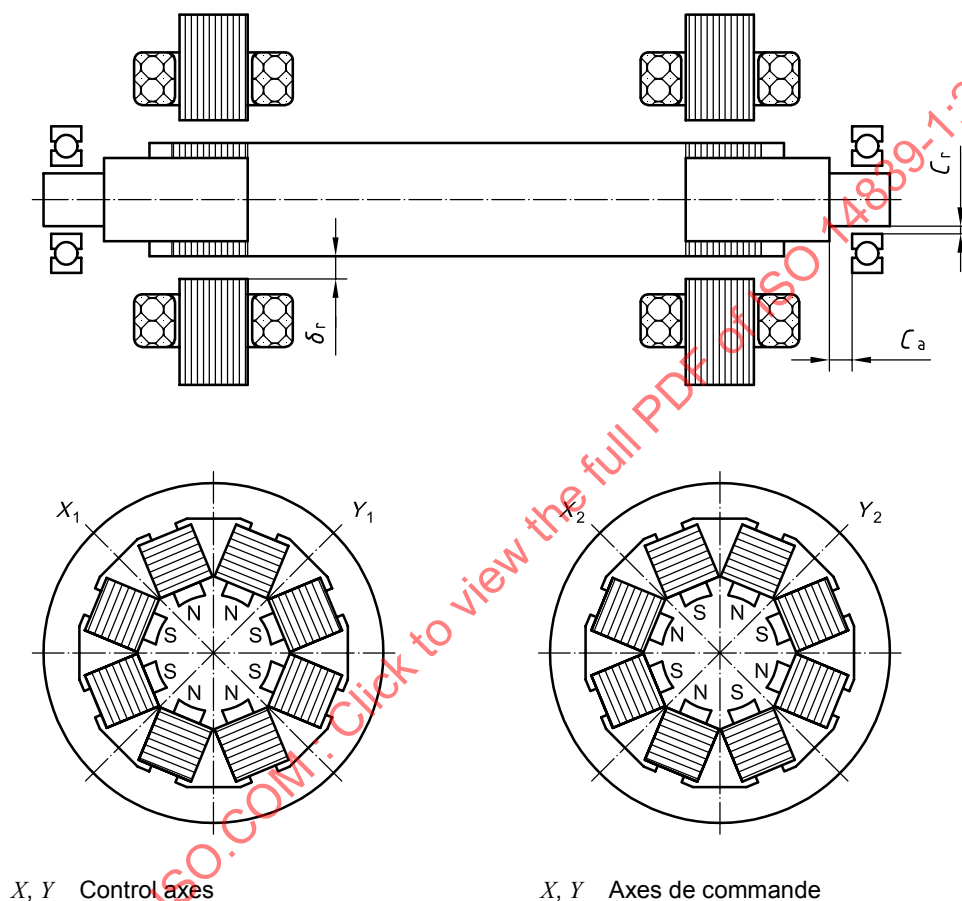


Figure 8 — Heteropolar-type radial AMB
Figure 8 — PMA radial hétéropolaire

1.22

homopolar-type radial AMB

radial AMB actuator which has more than one cross section having poles of the same polarity, and all poles in each cross section have the same polarity

See Figure 9.

NOTE Polarity arrangements can be (N, N, N, N,...) or (S, S, S, S,...).

1.22

PMA radial homopolaire

actionneur de PMA radial disposant de plusieurs sections transversales dont les pôles ont la même polarité et où tous les pôles de chaque section transversale ont la même polarité

Voir Figure 9.

NOTE Les montages de polarité peuvent être (N, N, N, N,...) ou (S, S, S, S,...).

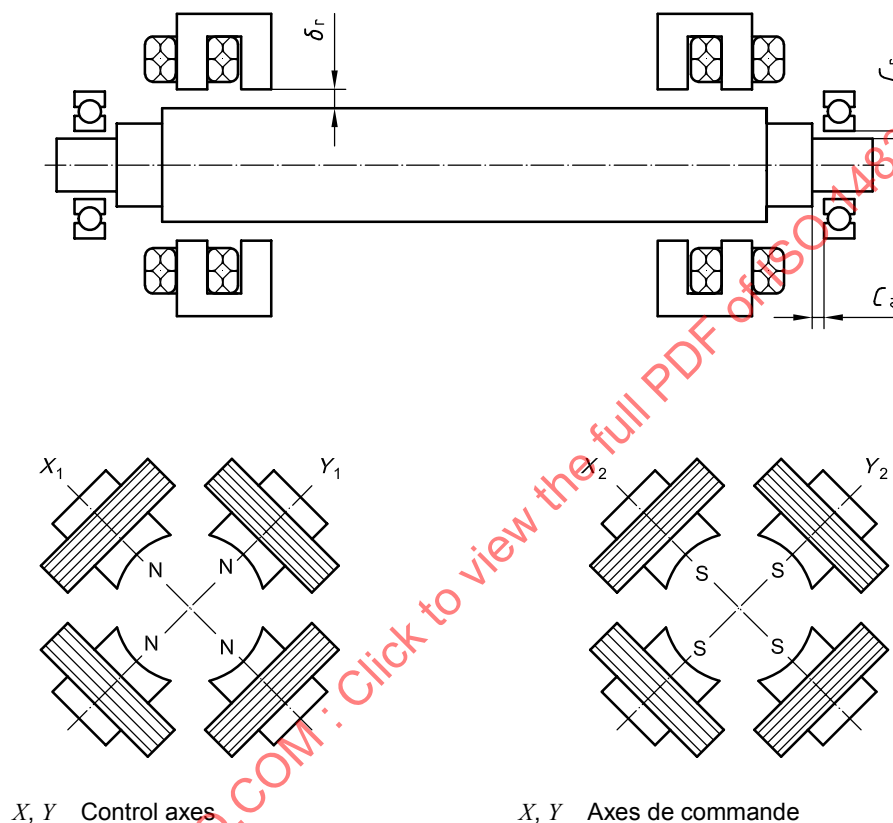
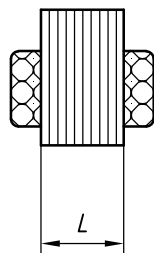


Figure 9 — Homopolar-type radial AMB
Figure 9 — PMA radial homopolaire

1.23**effective length of radial magnetic bearing**

pole face axial length of a radial bearing stator for which the radial electromagnet is able to generate an attractive force exerted on the rotor

See Figure 10.

