

---

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

---



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО  
14839-1—  
2011

---

**Вибрация**

**ВИБРАЦИЯ МАШИН ВРАЩАТЕЛЬНОГО  
ДЕЙСТВИЯ С АКТИВНЫМИ МАГНИТНЫМИ  
ПОДШИПНИКАМИ**

**Часть 1**

**Термины и определения**

ISO 14839-1:2002  
Mechanical vibration — Vibration of rotating machinery equipped with  
active magnetic bearings — Part 1: Vocabulary  
(IDT)

Издание официальное



Москва  
Стандартинформ  
2012

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

### Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 183 «Вибрация, удар и контроль технического состояния»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2011 г. № 527-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 14839-1:2002 «Вибрация. Вибрация машин вращательного действия с активными магнитными подшипниками. Часть 1. Словарь» (ISO 14839-1:2002 «Mechanical vibration — Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings — Part 1: Vocabulary»).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5 (пункт 3.5)

### 5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет*

© Стандартиформ, 2012

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## Содержание

Область применения . . . . .	1
Термины и определения . . . . .	1
1 Общие термины. . . . .	1
2 Термины, относящиеся к ротору. . . . .	9
3 Термины, относящиеся к статору . . . . .	10
4 Термины, относящиеся к датчику перемещения . . . . .	10
5 Термины, относящиеся к динамике вала, управлению его движением и электронным средствам управления . . . . .	12
6 Термины, относящиеся к вспомогательному оборудованию. . . . .	15
Библиография . . . . .	16



## Вибрация

ВИБРАЦИЯ МАШИН ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ  
С АКТИВНЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОДШИПНИКАМИ

## Часть 1

## Термины и определения

Vibration. Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings. Part 1. Terms and definitions

Дата введения — 2012—09—01

## Область применения

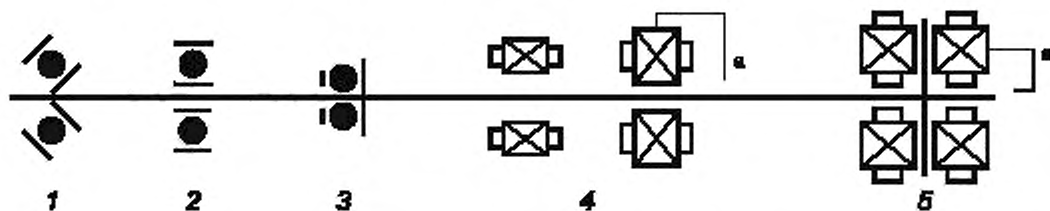
Настоящий стандарт устанавливает термины и определения, относящиеся к машинам вращательного действия с активными магнитными подшипниками.

Примечание — Общие термины и определения в области вибрации установлены ИСО 2041, термины и определения в области балансировки вращающихся тел — ИСО 1925.

## Термины и определения

## 1 Общие термины

На рисунке 1 показаны условные изображения подшипников, используемых в машинах вращательного действия с активными магнитными подшипниками.



1 — радиально-упорный шариковый подшипник; 2 — шариковый подшипник с глубоким желобом; 3 — упорный шариковый подшипник; 4 — радиальный активный магнитный подшипник; 5 — осевой активный магнитный подшипник; а — с датчиком перемещения

Рисунок 1 — Условные изображения подшипников

**1.1 магнитный подшипник:** Подшипник, в котором для создания левитации и динамической стабилизации ротора использованы силы притяжения или отталкивания со стороны магнитного поля

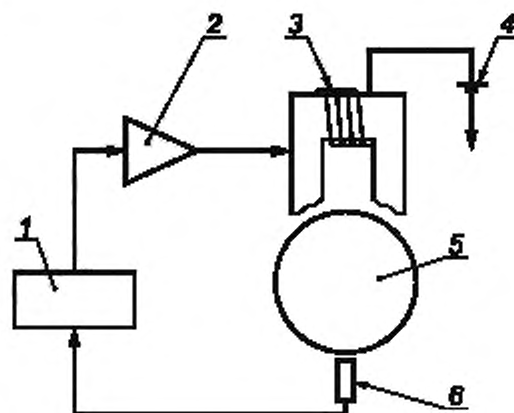
**en** magnetic bearing  
**fr** palier magnétique

**1.2 левитация:** Подъем ротора без механического воздействия (контакта) только силами притяжения или отталкивания со стороны магнитного поля

**en** levitation  
**fr** lévitation

**1.3 активный магнитный подшипник (АМП):** Устройство поддержания ротора без механического контакта за счет сил магнитного притяжения и использования следящей обратной связи, цепь которой, как правило, содержит датчики, электромагниты, усилители мощности, источники питания и контроллеры (см. рисунок 2)

**en** active magnetic bearing; AMB  
**fr** palier magnétique actif; PMA



1 — контроллер; 2 — усилитель мощности; 3 — электромагнит; 4 — источник питания; 5 — ротор; 6 — датчик перемещения

Рисунок 2 — Принципиальная схема активного магнитного подшипника

**1.4 пассивный магнитный подшипник:** Устройство поддержания ротора без механического контакта за счет сил магнитного поля без использования управления с обратной связью.

**en** passive magnetic bearing  
**fr** palier magnétique passif

*Примеры — Подшипник с постоянными магнитами (ППМ), сверхпроводниковый магнитный подшипник (СМП)*

**1.5 подшипник с постоянными магнитами (ППМ):** Пассивный магнитный подшипник, в котором использованы одна или несколько пар постоянных магнитов

**en** permanent magnetic bearing; PMB  
**fr** palier magnétique permanent; PMP

**1.6 сверхпроводниковый магнитный подшипник (СМП):** Пассивный магнитный подшипник, использующий в своей конструкции пару сверхпроводников (высокотемпературных) и постоянные магниты, в котором стабильность положения ротора обеспечивается силами левитации (силами притяжения и отталкивания)

**en** super-conducting magnetic bearing; SMB  
**fr** palier magnétique supraconducteur; PMS

**1.7 гибридный магнитный подшипник (ГМП):** Подшипник, сочетающий в себе конструкции активного и пассивного магнитных подшипников (см. рисунок 3)

**en** hybrid magnetic bearing; HMB  
**fr** palier magnétique hybride; PMH

**1.8 АМП на основе постоянных магнитов:** Активный магнитный подшипник, в котором номинальный (ненулевой) магнитный поток в зазоре АМП (магнитное смещение) обеспечивается с помощью одного или нескольких постоянных магнитов

