

---

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

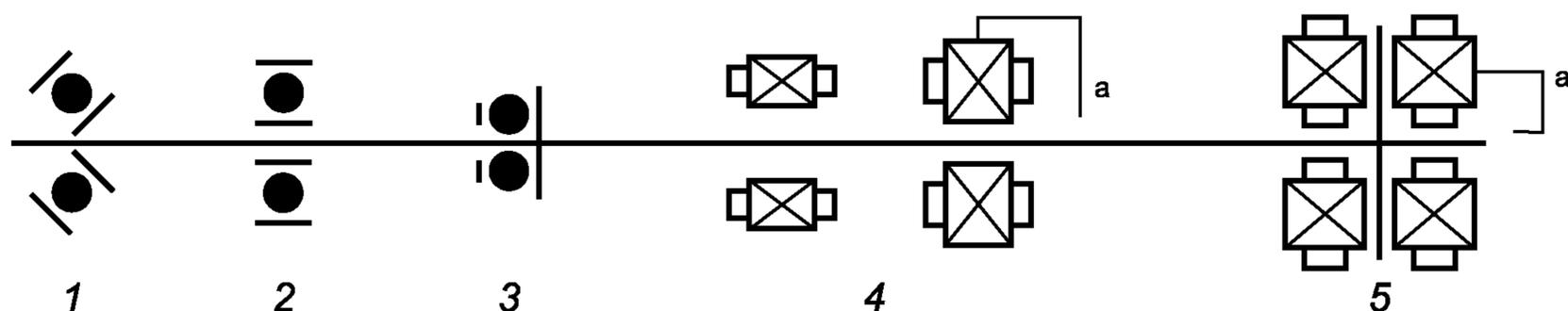
Настоящий стандарт устанавливает термины и определения, относящиеся к машинам вращательного действия с активными магнитными подшипниками.

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

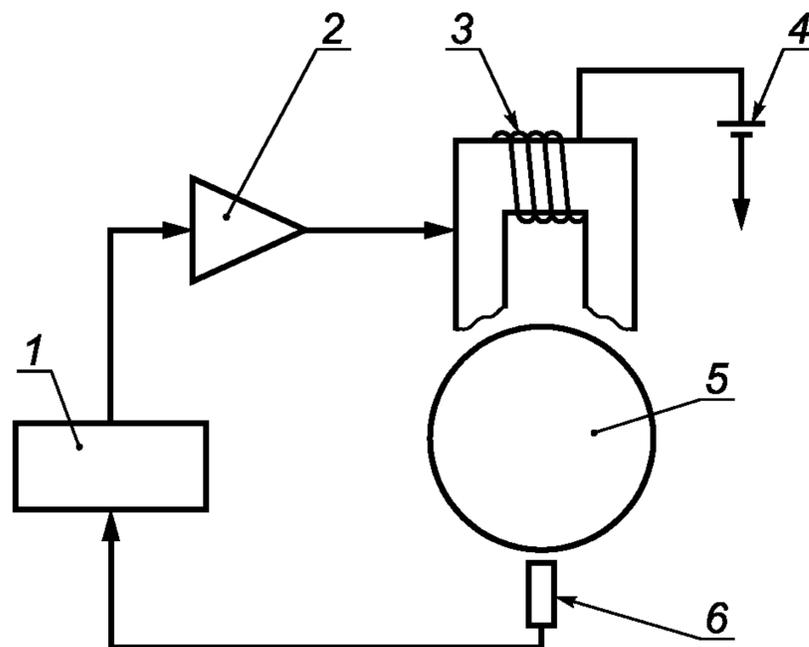
**en** magnetic bearing  
**fr** palier magnétique

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 пиннинга (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 силе 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