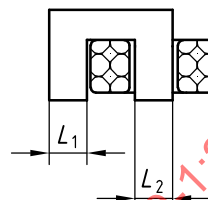


a) Heteropolar type
a) Hétéropolaire

1.23**longueur effective de palier magnétique radial**

longueur axiale de la face polaire d'un stator de palier radial pour laquelle l'électroaimant radial peut générer une force d'attraction s'exerçant sur le rotor

Voir Figure 10.



b) Homopolar type
($L = L_1 + L_2$)
b) Homopolaire
($L = L_1 + L_2$)

Figure 10 — Effective length of radial magnetic bearing, L
Figure 10 — Longueur effective, L , de palier magnétique radial

1.24**projection area of a radial AMB**

product $d \times L$ of the radial bearing journal diameter, d , and the effective bearing length, L

See Figure 4.

1.25**area of one magnetic pole**

cross-sectional area, A , of a magnetic pole which can generate an attractive force exerted on the rotor

See A_r in Figure 4 for radial AMB, and A_a in Figure 5 for axial AMB.

NOTE This is different from the projection area as defined in 1.24.

1.26**load capacity of an AMB**

maximum load of a magnetic bearing acting on the rotor at its fixed middle position

NOTE This is usually limited by the magnetic saturation of the ferromagnetic material of stator and rotor core, the maximum coil current available from the power amplifier which drives the magnetizing coil and the maximum driving voltage of the power amplifier.

See Figure 11.

1.24**surface de projection d'un PMA radial**

produit $d \times L$ du diamètre, d , du tourillon de palier radial par la longueur effective, L , du palier

Voir Figure 4.

1.25**surface d'un pôle magnétique**

surface transversale, A , d'un pôle magnétique qui peut générer une force d'attraction s'exerçant sur le rotor

Voir A_r à la Figure 4 pour le PMA radial et A_a à la Figure 5 pour le PMA axial.

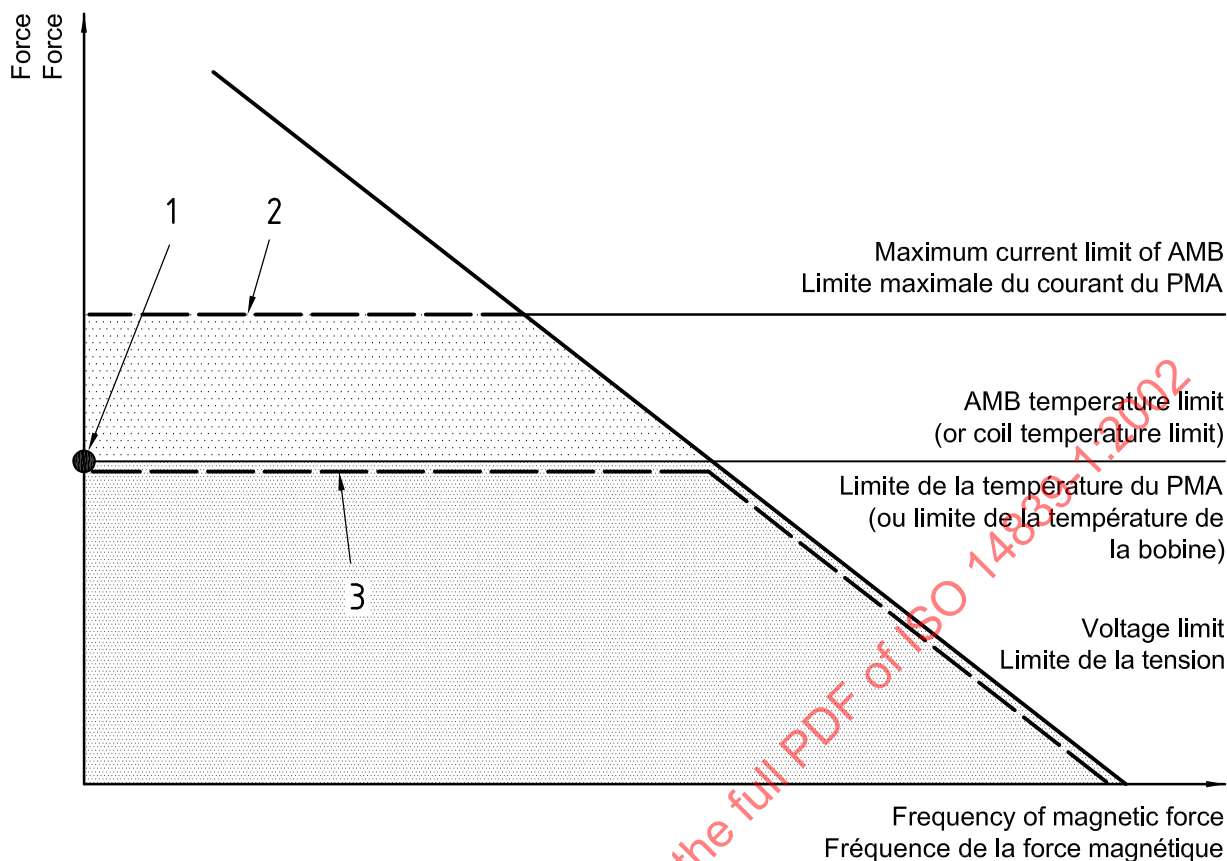
NOTE La surface d'un pôle magnétique diffère de la surface de projection définie en 1.24.