**en** permanent-magnet-based AMB  
**fr** PMA à aimants permanents

**1.9 радиальный магнитный подшипник:** Магнитный подшипник, в котором левитация ротора обеспечивается за счет противодействия магнитной силы тяжести и/или возмущающим силам (например, гидравлической или обусловленной дисбалансом ротора) в радиальном направлении (см. рисунок 4)

**en** radial magnetic bearing  
**fr** palier magnétique radial

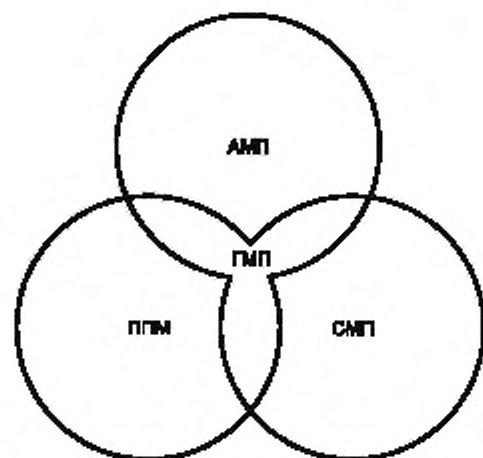
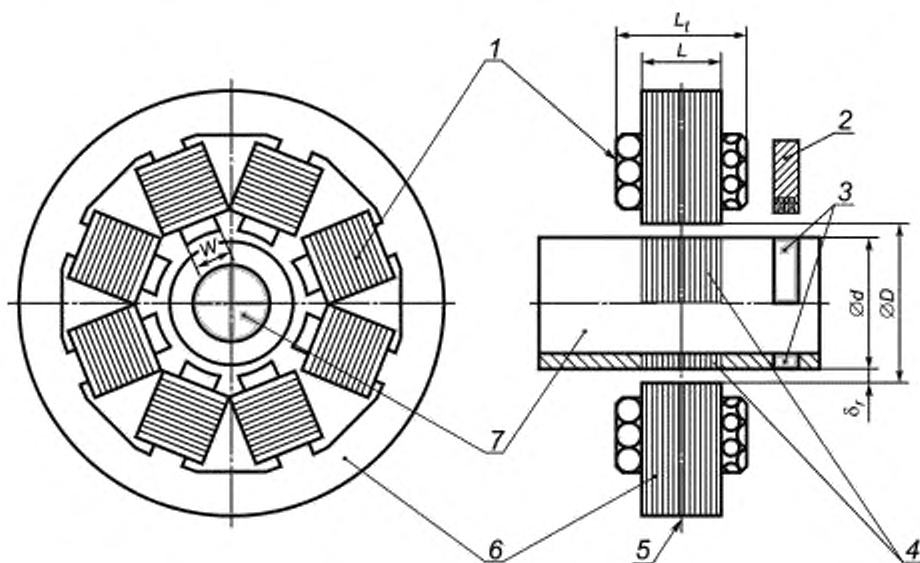


Рисунок 3 — Категории гибридных магнитных подшипников



1 — катушка управления; 2 — датчик перемещения в радиальном направлении; 3 — измерительная поверхность для датчика; 4 — сердечник ротора; 5 — ось полюса статора; 6 — сердечник статора; 7 — вал;  $D$  — внутренний диаметр сердечника статора;  $d$  — внешний диаметр сердечника ротора;  $\delta_r$  — номинальный воздушный зазор;  $\delta_r = (D - d)/2$ ;  $L_t$  — общая длина подшипника (включая обмотку электромагнита);  $L$  — эффективная длина подшипника;  $W$  — ширина полюса;  $A_p = WL$

Рисунок 4 — Радиальный АМП в сборе

**1.10 осевой АМП:** Активный магнитный подшипник, компенсирующий действие возмущающих сил (например, гидравлической или силы тяжести в случае вертикального ротора) в осевом направлении (см. рисунок 5)

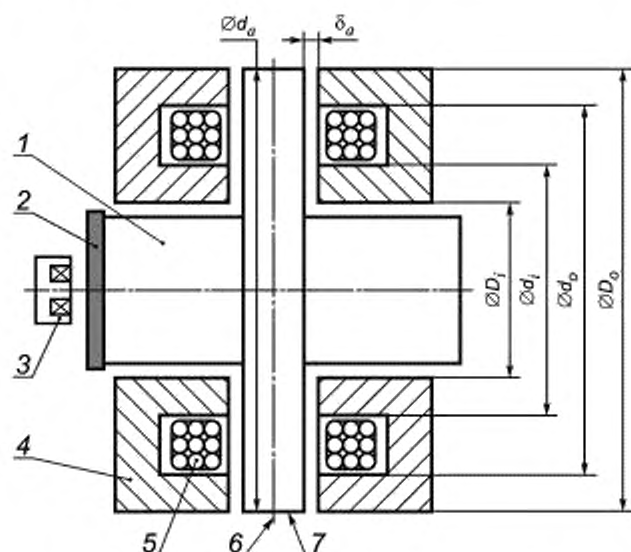
**en** axial AMB; thrust AMB

**fr** PMA axial; PMA de butée

**1.11 зазор АМП:** Зазор между сердечником ротора и сердечником статора в активном магнитном подшипнике, когда положение центра цапфы ротора совпадает с положением центра статора (см.  $\delta_r$  на рисунке 4 для радиального АМП и  $\delta_a$  на рисунке 5 для осевого АМП)

**en** AMB clearance

**fr** entrefer de PMA



1 — ротор; 2 — измерительная поверхность для датчика; 3 — датчик перемещения в осевом направлении; 4 — сердечник статора; 5 — катушка статора; 6 — центральная ось осевого АМП; 7 — упорный диск ротора;  $d_a$  — внешний диаметр диска ротора;  $D_o$  — внешний диаметр внешнего полюса статора;  $d_o$  — внутренний диаметр внешнего полюса статора;  $d_i$  — внешний диаметр внутреннего полюса статора;  $D_i$  — внутренний диаметр внутреннего полюса статора;  $\delta_a$  — номинальный воздушный зазор;

$$A_a = \text{площадь пары полюсов, } A_a = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - d_o^2 + d_i^2 - D_i^2)$$

Рисунок 5 — Осевого АМП в сборе

**1.12 центр радиального АМП:** Геометрический центр статора радиального подшипника (см. рисунок 6)

**en** clearance centre of a radial AMB  
**fr** centre du jeu d'un PMA radial

**1.13 магнитный центр радиального АМП:** Центр поперечного сечения цапфы ротора при таком его положении, когда результирующая сила притяжения, действующая на ротор в радиальном направлении при номинальных токах в катушках статора (номинальных магнитных потоках в подшипнике) и при отсутствии компенсирующих сил (компенсирующего магнитного поля), пренебрежимо мала