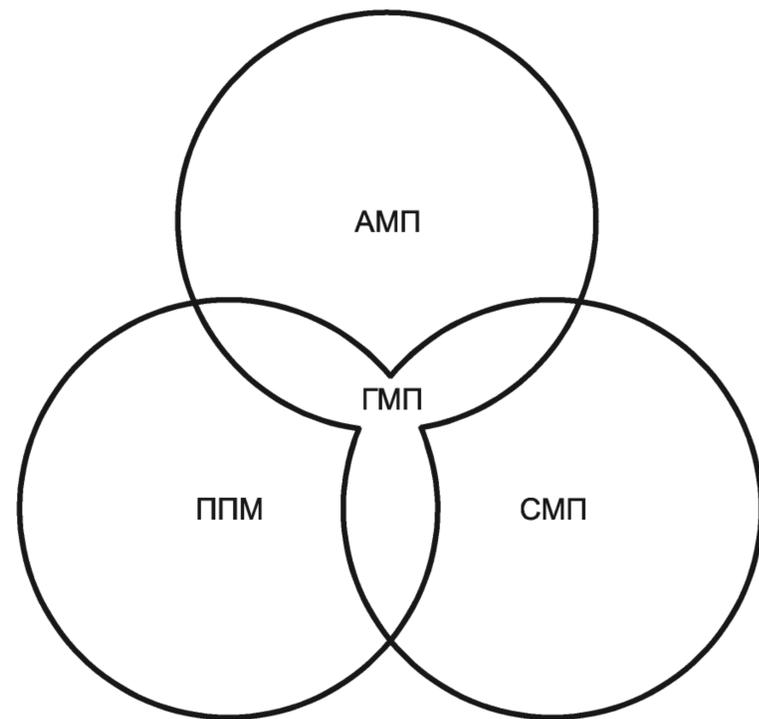
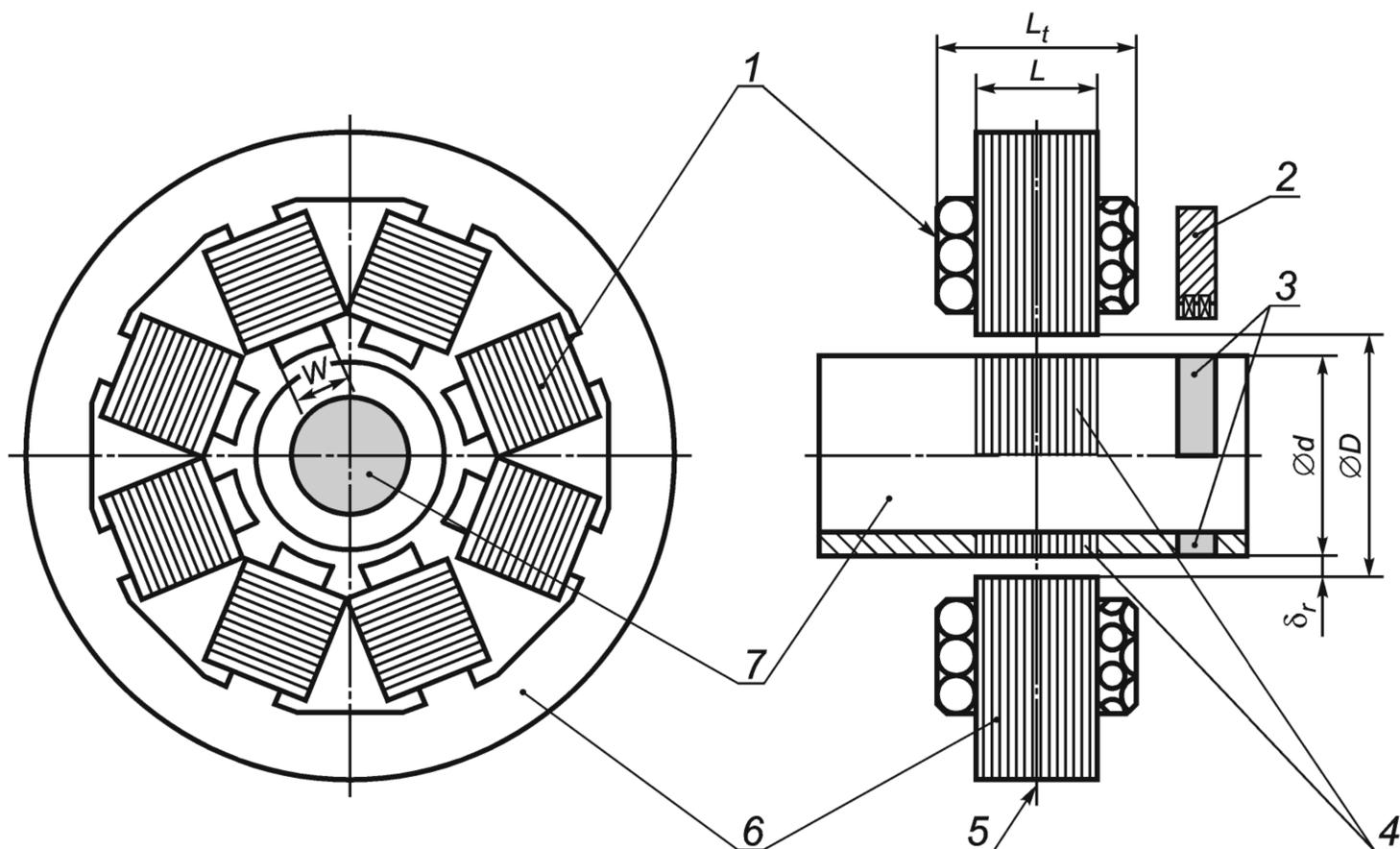


Рисунок 3 — Категории гибридных магнитных подшипников



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;  $A_r$  — площадь полюса,  $A_r = WL$

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)

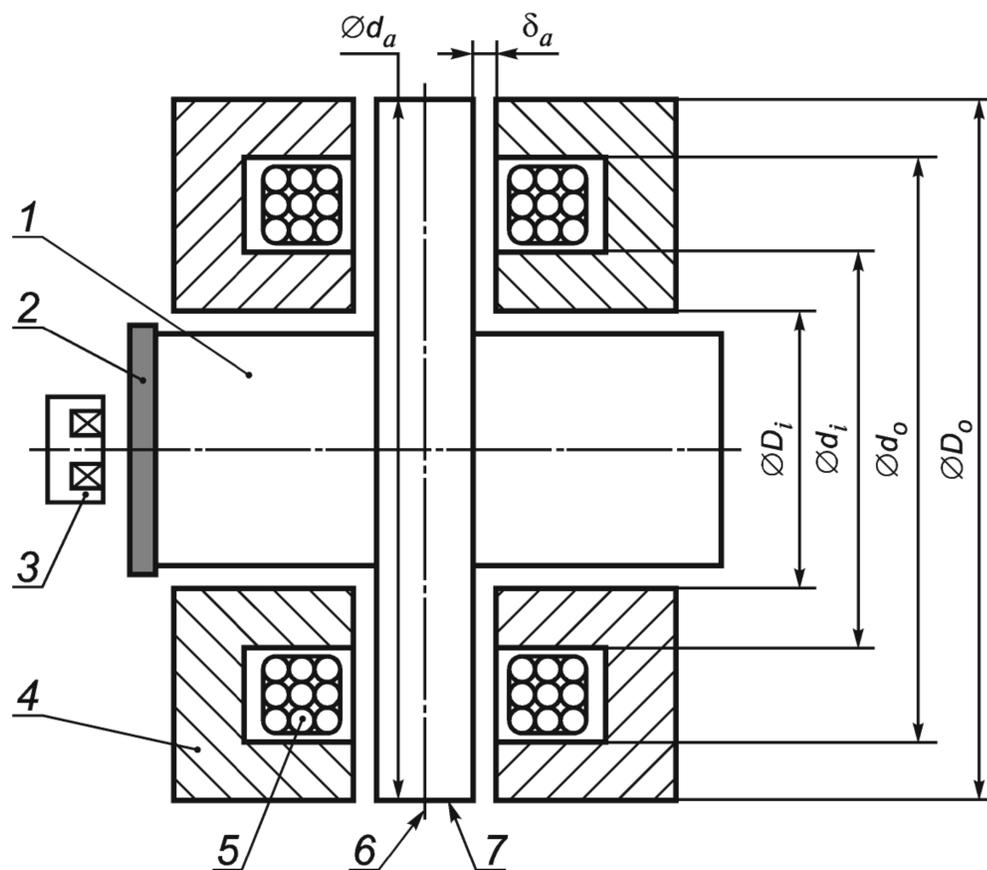
**en** axial AMB; thrust AMB

**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 — Осевой АМП в сборе

1.12 **центр радиального АМП:** Геометрический центр статора радиально-го 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