1.26**capacité de charge d'un PMA**

charge maximale d'un palier magnétique agissant sur le rotor en position centrale fixe

NOTE Elle est généralement limitée par la saturation magnétique du corps ferromagnétique du noyau du stator et du rotor, par le courant maximal de la bobine fourni par l'amplificateur de puissance qui alimente la bobine de magnétisation et par la tension maximale d'entrée de l'amplificateur de puissance.

Voir Figure 11.



Key

- 1 Static load capacity
- 2 Peak transient load capacity
- 3 Dynamic load capacity
(maximum continuous operation)

Légende

- 1 Capacité de charge statique
- 2 Capacité de charge maximale transitoire
- 3 Capacité de charge dynamique
(fonctionnement continu maximal)

Figure 11 — Load capacity of an AMB
Figure 11 — Capacité de charge d'un PMA

1.26.1
static load capacity of an AMB

$F_{\max}$
maximum load capacity for constant load over an unlimited time period of continuous operation

1.26.2
peak transient load capacity of an AMB
maximum load capacity for constant load over a limited time period

1.26.3
dynamic load capacity of an AMB
maximum allowed amplitude value for a periodic force generated by an AMB as a function of frequency

1.26.1
capacité de charge statique d'un PMA

$F_{\max}$
capacité de charge maximale d'une charge constante sur une durée illimitée en fonctionnement continu

1.26.2
capacité de charge maximale transitoire d'un PMA
capacité de charge maximale d'une charge constante sur une durée limitée

1.26.3
capacité de charge dynamique d'un PMA
valeur d'amplitude maximale admise en fonction de la fréquence pour une force périodique générée par un PMA

1.27**load pressure of a (radial) AMB**

static load capacity, $F_{\max}$, divided by the projection area $d \times L$ of the bearing, defined as

$$p = F_{\max} / (d \times L)$$

NOTE See 1.24 and 1.26.1.

1.28**number of control axes of an AMB**

number of degrees of freedom of the rotor motion which are controlled by the AMB

EXAMPLES

- a) 1-axis-controlled AMB: an AMB which actively controls vibration and motion only for one degree of freedom of the rotor;
- b) 2-axis-controlled AMB: an AMB which actively controls vibration and motion for two degrees of freedom of the rotor;
- c) 3-axis-controlled AMB: an AMB which actively controls vibration and motion for three degrees of freedom of the rotor.

1.29**total AMB loss**

sum of iron loss due to the eddy current and hysteresis in the rotor and the stator, copper loss (ohmic loss) in coils, windage loss on the bearing rotor surface, and circuit loss in the electrical equipment (cable, electronic cabinet)

1.30**self-sensing AMB**

active magnetic bearing which includes the function of rotor position detection without the use of direct displacement transducers

1.31**rise time**

time required for a functional force to reach the peak transient load capacity

1.32**dwell time**

time that the peak transient force can remain at the peak level

1.27**pression de charge d'un PMA (radial)**

capacité de charge statique $F_{\max}$ divisée par la surface de projection $d \times L$ du palier, définie par

$$p = F_{\max} / (d \times L)$$

NOTE Voir 1.24 et 1.26.1.

1.28**nombre d'axes de commande d'un PMA**

nombre de degrés de liberté du mouvement du rotor contrôlés par le PMA

EXEMPLES

- a) PMA à 1 axe: PMA contrôlant effectivement la vibration et le mouvement du rotor avec un seul degré de liberté;
- b) PMA à 2 axes: PMA contrôlant effectivement la vibration et le mouvement du rotor avec deux degrés de liberté;
- c) PMA à 3 axes: PMA contrôlant effectivement la vibration et le mouvement du rotor avec trois degrés de liberté.

1.29**déperdition totale du PMA**

somme des pertes dans le fer dues aux courants de Foucault et à une hystérésis dans le rotor et le stator, des pertes dans le cuivre (pertes ohmiques) dans le bobinage, des pertes par ventilation sur la surface du rotor de palier et des pertes dans le circuit de l'installation électrique (câble, armoire électrique)

1.30**PMA autodétecteur**

PMA qui intègre la fonction de détection de position du rotor sans utiliser les capteurs de déplacement directs

1.31**temps de montée**

temps nécessaire à une force fonctionnelle pour atteindre la capacité de charge maximale transitoire

1.32**temps de passage (de maintien)**

durée pendant laquelle la force maximale transitoire peut rester à son niveau le plus élevé

2 Terms relating to rotors

2.1

radial rotor core

radial rotor journal

ferromagnetic portion of the rotating shaft on which the radial magnetic forces are exerted

2.2

axial bearing disc

axial disc

axial rotor disc

thrust bearing disc

thrust disc

thrust rotor disc

ferromagnetic portion of the rotating shaft on which the axial magnetic forces are exerted

2.3

journal diameter

diameter of the radial magnetic bearing rotor

See d in Figure 4.

2.4

geometrical runout

mechanical runout

measured fictitious displacement of the rotating shaft vibration due to the effect of the non-circularity and non-coaxiality of the shaft shape

2.5

electrical runout

sensor runout

measured fictitious displacement of the rotating shaft due to the magnetic non-homogeneity of the sensor target

2.6

DN value

product $d \times N$ of the diameter d [mm] and the rotor speed N [r/min]

NOTE The diameter d is defined as:

- a) the outer diameter of the rotor of a radial AMB if the stator is external to the rotor (see d in Figure 4);
- b) the inner diameter of the rotor of a radial AMB if the rotor is external to the stator;
- c) the outer diameter of the rotor of an axial AMB (see d_a in Figure 5).

2 Termes relatifs aux rotors

2.1

noyau de rotor radial

tourillon de rotor radial

partie ferromagnétique de l'arbre tournant sur laquelle s'exercent les forces magnétiques radiales

2.2

disque de palier axial

disque axial

disque rotor axial

disque de palier de butée

disque de butée

disque rotor de butée

partie ferromagnétique de l'arbre tournant sur laquelle s'exercent les forces magnétiques axiales

2.3

diamètre du tourillon

diamètre du rotor de palier magnétique radial

Voir d à la Figure 4.