**en** magnetic centre of a radial AMB  
**fr** centre magnétique d'un PMA radial

**1.14 ось полюса статора радиального АМП:** Ось симметрии полюса статора радиального АМП (см. рисунок 6)

**en** axial centre of a radial AMB  
**fr** centre axial d'un PMA radial

**1.15 центральная ось осевого АМП:** Ось симметрии статора осевого подшипника (см. рисунок 5)

**en** (clearance) centre of an axial AMB  
**fr** centre (jeu) d'un PMA axial

**1.16 магнитная центральная ось осевого АМП:** Ось диска ротора при таком его положении в осевом АМП, когда результирующая сила притяжения, действующая на диск в осевом направлении, пренебрежимо мала

**en** axial magnetic centre of an axial AMB  
**fr** centre magnétique axial d'un PMA axial

**1.17 центральная ось радиального АМП:** Линия, соединяющая центры двух радиальных АМП и определяемая конструкцией статора подшипника (см. рисунок 6)

**en** clearance centreline of radial AMB  
**fr** axe du jeu de PMA radial



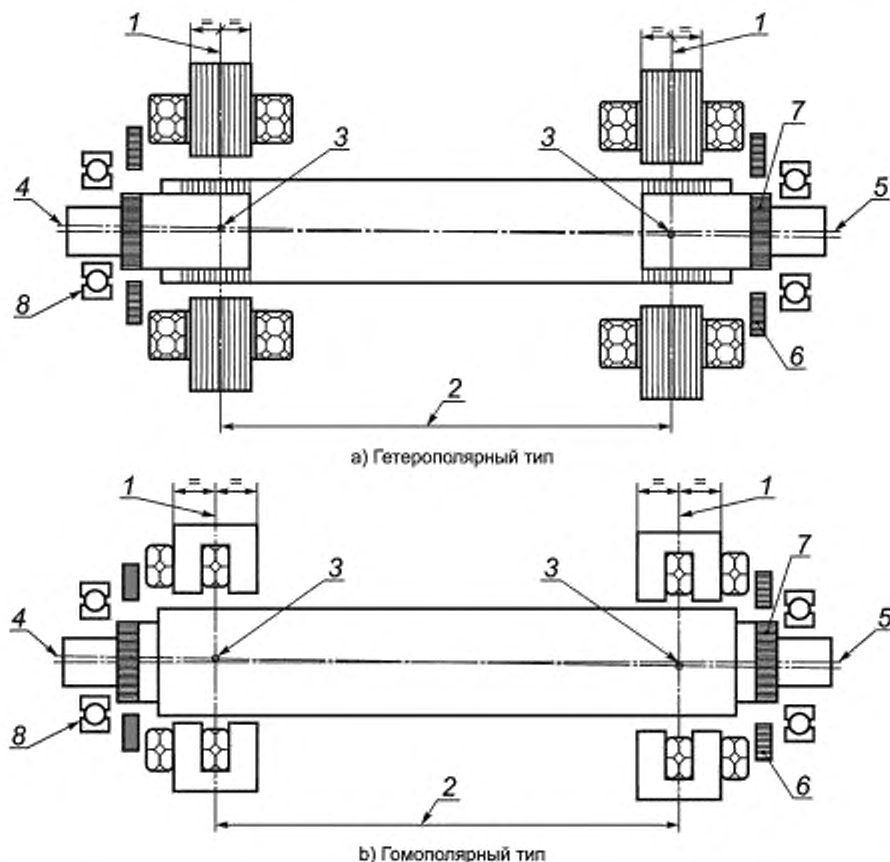


Рисунок 6 — Центры и центральные оси радиального подшипника

1 — ось полюса статора; 2 — пролет между радиальными АМП; 3 — центр радиального АМП; 4 — центральная ось радиального АМП; 5 — ось цапфы; 6 — датчик перемещений в радиальном направлении; 7 — измерительная поверхность для датчика; 8 — страховочный подшипник

1.18 ось цапфы в радиальном АМП: Ось симметрии цапфы ротора в радиальном АМП, совпадающая с осью вала, если принять ротор абсолютно жестким телом (см. рисунок 6)

en journal centreline of radial AMB

**fr** axe du tourillon de  
PMA radial

1.19 пролет между радиальными АМП: Расстояние между осями полюсов статоров двух радиальных АМП (см. рисунок 6)

en bearing span  
between radial  
AMBs

**fr** portée de paliers  
entre PMA radiaux

**1.20 число полюсов:** Сумма южных (S) и северных (N) полюсов электромагнитов радиального АМП (см. рисунок 7)

**en** number of poles  
**fr** nombre de pôles

**1.21 радиальный АМП гетерополярного типа:** Радиальный АМП, поперечное сечение которого проходит через полюса электромагнитов разной полярности (см. рисунок 8).

**en** heteropolar-type radial AMB

fr PMA radial  
hétéropolaire

Примечание — Порядок следования полюсов может быть разным, например,  $(N, S, N, S, \dots)$  или  $(N, S, S, N, \dots)$ .