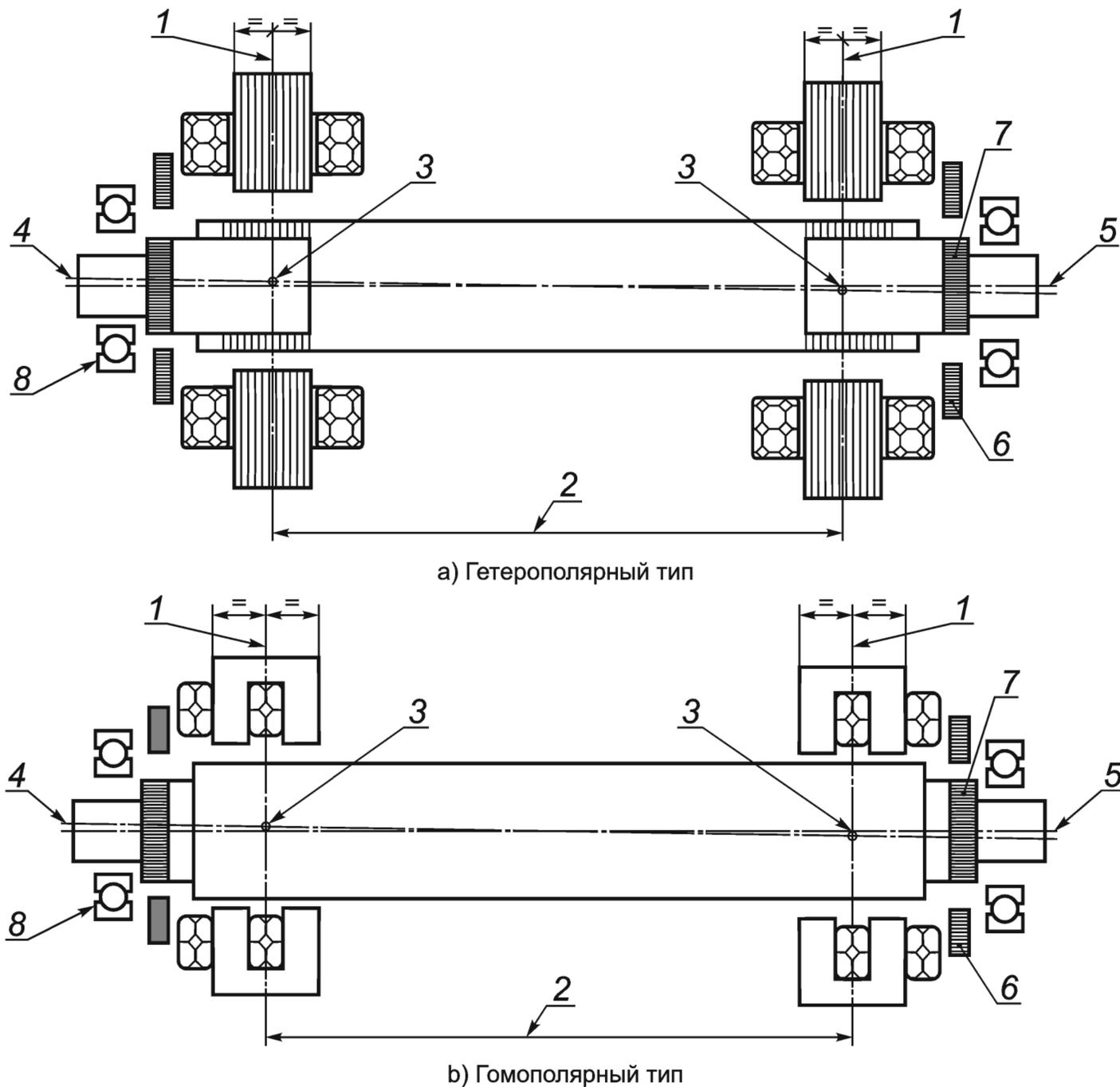
**en** axial magnetic centre of an axial AMB

**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



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

Рисунок 6 — Центры и центральные оси радиального подшипника

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, ...) или (N, S, S, N, ...).