2.4

excentricité géométrique

excentricité mécanique

déplacement fictif mesuré de la vibration de l'arbre tournant dû à l'effet de la forme non circulaire et non coaxiale de l'arbre

2.5

excentricité électrique

excentricité des capteurs

déplacement fictif mesuré de l'arbre tournant dû à la non-homogénéité de la piste des capteurs

2.6

valeur DN

produit $d \times N$ du diamètre d [mm] du rotor par sa vitesse N [tr/min]

NOTE Le diamètre d est défini comme

- a) diamètre extérieur du rotor d'un PMA radial lorsque le stator se situe à l'extérieur du rotor (voir d à la Figure 4);
- b) diamètre intérieur du rotor d'un PMA radial lorsque le rotor se situe à l'extérieur du stator;
- c) diamètre extérieur du rotor d'un PMA axial (voir d_a à la Figure 5).

3 Terms relating to stators

3.1

stator core

core of the stationary AMB components made of ferromagnetic or other magnetically permeable materials

3.2

radial stator core

stationary section of the radial magnetic bearing around which the magnetizing coil is wound

3.3

axial stator core

thrust stator core

stationary section of the axial magnetic bearing around which the magnetizing coil is wound

3.4

magnetizing coil

coil used to generate the magnetic flux in the core material

3.5

radial coil

magnetizing coil wound around the core of the radial bearing or the radial electromagnetic pole itself

3.6

axial coil

thrust coil

magnetizing coil of the axial AMB

3.7

allowed operating temperature

ambient temperature which allows for specified normal AMB operation in the surrounding media

4 Terms relating to sensors

4.1

radial shaft displacement

rotor centre displacement measured from the nominal position, indicating the change of the rotor position, and usually called shaft vibration, shaft movement and/or shaft motion

See Figure 12:

3 Termes relatifs aux stators

3.1

noyau de stator

noyau du composant fixe de PMA composé de corps ferromagnétiques ou autres corps à perméabilité magnétique

3.2

noyau de stator radial

partie fixe du palier magnétique radial autour de laquelle s'enroule la bobine de magnétisation

3.3

noyau de stator axial

noyau de stator de butée

partie fixe du palier magnétique axial autour de laquelle s'enroule la bobine de magnétisation

3.4

bobine de magnétisation

bobine utilisée pour générer le flux magnétique dans le noyau

3.5

bobine radiale

bobine de magnétisation enroulée autour du noyau du palier radial ou du pôle électromagnétique radial lui-même

3.6

bobine axiale

bobine de butée

bobine de magnétisation du PMA axial

3.7

température de fonctionnement admise

température ambiante permettant le fonctionnement normal spécifié du PMA dans le milieu environnant

4 Termes relatifs aux capteurs

4.1

déplacement d'arbre radial

déplacement du centre du rotor mesuré à partir de la position normale, indiquant le changement de position du rotor et généralement appelé vibration d'arbre ou mouvement d'arbre

Voir Figure 12:

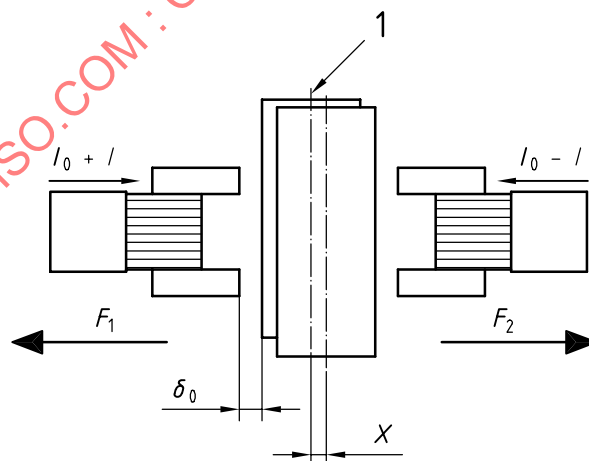
$$\begin{aligned}
F_b &= F_1 - F_2 = K \left(\frac{I_0 + I}{\delta_0 + X} \right)^2 - K \left(\frac{I_0 - I}{\delta_0 - X} \right)^2 \\
&= 4K \frac{I_0}{\delta_0^2} I - 4K \frac{I_0^2}{\delta_0^3} X \\
&= K_i I + K_s X \\
K_i &= 4K \frac{I_0}{\delta_0^2} \\
K_s &= -4K \frac{I_0^2}{\delta_0^3}
\end{aligned}$$

where

K_i is the current stiffness;
 K_s is the negative position stiffness;
 F_1, F_2 is the attractive force generated by one electromagnet;
 F_b is the total attractive force;
 K is the coefficient of the electromagnet;
 I_0 is the bias current;
 δ_0 is the nominal radial clearance;
 X is the radial shaft displacement;
 I is the control current.

où

K_i rigidité du courant;
 K_s rigidité de la position négative;
 F_1, F_2 force d'attraction générée par un électroaimant;
 F_b force d'attraction totale;
 K coefficient de l'électroaimant;
 I_0 courant de polarisation;
 δ_0 jeu radial nominal;
 X déplacement de l'arbre radial;
 I courant de commande.



Key

1 Nominal position

Légende

1 Position nominale

Figure 12 — Current-force characteristic (class A power amplifier); linearization by AMB bias current I_0 for a typical power amplifier

Figure 12 — Caractéristique courant-force (amplificateur de puissance de classe A); linéarisation par le courant de polarisation I_0 du PMA pour un amplificateur de puissance classique

4.2

displacement sensor **position sensor**

installed sensor which detects the shaft position without any mechanical contact

See Figures 4 and 5.

EXAMPLES Eddy current sensor, inductive sensor, capacitive sensor, optical sensor, Hall sensor.

4.3

radial displacement sensor **radial position sensor**

sensor for the detection of radial shaft position

See Figure 6.

4.4

axial displacement sensor **axial position sensor** **thrust displacement sensor** **thrust position sensor**

sensor for the detection of axial shaft position

See Figure 5.

4.5

sensor target

rotating area where the position sensor detects the displacement

See Figures 4 and 5.