Рисунок 7 — Число полюсов радиального АМП

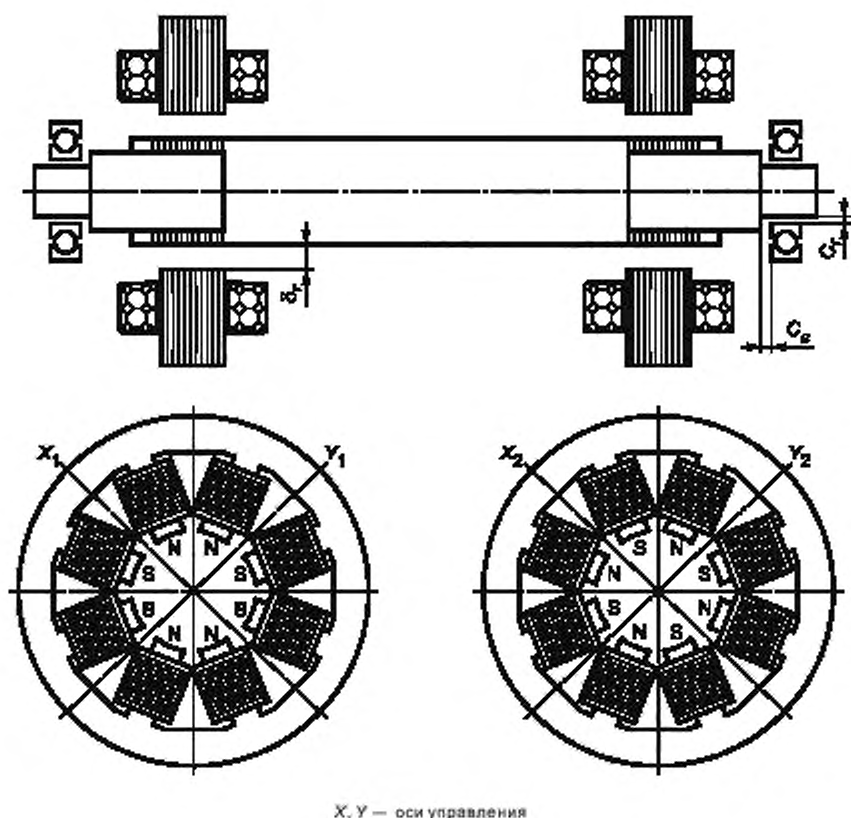


Рисунок 8 — Радиальный АМП гетерополярного типа

**1.22 радиальный АМП гомополярного типа:** Радиальный АМП, поперечные сечения которого проходят через полюса электромагнитов одной полярности (либо S, либо N) (см. рисунок 9).

**Примечание** — Порядок следования полюсов в сечении будет (N, N, N, N, ...) либо (S, S, S, S, ...).

**en** homopolar-type radial AMB  
**fr** PMA radial homopolaire

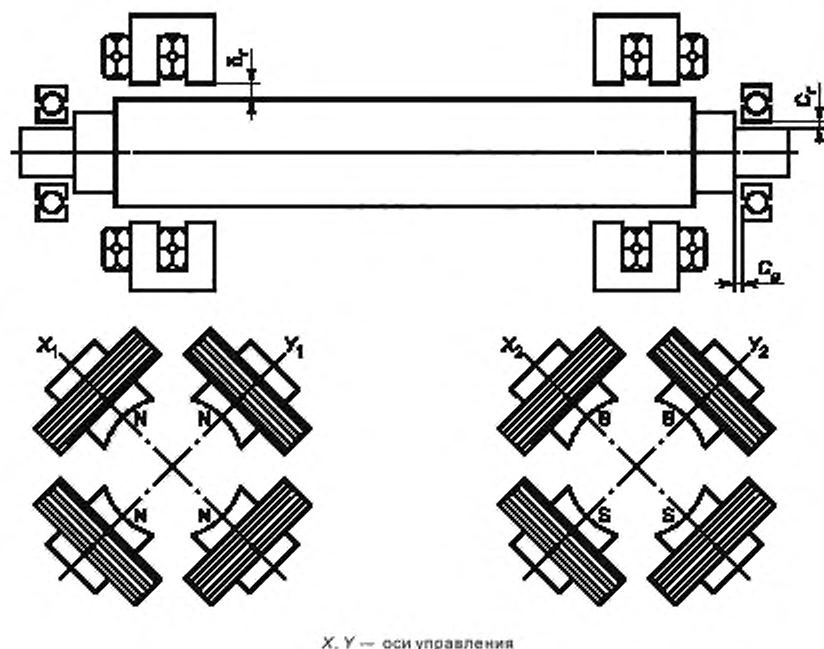
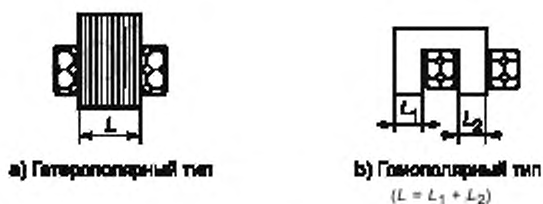


Рисунок 9 — Радиальный АМП гомополярного типа

**1.23 эффективная длина радиального магнитного подшипника  $L$ :** Длина в осевом направлении поверхности полюса электромагнита, создающего силу притяжения ротора, в статоре магнитного подшипника (см. рисунок 10)

**en** effective length of radial magnetic bearing  
**fr** longueur effective de palier magnétique radial

Рисунок 10 — Эффективная длина  $L$  радиального магнитного подшипника

**1.24 площадь проекции радиального АМП:** Произведение диаметра цапфы ротора  $d$  на эффективную длину подшипника  $L$  (см. рисунок 4)

**en** projection area of a radial AMB  
**fr** surface de projection d'un PMA radial

**1.25 площадь полюса электромагнита:** Площадь  $A$  поперечного сечения полюса электромагнита, способного создавать воздействующую на ротор силу притяжения (см.  $A_r$  на рисунке 4 для радиального АМП и  $A_a$  на рисунке 5 для осевого АМП).

**en** area of one magnetic pole  
**fr** surface d'un pôle magnétique

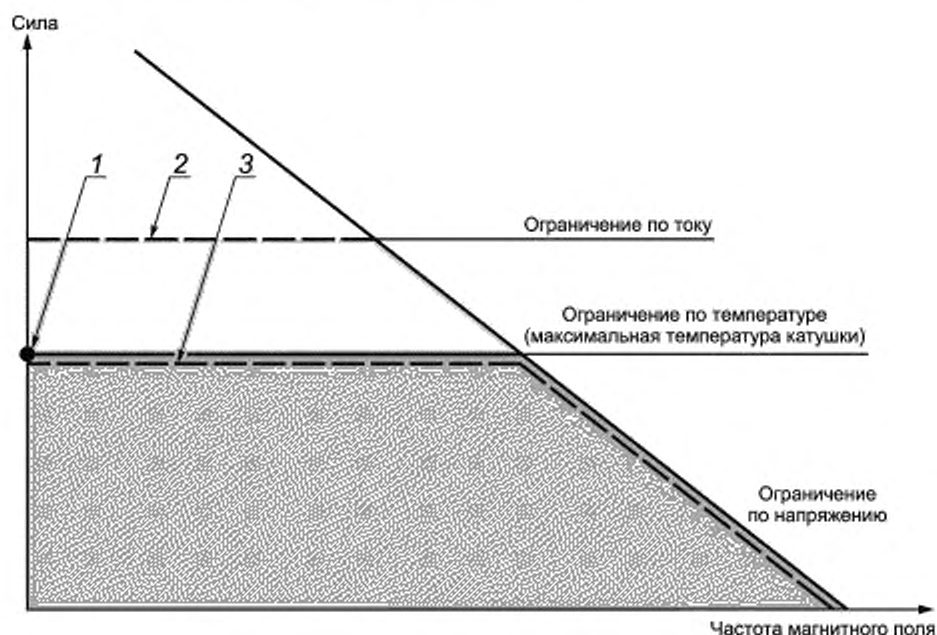
**Примечание** — Данная величина отличается от площади проекции радиального АМП, определенной в 1.24.