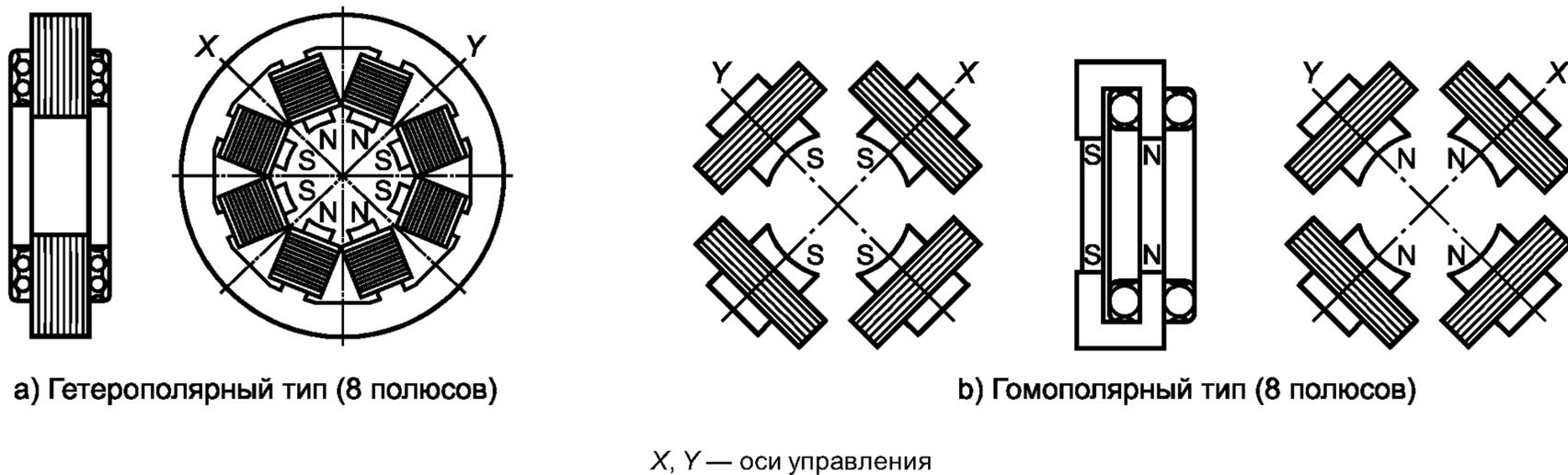


Рисунок 7 — Число полюсов радиального АМП

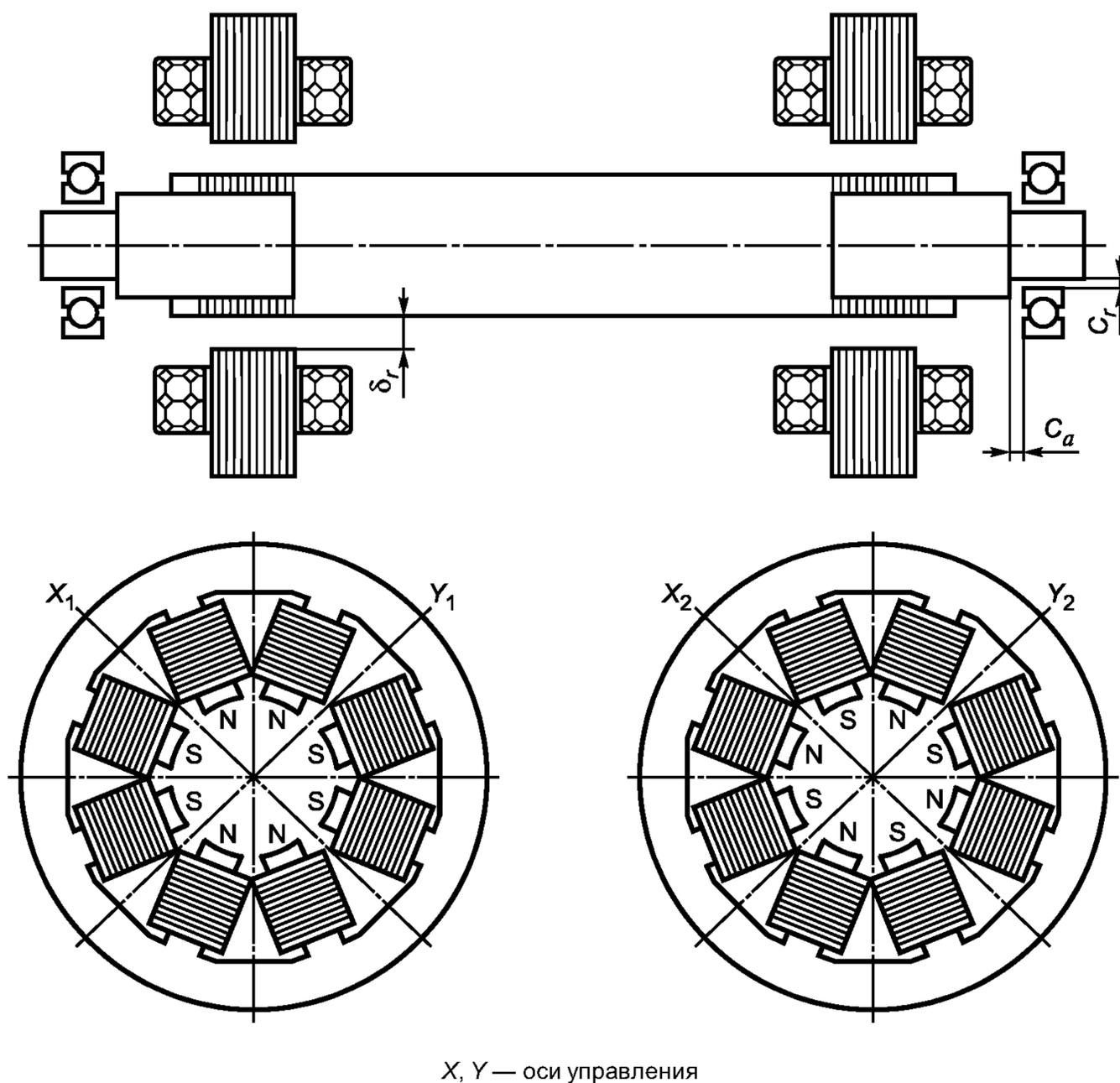


Рисунок 8 — Радиальный АМП гетерополярного типа

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

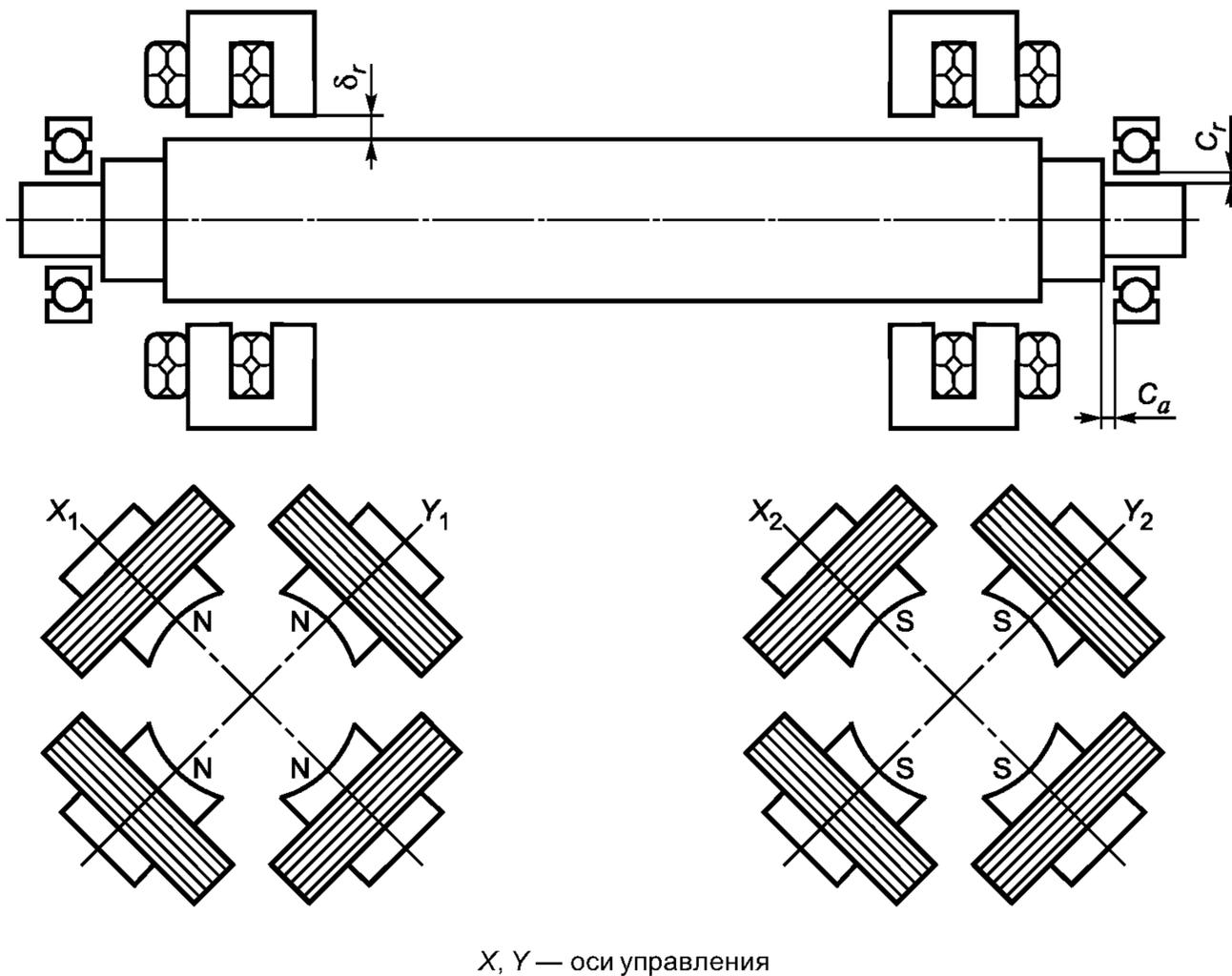