4.6

radial (sensor) target

rotating area where the radial position sensor detects the displacement in the radial direction

See Figure 4.

4.7

axial (sensor) target

rotating area where the axial position sensor detects the displacement in the axial direction

See Figure 5.

5 Terms relating to dynamics, control and electronics

5.1 **AMB system**

system consisting of a rotor, position sensors or other means to detect rotor position, controller(s), power amplifiers and electromagnets to levitate and support the rotor by attractive magnetic forces

See Figures 2 and 13.

4.2

capteur de déplacement **capteur de position**

capteur installé pour détecter la position de l'arbre sans contact mécanique

Voir Figures 4 et 5.

EXEMPLES Capteur de courants de Foucault, capteur inductif, capteur capacitif, capteur optique, capteur Hall.

4.3

capteur de déplacement radial **capteur de position radiale**

capteur détectant la position radiale d'un arbre

Voir Figure 6.

4.4

capteur de déplacement axial **capteur de position axiale** **capteur de déplacement de butée** **capteur de position de butée**

capteur détectant la position axiale de l'arbre

Voir Figure 5.

4.5

piste du capteur

surface de rotation sur laquelle le capteur de position détecte le déplacement

Voir Figures 4 et 5.

4.6

piste du capteur radial

surface de rotation sur laquelle le capteur de position détecte le déplacement dans la direction radiale

Voir Figure 4.

4.7

piste du capteur axial

surface de rotation sur laquelle le capteur de position détecte le déplacement dans la direction axiale

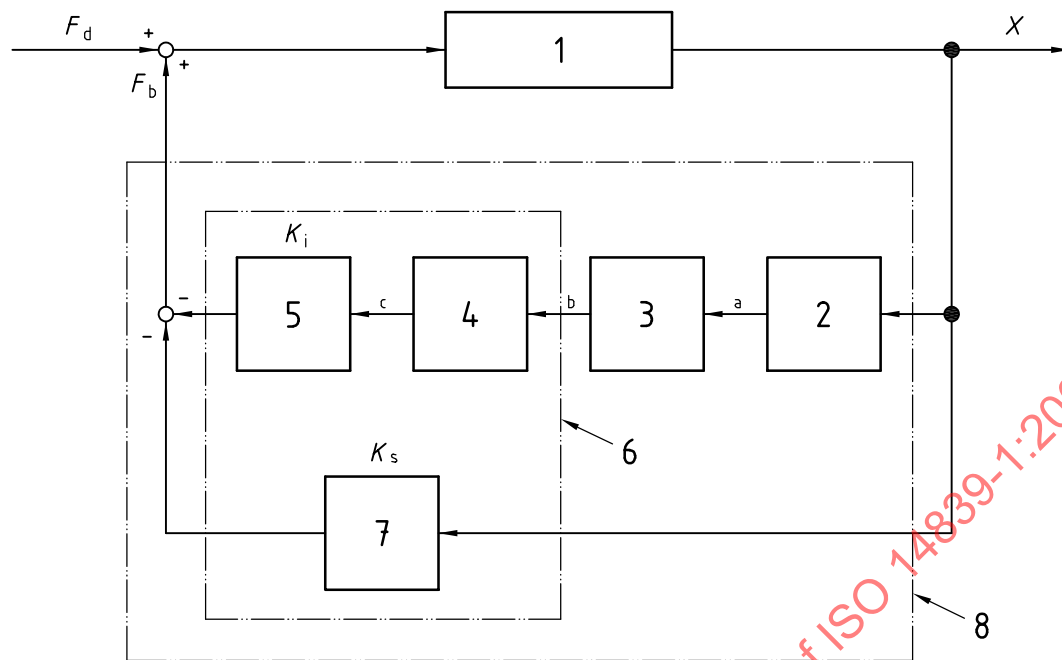
Voir Figure 5.

5 Termes relatifs à la dynamique, à la commande et à l'électronique

5.1 **système PMA**

système composé d'un rotor, de capteurs de position ou autres moyens détectant la position du rotor, un ou plusieurs régulateurs, des amplificateurs de puissance et des électroaimants qui sustentent et supportent le rotor par des forces magnétiques d'attraction

Voir Figures 2 et 13.

**Key**

- 1 Mechanical plant rotor
- 2 Position sensor [V/m]
- 3 AMB controller [V/V]
- 4 Power amplifier [A/V]
- 5 Electromagnet [N/A]
- 6 AMB actuator
- 7 Negative position stiffness [N/m]
- 8 AMB

- a Sensor signal
- b Control signal
- c Control current

F_b is the AMB force [N];

F_d is the disturbance force [N];

X is the displacement [m];

K_i is the current stiffness [N/A];

K_s is the negative position stiffness [N/m].

Légende

- 1 Rotor de l'installation mécanique
- 2 Capteur de position [V/m]
- 3 Régulateur du PMA [V/V]
- 4 Amplificateur de puissance [A/V]
- 5 Électroaimant [N/A]
- 6 Moteur électrique d'asservissement du PMA
- 7 Rigidité de la position négative [N/m]
- 8 PMA

a Signal de capteur

b Signal de commande

c Courant de commande

F_b est la force du PMA [N];

F_d est la force perturbatrice [N];

X est le déplacement [m];

K_i est la rigidité du courant [N/A];