**1.26 несущая способность АМП:** Максимальная сила, действующая со стороны АМП на ротор, зафиксированный в его среднем положении (см. рисунок 11).

**en** load capacity of an AMB

**fr** capacité de charge d'un PMA

**Примечание** — Эта величина обычно ограничена магнитным насыщением ферромагнитного материала, из которого изготовлены сердечники ротора и статора, максимальным током и максимальным напряжением на выходе усилителя мощности.



1 — несущая способность в статическом режиме; 2 — пиковая несущая способность; 3 — несущая способность в динамическом режиме

Рисунок 11 — Несущая способность АМП

**1.26.1 несущая способность АМП в статическом режиме  $F_{\max}$ :** Максимальная несущая способность при статической нагрузке для неограниченно-го времени непрерывной работы АМП

**en** static load capacity of an AMB

**fr** capacité de charge statique d'un PMA

**1.26.2 пиковая несущая способность АМП:** Максимальная несущая способность АМП при статической нагрузке в ограниченный период времени

**en** peak transient load capacity of an AMB

**fr** capacité de charge maximale transitoire d'un PMA

**1.26.3 несущая способность АМП в динамическом режиме:** Максимальная амплитуда периодической силы, создаваемой АМП, в зависимости от частоты

**en** dynamic load capacity of an AMB

**fr** capacité de charge dynamique d'un PMA

**1.27 удельная несущая способность радиального АМП  $p$ :** Отношение максимальной несущей способности АМП в статическом режиме  $F_{\max}$  к площади проекции  $dL$  подшипника,  $p = F_{\max}/(dL)$ .

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

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

**Примечание** — См. 1.24 и 1.26.1.

**1.28 число осей управления АМП:** Число степеней свободы движения ротора, управляемого АМП.

**en** number of control axes of an AMB  
**fr** nombre d'axes de commande d'un PMA

*Примеры:*

- а) АМП с одной осью управления: подшипник с системой активного подавления вибрации и перемещений ротора только в одном направлении движения;*  
*б) АМП с двумя осями управления: подшипник с системой активного подавления вибрации и перемещений ротора в двух направлениях движения;*  
*с) АМП с тремя осями управления: подшипник с системой активного подавления вибрации и перемещений ротора в трех направлениях движения.*

**1.29 общие потери АМП:** Сумма потерь в магнитной системе АМП вследствие эффектов вихревых токов и гистерезиса в роторе и статоре, нагрева в обмотке электромагнитов, воздушного сопротивления вращению ротора, а также потерь в элементах электрической цепи (кабеле, шкафе автоматического управления)

**en** total AMB loss  
**fr** déperdition totale du PMA

**1.30 АМП с автоматическим определением положения:** АМП, имеющий функцию определения положения ротора без использования датчиков перемещения

**en** self-sensing AMB  
**fr** PMA autodétecteur

**1.31 время установления:** Время, необходимое для достижения пиковой несущей способности АМП

**en** rise time  
**fr** temps de montée

**1.32 время пребывания:** Время, в течение которого возможно поддержание пиковой несущей способности АМП

**en** dwell time  
**fr** temps de passage (de maintien)

## 2 Термины, относящиеся к ротору

**2.1 сердечник ротора:** Часть ротора из ферромагнитного материала, на который воздействуют магнитные силы в радиальном направлении

**en** radial rotor core;  
radial rotor journal  
**fr** noyau de rotor radial; tourillon de rotor radial

**2.2 упорный диск ротора (для осевого АМП):** Часть ротора из ферромагнитного материала, на который воздействуют магнитные силы в осевом направлении

**en** axial bearing disc;  
axial disc; axial rotor disc; thrust bearing disc; thrust disc; thrust rotor disc  
**fr** disque de palier axial; disque axial; disque rotor axial; disque de palier de butée; disque de butée; disque rotor de butée

**2.3 диаметр цапфы:** Диаметр части ротора, находящейся в радиальном магнитном подшипнике (см. *d* на рисунке 4)

**en** journal diameter  
**fr** diamètre du tourillon

**2.4 механические биения:** Составляющая измеренного смещения вращающегося вала, обусловленная его некруглостью и несоосностью

**en** geometrical runout;  
mechanical runout  
**fr** excentricité géométrique; excentricité mécanique

**2.5 электрические биения:** Составляющая измеренного смещения вращающегося вала, обусловленная магнитной неоднородностью измерительной поверхности для датчика

**en** electrical runout;  
sensor runout  
**fr** excentricité électrique; excentricité des capteurs

**2.6 DN-показатель:** Произведение диаметра  $d$ , мм, и частоты вращения ротора  $N$ , мин<sup>-1</sup>.

**en** DN value  
**fr** valeur DN

**Примечание** — Диаметр  $d$  определяют как

- a) внешний диаметр ротора радиального АМП, если статор находится снаружи ротора (см.  $d$  на рисунке 4);
- b) внутренний диаметр ротора радиального АМП, если статор находится внутри ротора;
- c) внешний диаметр ротора осевого АМП (см.  $d_a$  на рисунке 5).