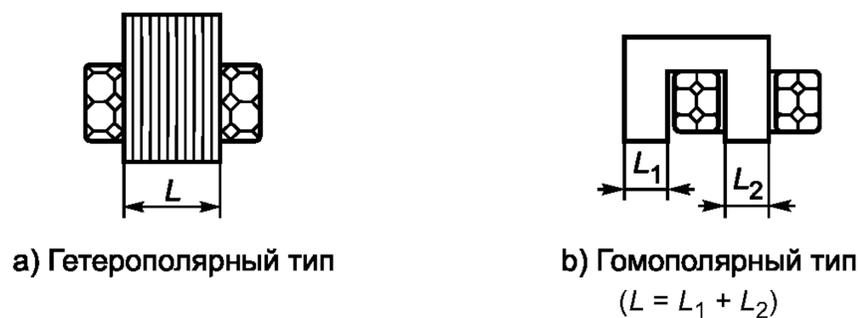


Рисунок 9 — Радиальный АМП гомоплярного типа

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).

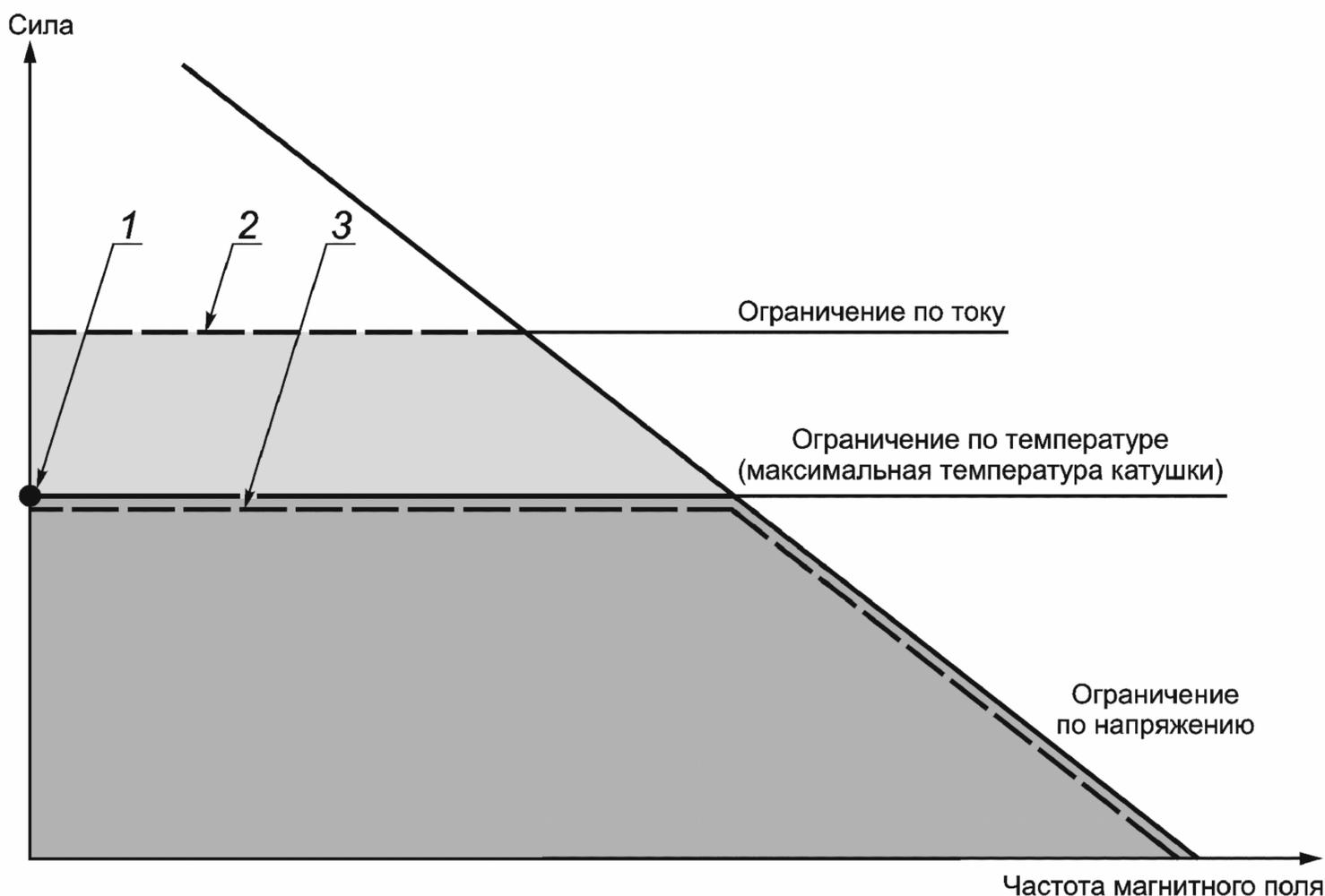
**en** area of one magnetic pole  
**fr** surface d'un pôle magnétique