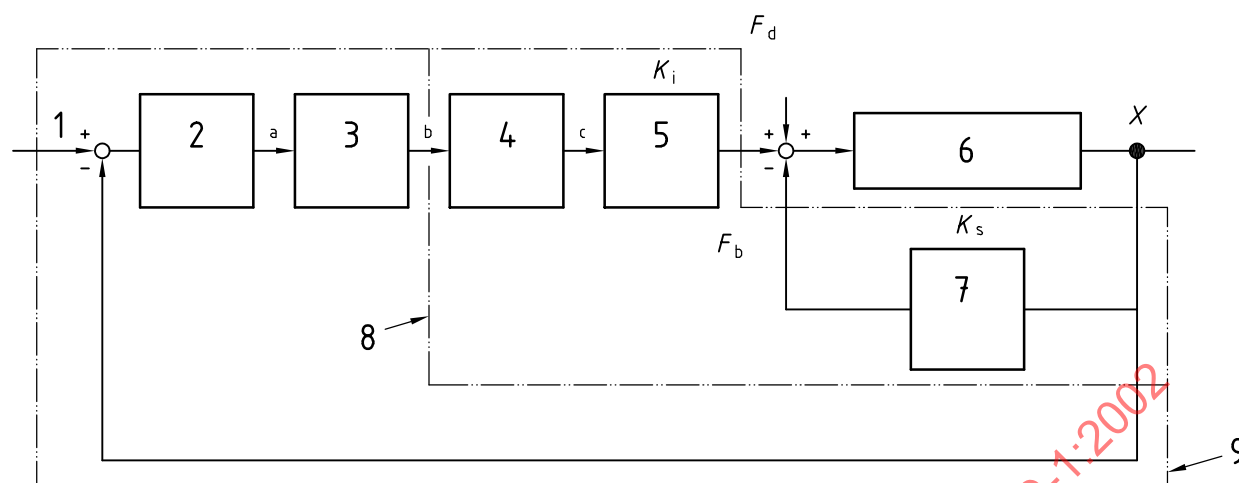
K_s est la raideur négative de position [N/m].

a) Without reference signal

a) Sans signal de référence

Figure 13 — Block diagram of an AMB system (continued)

Figure 13 — Synoptique d'un système PMA (à suivre)

**Key**

- 1 Reference signal [m]
- 2 Position sensor [V/m]
- 3 AMB controller [V/V]
- 4 Power amplifier [A/V]
- 5 Electromagnet [N/A]
- 6 Mechanical plant rotor
- 7 Negative position stiffness [N/m]
- 8 AMB actuator
- 9 AMB

- a Sensor signal
- b Control signal
- c Control current

F_b is the AMB force [N];

F_d is the disturbance force [N];

X is the displacement [m];

K_i is the current stiffness [N/A];

K_s is the negative position stiffness [N/m].

Légende

- 1 Signal de référence [m]
- 2 Capteur de position [V/m]
- 3 Régulateur du PMA [V/V]
- 4 Amplificateur de puissance [A/V]
- 5 Électroaimant [N/A]
- 6 Rotor mécanique
- 7 Raideur négative de position [N/m]
- 8 Moteur électrique d'asservissement du PMA
- 9 PMA

- a Signal de capteur
- b Signal de commande
- c Courant de commande

F_b est la force du PMA [N];

F_d est la force perturbatrice [N];

X est le déplacement [m];

K_i est la rigidité du courant [N/A];

K_s est la raideur négative de position [N/m].

b) With reference signal
b) Avec signal de référence

Figure 13 — Block diagram of an AMB system
Figure 13 — Synoptique d'un système PMA

5.2

AMB controller

device which detects and processes the sensor signal and transfers it to the power amplifier in order to regulate the magnetic attractive force to levitate the rotor

NOTE It can be realized by an analog and/or digital device (analog controller, digital controller).

5.3

power amplifier

power output device which generates magnetizing coil current in order to generate a magnetic control force

EXAMPLES Typical types of power amplifiers are: linear power amplifier, analog amplifier, pulse width modulating (PWM) amplifier, switching amplifier.

5.4

(AMB) current control

method of controlling AMB using voltage input/current output power amplifiers for the feedback actuator from power amplifier to electromagnetic current

5.5

(AMB) voltage control

method of controlling AMB using voltage input/voltage output power amplifiers

5.6

AMB bias current

I_0
d.c. current value of the coil which allows the linearization of attractive force in relation to the current and the clearance of the AMB

See equation in Figure 12.

5.7

operation class of AMB power amplifier

values of the bias current that define the class of work of the power amplifier for current control:

- class A: $I_0 = 50\%$ of the maximum current of the power amplifier;
- class B: $0 < I_0 < 50\%$ of the maximum current of the power amplifier;
- class C: no bias current.

See Figures 12 and 14.

5.2

régulateur de PMA

dispositif qui détecte et traite le signal du capteur et le transmet à l'amplificateur de puissance afin de réguler la force d'attraction magnétique qui sustente le rotor

NOTE Cette opération peut être effectuée par un dispositif analogique et/ou numérique (régulateur analogique, régulateur numérique).

5.3

amplificateur de puissance

dispositif de puissance de sortie qui génère le courant de la bobine de magnétisation afin de produire une force magnétique de commande

EXEMPLES Types d'amplificateurs de puissance courants: amplificateur de puissance linéaire ou analogique, amplificateur à modulation de largeur d'impulsion, amplificateur à découpage.

5.4

commande de courant (PMA)

mode de commande du PMA au moyen d'amplificateurs de puissance commandés en tension en entrée et délivrant un courant régulé

5.5

commande de tension (PMA)

mode de commande du PMA au moyen d'amplificateurs de puissance d'entrée en tension/de sortie en tension

5.6

courant de polarisation du PMA

I_0
valeur du courant continu de la bobine permettant la linéarisation de la force d'attraction par rapport au courant et au jeu du PMA

Voir l'équation à la Figure 12.

5.7

classe de fonctionnement de l'amplificateur de puissance du PMA

valeurs du courant de polarisation qui définissent la classe de fonctionnement de l'amplificateur de puissance pour la commande de courant:

- classe A: $I_0 = 50\%$ de la valeur maximale du courant de l'amplificateur de puissance;
- classe B: $0 < I_0 < 50\%$ de la valeur maximale du courant de l'amplificateur de puissance;
- classe C: sans courant de polarisation.

Voir Figures 12 et 14.