### 3 Термины, относящиеся к статору

**3.1 сердечник статора:** Части стационарных элементов АМП, изготовленные из ферромагнитного или другого материала, обладающего магнитной проницаемостью

**en** stator core  
**fr** noyau de stator

**3.2 сердечник статора радиального подшипника:** Стационарная часть радиального магнитного подшипника, на которую навиты катушки управления

**en** radial stator core  
**fr** noyau de stator radial

**3.3 сердечник статора осевого подшипника:** Стационарная часть осевого магнитного подшипника, на которую навиты катушки управления

**en** axial stator core;  
thrust stator core  
**fr** noyau de stator axial; noyau de stator de butée

**3.4 катушка управления:** Катушка, используемая для создания магнитного потока в материале сердечника

**en** magnetizing coil  
**fr** bobine de magnétisation

**3.5 катушка радиального подшипника:** Катушка управления, навитая вокруг сердечника статора радиального подшипника, или полюс электромагнита

**en** radial coil  
**fr** bobine radiale

**3.6 катушка осевого подшипника:** Катушка управления осевого АМП

**en** axial coil; thrust coil  
**fr** bobine axiale; bobine de butée

**3.7 допустимая рабочая температура:** Температура окружающей среды, при которой возможна работа АМП в нормальном установленном режиме

**en** allowed operating temperature  
**fr** température de fonctionnement admise

### 4 Термины, относящиеся к датчику перемещения

**4.1 радиальное перемещение вала:** Перемещение оси ротора в радиальном направлении относительно его среднего положения, определяющее изменение положения ротора во времени (см. рисунок 12)

**en** radial shaft displacement  
**fr** déplacement d'arbre radial

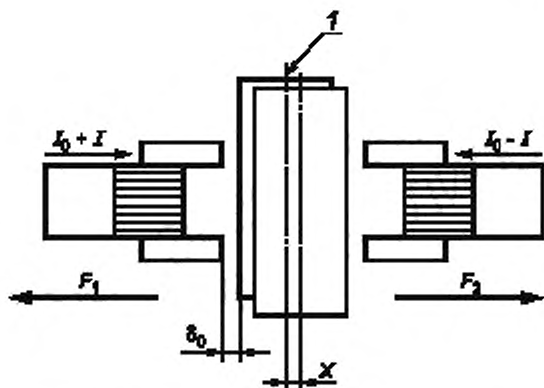
**4.2 датчик перемещения:** Датчик, позволяющий измерять перемещения вала без механического контакта с ним (см. рисунки 4 и 5).

**en** displacement sensor; position sensor  
**fr** capteur de déplacement; capteur de position

**Примеры** — Вихревой датчик, индуктивный датчик, емкостной датчик, оптический датчик, датчик Холла.

**4.3 датчик радиального перемещения:** Датчик, позволяющий измерять перемещения вала в радиальном направлении (см. рисунок 6)

**en** radial displacement sensor; radial position sensor  
**fr** capteur de déplacement radial; capteur de position radiale



Примечание — Связь между силами притяжения, токами электромагнита и перемещением вала описывается формулами.

$$F_b = F_1 - F_2 = K \left( \frac{I_0 + I}{\delta_0 + X} \right)^2 - K \left( \frac{I_0 - I}{\delta_0 - X} \right)^2 = 4K \frac{I_0 I}{\delta_0^2} - 4K \frac{I_0^2 X}{\delta_0^3} = K_I I + K_X X;$$

$$K_I = 4K \frac{I_0}{\delta_0^2}, \quad K_X = -4K \frac{I_0^2}{\delta_0^3}$$

где  $K_I$  — токовая жесткость электромагнита;  
 $K_X$  — отрицательная позиционная жесткость;  
 $F_1, F_2$  — силы притяжения в электромагните;  
 $F_b$  — результирующая магнитная сила;  
 $K$  — коэффициент пропорциональности;  
 $I_0$  — ток смещения;  
 $\delta_0$  — номинальный радиальный зазор;  
 $X$  — радиальное перемещение вала;  
 $I$  — управляющий ток.

$\uparrow$  — номинальное положение вала

Рисунок 12 — Связь между силами притяжения, токами и перемещением вала (см. примечание к рисунку)

**4.4 датчик осевого перемещения:** Датчик, позволяющий измерять перемещение вала в осевом направлении (см. рисунок 5)

en axial displacement sensor; axial position sensor; thrust displacement sensor; thrust position sensor

fr capteur de déplacement axial; capteur de position axiale; capteur de déplacement de butée; capteur de position de butée

**4.5 измерительная поверхность (для датчика):** Область поверхности вала, по которой датчик отслеживает его перемещение (см. рисунки 4 и 5)

en sensor target

fr piste du capteur

**4.6 измерительная поверхность для датчика радиального перемещения:** Область поверхности вала, по которой датчик радиального перемещения отслеживает перемещение вала в радиальном направлении (см. рисунок 4)

en radial (sensor) target

fr piste du capteur radial

**4.7 измерительная поверхность для датчика осевого перемещения:** Область поверхности вала, по которой датчик осевого перемещения отслеживает перемещение вала в осевом направлении (см. рисунок 5)

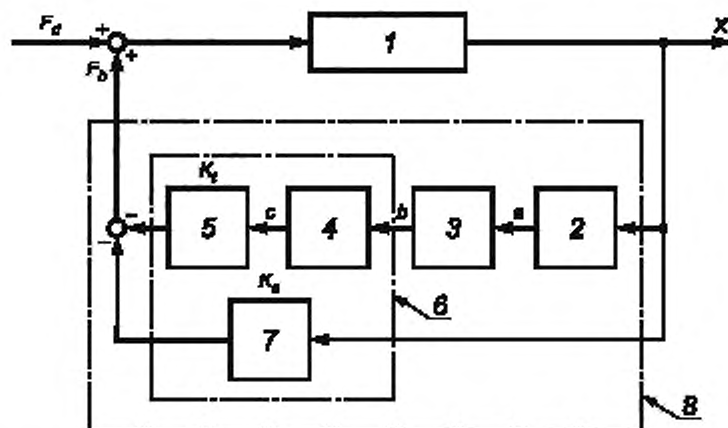
en axial (sensor) target

fr piste du capteur axial

# 5 Термины, относящиеся к динамике вала, управлению его движением и электронным средствам управления

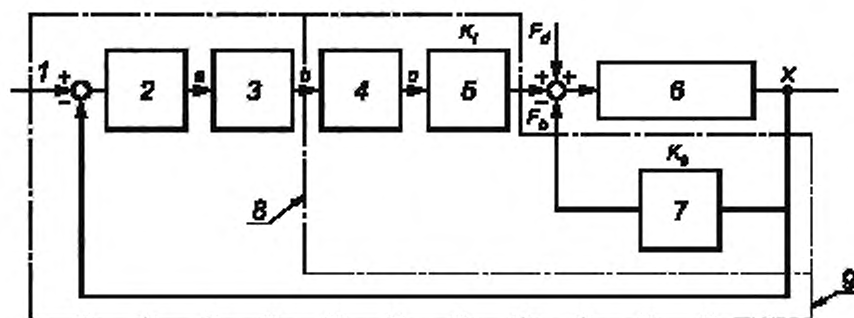
**5.1 система активного магнитного подвеса:** Система, в состав которой входят ротор, датчики перемещения или другие средства определения положения ротора, контроллер(ы), усилители мощности и электромагниты для создания левитации и поддержания ротора за счет сил магнитного притяжения (см. рисунки 2 и 13)

en AMB system  
fr système PMA



1 — ротор; 2 — датчик перемещения; 3 — контроллер АМП; 4 — усилитель мощности; 5 — электромагнит; 6 — исполнительный блок; 7 — отрицательная позиционная жесткость; 8 — АМП