**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 <b>число осей управления АМП:</b> Число степеней свободы движения ротора, управляемого АМП.	<b>en</b> number of control axes of an AMB <b>fr</b> nombre d'axes de commande d'un PMA
<i>Примеры:</i>	
<i>а) АМП с одной осью управления: подшипник с системой активного подавления вибрации и перемещений ротора только в одном направлении движения;</i>	
<i>б) АМП с двумя осями управления: подшипник с системой активного подавления вибрации и перемещений ротора в двух направлениях движения;</i>	
<i>в) АМП с тремя осями управления: подшипник с системой активного подавления вибрации и перемещений ротора в трех направлениях движения.</i>	
1.29 <b>общие потери АМП:</b> Сумма потерь в магнитной системе АМП вследствие эффектов вихревых токов и гистерезиса в роторе и статоре, нагревания в обмотке электромагнитов, воздушного сопротивления вращению ротора, а также потерь в элементах электрической цепи (кабеле, шкафе автоматического управления)	<b>en</b> total AMB loss <b>fr</b> déperdition totale du PMA
1.30 <b>АМП с автоматическим определением положения:</b> АМП, имеющий функцию определения положения ротора без использования датчиков перемещения	<b>en</b> self-sensing AMB <b>fr</b> PMA autodétecteur
1.31 <b>время установления:</b> Время, необходимое для достижения пиковой несущей способности АМП	<b>en</b> rise time <b>fr</b> temps de montée
1.32 <b>время пребывания:</b> Время, в течение которого возможно поддержание пиковой несущей способности АМП	<b>en</b> dwell time <b>fr</b> temps de passage (de maintien)
<b>2 Термины, относящиеся к ротору</b>	
2.1 <b>сердечник ротора:</b> Часть ротора из ферромагнитного материала, на который воздействуют магнитные силы в радиальном направлении	<b>en</b> radial rotor core; radial rotor journal <b>fr</b> noyau de rotor radial; tourillon de rotor radial
2.2 <b>упорный диск ротора (для осевого АМП):</b> Часть ротора из ферромагнитного материала, на который воздействуют магнитные силы в осевом направлении	<b>en</b> axial bearing disc; axial disc; axial rotor disc; thrust bearing disc; thrust disc; thrust rotor disc <b>fr</b> disque de palier axial; disque axial; disque rotor axial; disque de palier de butée; disque de butée; disque rotor de butée
2.3 <b>диаметр цапфы:</b> Диаметр части ротора, находящейся в радиальном магнитном подшипнике (см. <i>d</i> на рисунке 4)	<b>en</b> journal diameter <b>fr</b> diamètre du tourillon
2.4 <b>механические биения:</b> Составляющая измеренного смещения вращающегося вала, обусловленная его некруглостью и несоосностью	<b>en</b> geometrical runout; mechanical runout <b>fr</b> excentricité géométrique; excentricité mécanique
2.5 <b>электрические биения:</b> Составляющая измеренного смещения вращающегося вала, обусловленная магнитной неоднородностью измерительной поверхности для датчика	<b>en</b> electrical runout; sensor runout <b>fr</b> 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

а) внешний диаметр ротора радиального АМП, если статор находится снаружи ротора (см.  $d$  на рисунке 4);

б) внутренний диаметр ротора радиального АМП, если статор находится внутри ротора;

с) 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

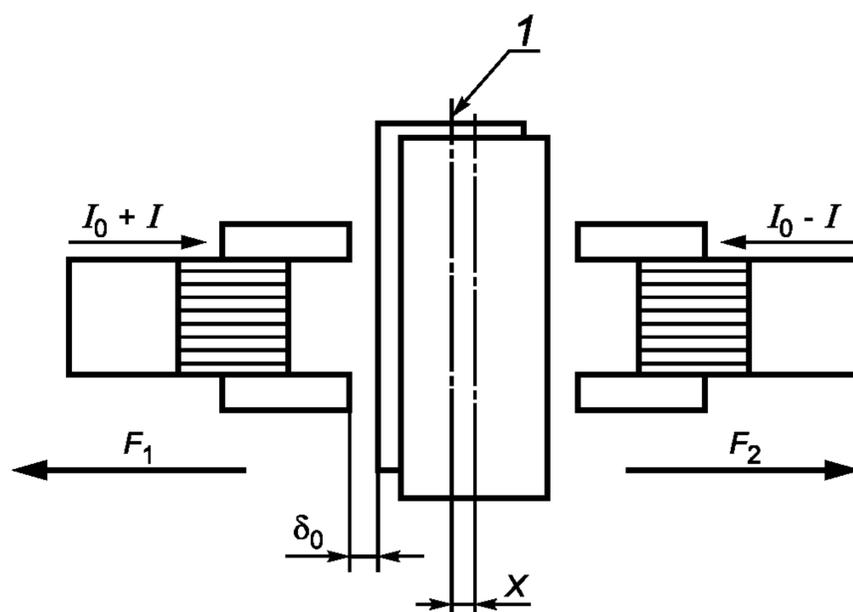
### 4 Термины, относящиеся к датчику перемещения

**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* — *Вихретоковый 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:

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

$$K_i = 4K \frac{I_0}{\delta_0^2}; K_s = -4K \frac{I_0^2}{\delta_0^3},$$

где  $K_i$  — токовая жесткость электромагнита;  
 $K_s$  — 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.