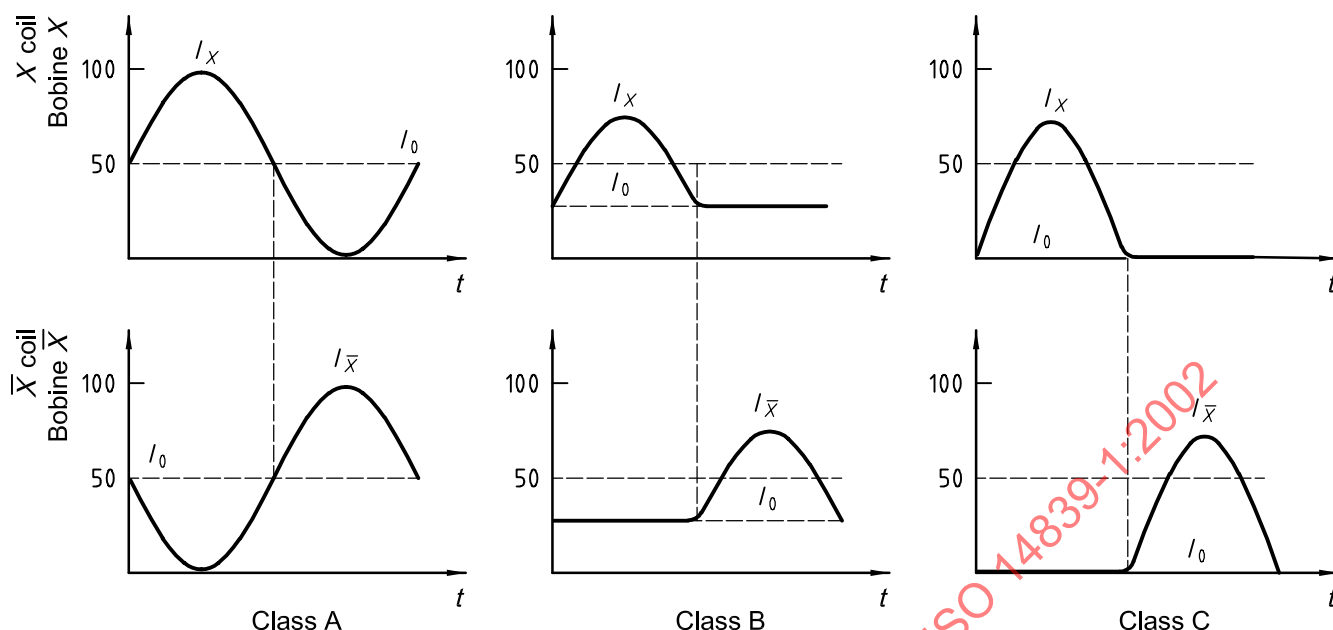


Figure 14 — Operation class of AMB power amplifier
Figure 14 — Classe de fonctionnement de l'amplificateur de puissance du PMA

5.8

negative position stiffness

K_s

(in the bias-linearized AMB actuator) position stiffness of the electromagnet due to bias current at the nominal rotor position without an external load

See Figures 12 and 13.

NOTE K_s is negative.

5.9

closed-loop dynamic system stiffness

transfer function(s) of the F_d/X ratio of the AMB(s) closed-loop system with the disturbance input force F_d and output displacement X

See Figure 13.

5.10

closed-loop dynamic system compliance

reciprocal of the closed-loop dynamic system stiffness, i.e. X/F_d

See Figure 13.

5.8

raideur négative de position

K_s

(dans l'actionneur polarisé linéaire du PMA) raideur de position d'un électroaimant due à un courant de polarisation où le rotor est dans une position normale sans charge externe

Voir Figures 12 et 13.

NOTE K_s est négative.

5.9

raideur dynamique du système en boucle fermée

fonction(s) de transfert du rapport F_d/X du système en boucle fermée du (des) PMA avec la force d'entrée perturbatrice F_d au déplacement de sortie X

Voir Figure 13.

5.10

souplesse dynamique du système en boucle fermée

inverse de la raideur dynamique du système en boucle fermée, c'est-à-dire X/F_d

Voir Figure 13.

5.11

open-loop AMB dynamic stiffness

transfer function of the F_b/X ratio of the AMB open-loop system with the displacement input X and the bearing output force F_b , through sensor, controller, power amplifier and electromagnet

See Figure 13.

NOTE The bearing spring force is obtained by the real part of the complex ratio F_b/X , and the bearing damping force is obtained by the imaginary part of the complex ratio F_b/X .

5.12

(AMB) centralized control

control structure that has internal connections between the controller inputs and controller outputs for different degrees of freedom of the rotor

EXAMPLES The following control methods are in this category:

- gyroscopic effects compensator;
- cross stiffness control;
- multi-input multi-output (MIMO) controller.

5.13

(AMB) decentralized control

control structure that has no internal connections between the controller inputs and controller outputs for different degrees of freedom of the rotor

EXAMPLE Single-input single-output (SISO) controller.

5.14

(AMB) tuning process

process of adjusting the controller's transfer function so that a rotor is in a desired operating condition within a magnetic bearing system

5.11

raideur dynamique du PMA en boucle ouverte

fonction de transfert du rapport F_b/X du système en boucle ouverte du PMA avec le déplacement d'entrée, X , à la force de sortie du palier, F_b , par le capteur, le régulateur, l'amplificateur de puissance et l'électro-aimant

Voir Figure 13.

NOTE La force d'élasticité du palier est obtenue par la partie réelle du rapport complexe F_b/X et la force d'amortissement du palier par la partie imaginaire du rapport complexe F_b/X .

5.12

commande centralisée (PMA)

structure de commande à connexions internes entre les entrées et les sorties du régulateur pour différents degrés de liberté du rotor

EXEMPLES Les modes de commande suivants appartiennent à cette catégorie:

- compensateur à effets gyroscopiques;
- commande de raideur transversale;
- régulateur à entrées et sorties multiples.

5.13

commande décentralisée (PMA)

structure de commande sans connexions internes entre les entrées et les sorties du régulateur pour différents degrés de liberté du rotor

EXEMPLE Régulateur à entrée et sortie unique.