а) Система без опорного сигнала



1 — опорный сигнал; 2 — датчик перемещения; 3 — контроллер АМП; 4 — усилитель мощности; 5 — электромагнит; 6 — ротор; 7 — отрицательная позиционная жесткость; 8 — исполнительный блок; 9 — АМП

б) Система с опорным сигналом

$a$  — сигнал датчика;  $b$  — сигнал управления;  $c$  — управляющий ток;  $F_b$  — сила в АМП;  $F_d$  — возмущающая сила;  $x$  — перемещение;  $K_1$  — токовая жесткость электромагнита;  $K_s$  — отрицательная позиционная жесткость

Рисунок 13 — Блок-схема системы активного магнитного подвеса

**5.2 контроллер:** Устройство для обработки сигнала датчика и передачи его на усилитель мощности для корректировки сил магнитного притяжения и управления эффектом левитации

en AMB controller  
fr régulateur de PMA

**Примечание** — Данное устройство может быть реализовано в аналоговом (аналоговый контроллер) или цифровом (цифровой контроллер) виде.



**5.3 усилитель мощности:** Устройство, обеспечивающее подачу тока в катушку управления для создания необходимой управляющей магнитной силы.

en power amplifier  
fr amplificateur de puissance

*Примеры — линейный усилитель мощности; аналоговый усилитель; усилитель с широтно-импульсной модуляцией; коммутирующий усилитель.*

**5.4 управление по току:** Способ управления АМП с использованием усилителей мощности с входом по напряжению и выходом по току

en (AMB) current control  
fr commande de courant (PMA)

**5.5 управление по напряжению:** Способ управления АМП с использованием усилителей мощности с входом и выходом по напряжению

en (AMB) voltage control  
fr commande de tension (PMA)

**5.6 ток смещения  $I_0$ :** Постоянный ток в управляющей катушке, обеспечивающий работу АМП на линейном участке зависимости магнитной силы от силы тока и изменения зазора в АМП (см. формулы в примечании к рисунку 12)

en AMB bias current  
fr courant de polarisation du PMA

**5.7 класс работы усилителя мощности:** Значение тока смещения, определяющее условия работы усилителя мощности в режиме управления по току:

en operation class of AMB power amplifier  
fr classe de fonctionnement de l'amplificateur de puissance du PMA

- класс А:  $I_0$  составляет 50 % максимального тока на выходе усилителя мощности;
- класс В:  $I_0$  находится в диапазоне от 0 % до 50 % максимального тока на выходе усилителя мощности;
- класс С: ток смещения отсутствует (см. рисунки 12 и 14)

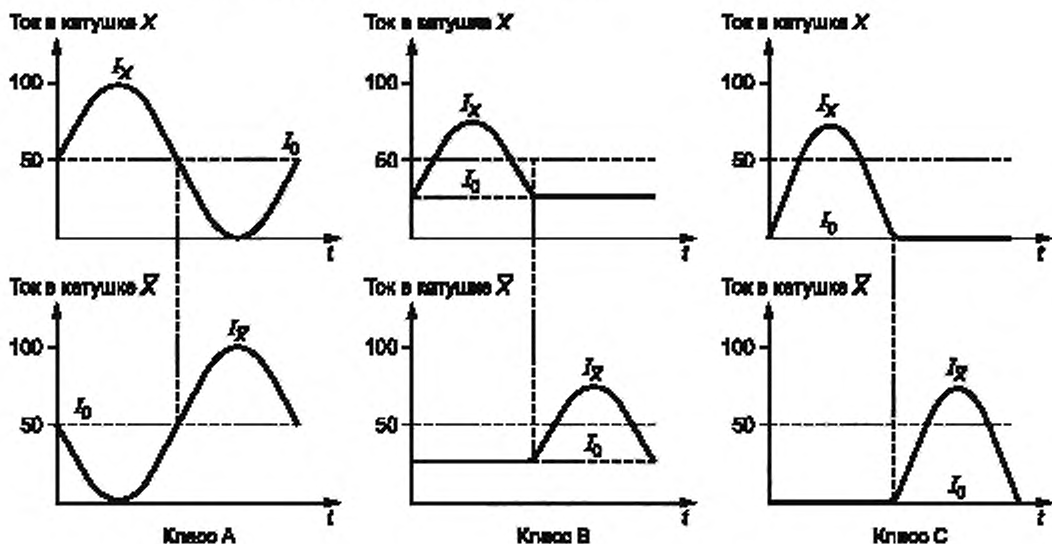


Рисунок 14 — Класс работы усилителя мощности (токи в катушках противоположных полюсов электромагнита)

**5.8 отрицательная позиционная жесткость  $K_s$ :** Жесткость магнитного подвеса в номинальном положении ротора при отсутствии внешней нагрузки в линейном режиме работы АМП, обусловленном током смещения (см. рисунки 12 и 13).

en negative position stiffness  
fr raideur négative de position

*Примечание — Эта величина имеет отрицательное значение.*

**5.9 динамическая жесткость системы с обратной связью:** Частотная характеристика АМП с замкнутой системой управления, определяемая отношением  $F_d/X$  входной возмущающей силы  $F_d$  к выходному перемещению ротора  $X$  (см. рисунок 13)

**en** closed-loop dynamic system stiffness  
**fr** raideur dynamique du système en boucle fermée

**5.10 динамическая податливость системы с обратной связью:** Величина, обратная к динамической жесткости системы с обратной связью, т. е.  $X/F_d$  (см. рисунок 13)

**en** closed-loop dynamic system compliance  
**fr** souplesse dynamique du système en boucle fermée

**5.11 динамическая жесткость АМП с разомкнутой системой управления:** Частотная характеристика  $F_d/X$  АМП без обратной связи, для которого входное воздействие в виде перемещения ротора  $X$ , передаваемое через датчик перемещения, контроллер, усилитель мощности и электромагнит, определяет выходную магнитную силу  $F_b$  (см. рисунок 13).

**en** open-loop AMB dynamic stiffness  
**fr** raideur dynamique du PMA en boucle ouverte

**Примечание** — Действительная часть комплексного отношения  $F_d/X$  соответствует упругой силе подшипника, а мнимая часть этого отношения — демпфированию в подшипнике.