1 — 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

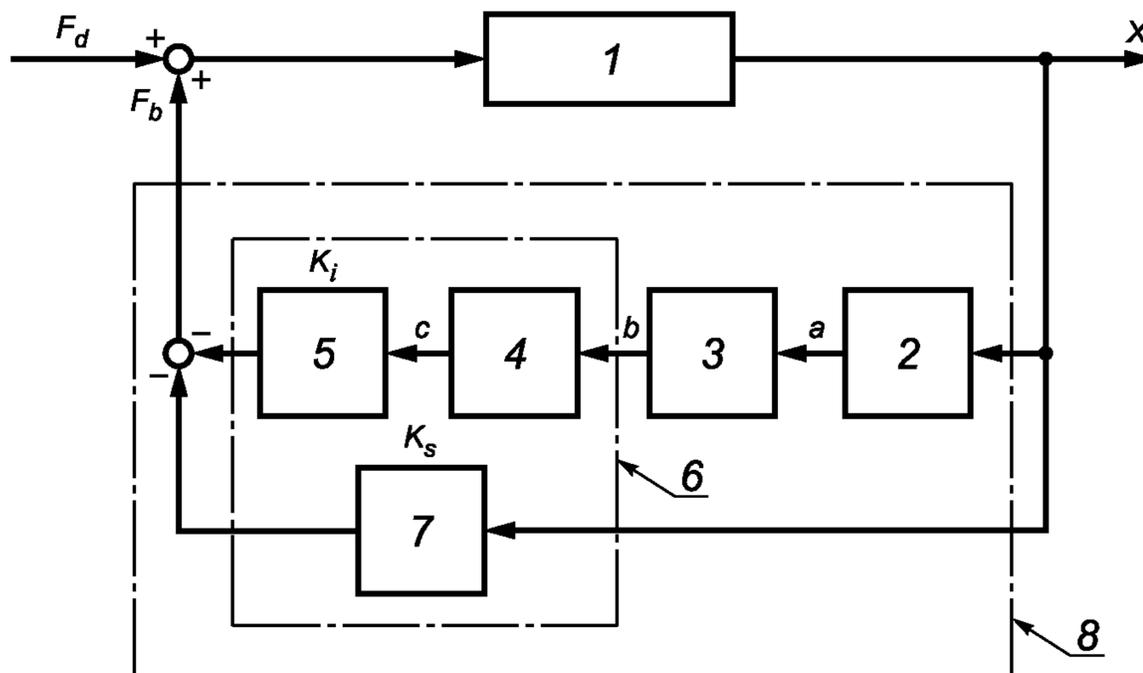
**4.7 измерительная поверхность для датчика осевого перемещения:** Область поверхности вала, по которой датчик осевого перемещения отслеживает перемещение вала в осевом направлении (см. рисунок 5)

**en** axial (sensor) target

**fr** piste du capteur axial

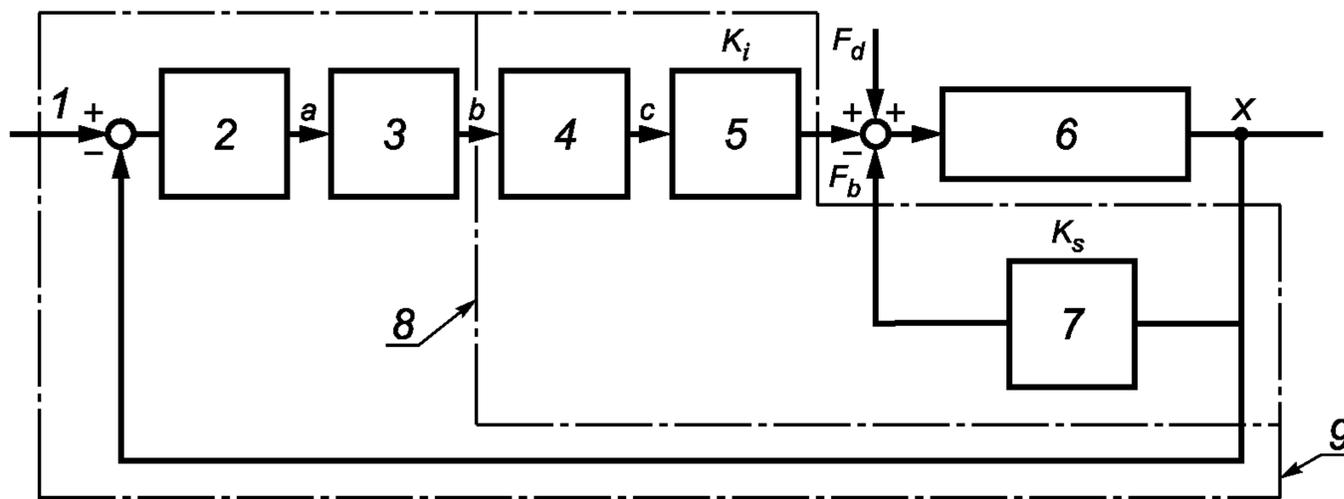
**5 Термины, относящиеся к динамике вала, управлению его движением и электронным средствам управления**

**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;  $K_i$  — 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)