5.14

processus de mise au point (PMA)

processus de réglage de la fonction de transfert du régulateur assurant les conditions de fonctionnement souhaitées d'un rotor dans un système de palier magnétique

5.15**peak-of-gain control****unbalance force counteracting control**

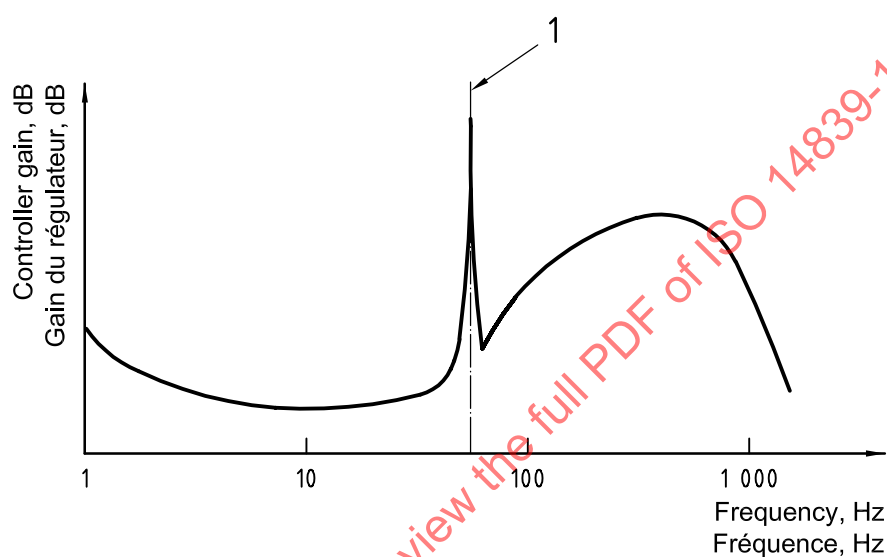
control method which automatically detects and compensates unbalance forces of the rotor to minimize the unbalance-excited rotor vibration

NOTE The counteracting force is transmitted through the AMB to the foundation (see Figure 15). As a result, shaft vibration including runout around its geometrical axis will be minimized by AMB forces.

5.15**commande de crête de gain****commande de compensation des forces de balourd**

mode de commande qui détecte et compense automatiquement les forces de balourd du rotor afin de réduire la vibration du rotor excitée par le balourd

NOTE La force compensatrice est transmise à l'assise par le PMA (voir Figure 15). Par conséquent, la vibration d'arbre comprenant l'excentricité autour de son axe géométrique sera réduite par les forces du PMA.

**Key**

1 Frequency of rotation

Légende

1 Fréquence de rotation

Figure 15 — Example of a controller transfer function for unbalance force counteracting control
Figure 15 — Exemple de fonction de transfert du régulateur pour la commande de compensation des forces de balourd

5.16**imbalance force rejection control**
unbalance force rejection control

special control method which allows the rotor to rotate around its principal axis of inertia while the transmitted unbalance force through the AMB is minimized, which leads to minimized resulting vibration of the bearing casing

See Figure 16.

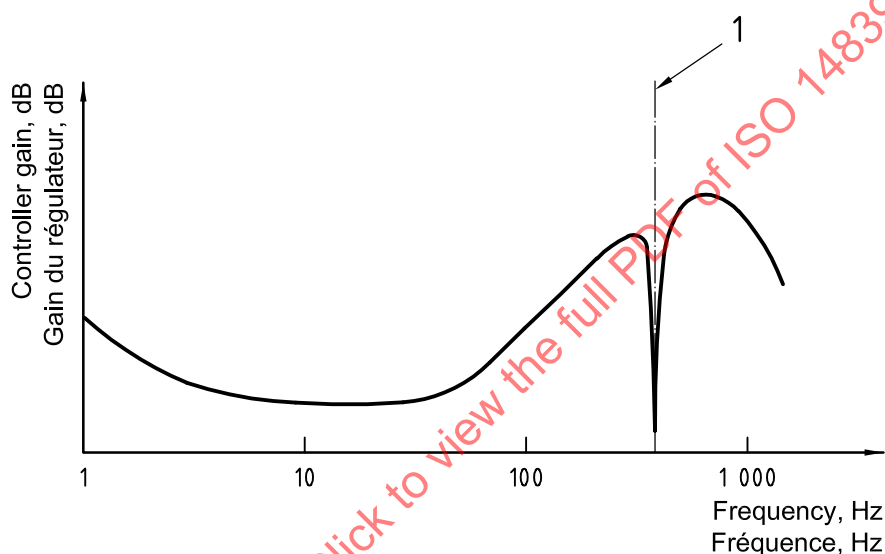
NOTE The "ABS" (automatic balancing system) or "N-cut" have the same function as the above-mentioned unbalance force rejection control.

5.16**commande de réjection du déséquilibre**
commande de réjection des forces de balourd

mode de commande particulière qui permet au rotor de tourner autour de ses axes principaux d'inertie tandis que les forces de balourd transmises par le PMA sont réduites et la vibration du carter du palier qui en résulte est également réduite

Voir Figure 16.

NOTE Le «contrôle automatique de balourd» (ABS) ou «N-cut» a la même fonction que la commande de réjection des forces de balourd susmentionnée.

**Key**

1 Frequency of rotation

Légende

1 Fréquence de rotation

Figure 16 — Example of a controller transfer function for unbalance force rejection control
Figure 16 — Exemple de fonction de transfert du régulateur pour la commande de réjection des forces de balourd

6 Terms relating to auxiliary equipment**6.1****auxiliary bearing**
emergency bearing
retainer bearing
touch-down bearing

auxiliary bearing installed in the magnetic bearing rotor system, which is designed to limit the rotor motion and to prevent contact with the AMB stator or rotor surface

6 Termes relatifs au matériel auxiliaire**6.1****palier auxiliaire**
palier de secours
palier de retenue
palier atterrisseur

palier auxiliaire installé dans le système de rotor à palier magnétique, conçu pour limiter le mouvement du rotor et éviter tout contact entre les surfaces du stator ou du rotor du PMA