**5.12 многосвязанное управление АМП:** Организация управления АМП, связывающая входы и выходы контроллеров для разных степеней свободы движения ротора.

**en** (AMB) centralized control  
**fr** commande centralisée (PMA)

**Примеры** — Под эту категорию подпадают способы управления, использующие:

- компенсатор гироскопических эффектов;
- управление по недиагональным элементам матрицы жесткостей;
- контроллер с несколькими каналами входа и выхода

**5.13 раздельное управление АМП:** Организация управления АМП, при которой отсутствуют связи входов и выходов контроллеров для разных степеней свободы движения ротора

**en** (AMB) decentralized control  
**fr** commande décentralisée (PMA)

**5.14 регулировка АМП:** Коррекция передаточной функции контроллера для обеспечения заданных условий работы ротора в АМП

**en** (AMB) tuning process  
**fr** processus de mise au point (PMA)

**5.15 управление с компенсацией дисбаланса:** Способ управления, при котором происходит автоматическое определение и компенсация неуравновешенных сил, действующих на ротор, с соответствующим снижением вибрации ротора.

**en** peak-of-gain control; unbalance force counteracting control

**Примечание** — Противодействующая сила передается через АМП на фундамент (см. рисунок 15). В результате силы, создаваемые в АМП, уменьшают вибрацию вала, включая его биения относительно геометрической оси.

**fr** commande de crête de gain; commande de compensation des forces de balourd

**5.16 управление с подавлением дисбаланса:** Способ управления, при котором сохраняется вращение ротора вокруг его основной оси инерции, но уменьшаются силы, обусловленные дисбалансом ротора и передаваемые через АМП на корпус подшипника, и вибрация корпуса подшипника (см. рисунок 16).

**en** imbalance force rejection control; unbalance force rejection control

**Примечание** — Данное управление играет ту же роль, что и система автоматической балансировки.

**fr** commande de réjection du déséquilibre; commande de réjection des forces de balourd

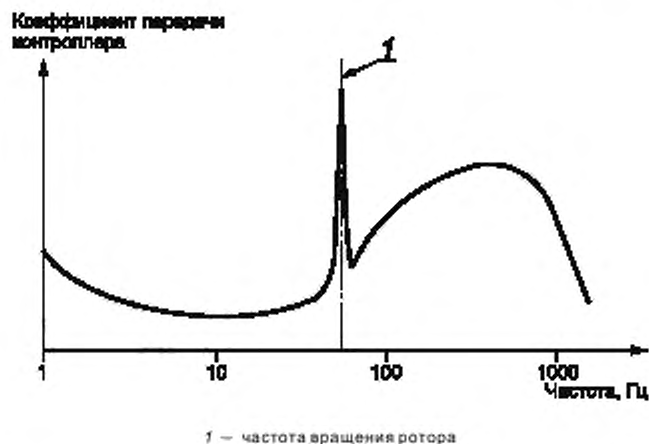


Рисунок 15 — Пример зависимости коэффициента передачи контроллера от частоты в системе управления с компенсацией дисбаланса

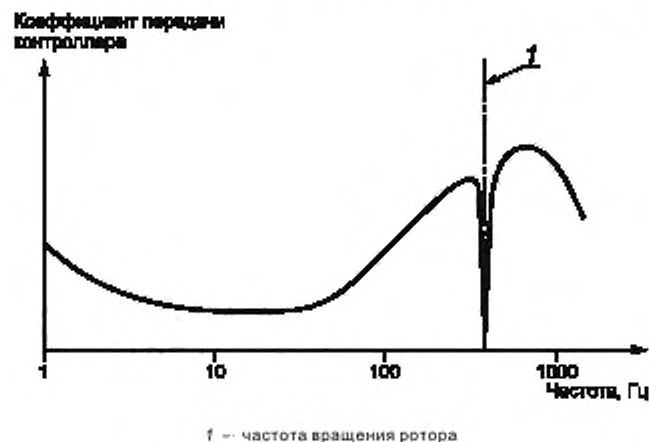


Рисунок 16 — Пример зависимости коэффициента передачи контроллера от частоты в системе управления с подавлением дисбаланса

## 6 Термины, относящиеся к вспомогательному оборудованию

**6.1 страховочный подшипник:** Вспомогательный подшипник в системе АМП, предназначенный для ограничения перемещений ротора и предотвращения его контакта с поверхностью статора АМП

**en** auxiliary bearing;  
emergency bearing;  
retainer bearing;  
touch-down bearing  
**fr** palier auxiliaire;  
palier de secours;  
palier de retenue;  
palier atterrisseur

**6.2 зазор в страховочном подшипнике:** Половина разности между внутренним диаметром радиального страховочного подшипника и внешним диаметром цапфы ротора в этом подшипнике или осевой зазор между торцевой поверхностью упорного страховочного подшипника и заплечиком вала (см.  $C_r$  на рисунке 8 для радиального зазора и  $C_a$  на рисунке 9 для осевого зазора).

**en** auxiliary bearing;  
emergency bearing;  
retainer bearing;  
touch-down bearing  
**fr** palier auxiliaire;  
palier de secours;

**Примечание** — Эти зазоры должны быть меньше, чем зазор между ротором и статором в соответствующем направлении для всех частей системы «ротор — опора».

**fr** palier de retenue;  
palier atterrisseur

**6.3 испытание на контакт:** Испытание, в ходе которого ротор, вращающийся на заданной частоте, намеренно опускают на страховочный подшипник для проверки качества функционирования последнего

**en** touch-down test  
**fr** essai d'atterrissage

**6.4 резервное питание:** Источник, обеспечивающий АМП электрической энергией в случае выхода из строя основной системы питания

**en** back-up battery  
**fr** batterie de secours

## Библиография

- [1] ИСО 1925 «Вибрация. Балансировка. Словарь»  
[2] ИСО 1940 «Вибрация, удар и контроль состояния. Словарь»

УДК 534.322.3.08:006.354

ОКС 01.040.17  
17.160

T34

Ключевые слова: вибрация, активные магнитные подшипники, термины, определения

Редактор *Б.Н. Колесов*  
Технический редактор *Н.С. Гришанова*  
Корректор *М.И. Першина*  
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 28.05.2012. Подписано в печать 22.06.2012. Формат 60 × 84  $\frac{1}{8}$ . Гарнитура Ариал.  
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,78. Тираж 116 экз. Зак. 580.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.  
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.

Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 8.