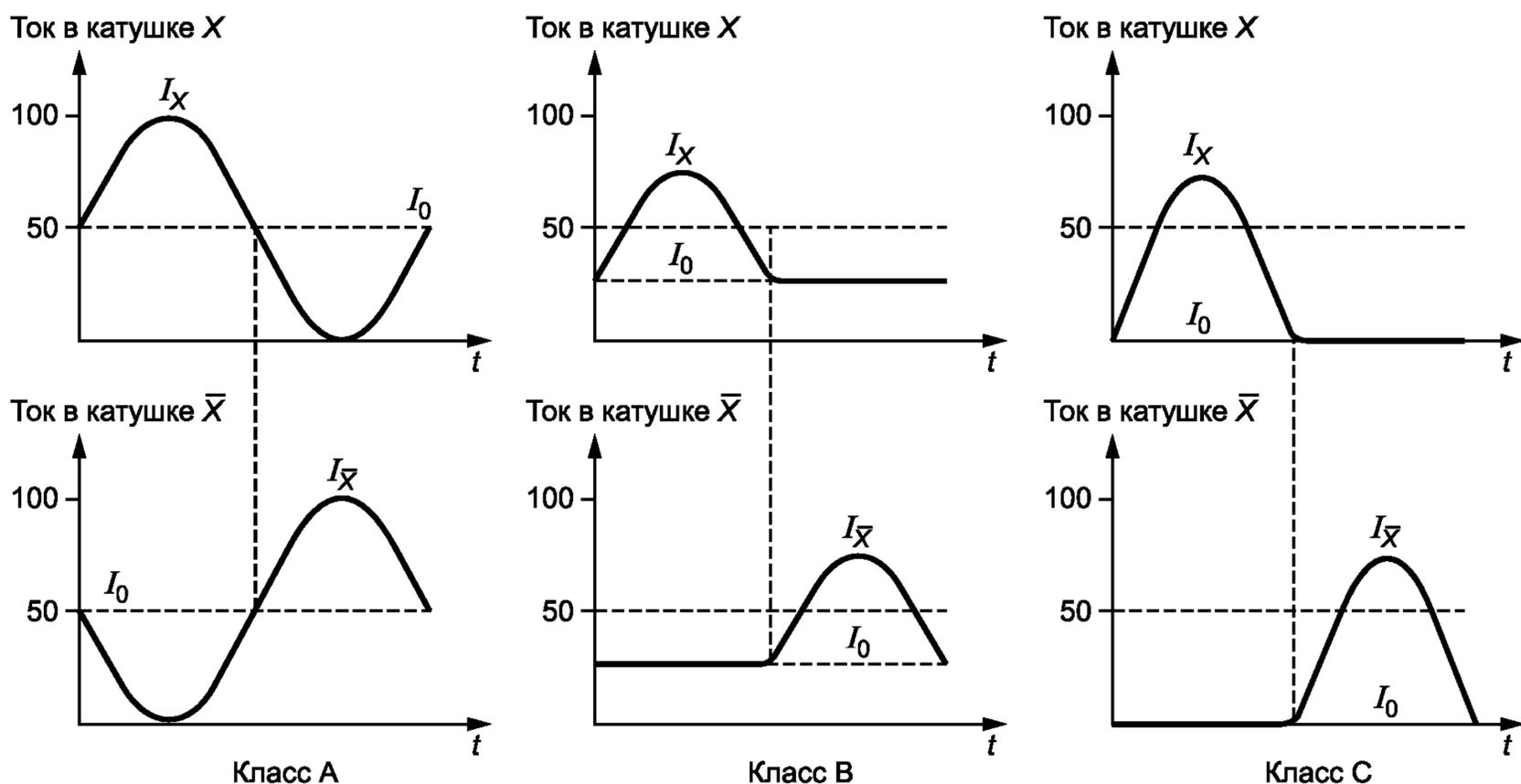


Рисунок 14 — Класс работы усилителя мощности (токи в катушках противоположных полюсов электромагнита)

**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.

<p><b>5.9 динамическая жесткость системы с обратной связью:</b> Частотная характеристика АМП с замкнутой системой управления, определяемая отношением <math>F_d/X</math> входной возмущающей силы <math>F_d</math> к выходному перемещению ротора <math>X</math> (см. рисунок 13)</p>	<p><b>en</b> closed-loop dynamic system stiffness <b>fr</b> raideur dynamique du système en boucle fermée</p>
<p><b>5.10 динамическая податливость системы с обратной связью:</b> Величина, обратная к динамической жесткости системы с обратной связью, т. е. <math>X/F_d</math> (см. рисунок 13)</p>	<p><b>en</b> closed-loop dynamic system compliance <b>fr</b> souplesse dynamique du système en boucle fermée</p>
<p><b>5.11 динамическая жесткость АМП с разомкнутой системой управления:</b> Частотная характеристика, <math>F_b/X</math>, АМП без обратной связи, для которого входное воздействие в виде перемещения ротора <math>X</math>, передаваемое через датчик перемещения, контроллер, усилитель мощности и электромагнит, определяет выходную магнитную силу <math>F_b</math> (см. рисунок 13).</p>	<p><b>en</b> open-loop AMB dynamic stiffness <b>fr</b> raideur dynamique du PMA en boucle ouverte</p>
<p><i>Примечание</i> — Действительная часть комплексного отношения <math>F_b/X</math> соответствует упругой силе подшипника, а мнимая часть этого отношения — демпфированию в подшипнике.</p>	
<p><b>5.12 многосвязанное управление АМП:</b> Организация управления АМП, связывающая входы и выходы контроллеров для разных степеней свободы движения ротора.</p>	<p><b>en</b> (AMB) centralized control <b>fr</b> commande centralisée (PMA)</p>
<p><i>Примеры</i> — Под эту категорию подпадают способы управления, использующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- компенсатор гироскопических эффектов;</li> <li>- управление по недиагональным элементам матрицы жесткостей;</li> <li>- контроллер с несколькими каналами входа и выхода</li> </ul>	
<p><b>5.13 раздельное управление АМП:</b> Организация управления АМП, при которой отсутствуют связи входов и выходов контроллеров для разных степеней свободы движения ротора</p>	<p><b>en</b> (AMB) decentralized control <b>fr</b> commande décentralisée (PMA)</p>
<p><b>5.14 регулировка АМП:</b> Коррекция передаточной функции контроллера для обеспечения заданных условий работы ротора в АМП</p>	<p><b>en</b> (AMB) tuning process <b>fr</b> processus de mise au point (PMA)</p>
<p><b>5.15 управление с компенсацией дисбаланса:</b> Способ управления, при котором происходят автоматическое определение и компенсация неуравновешенных сил, действующих на ротор, с соответствующим снижением вибрации ротора.</p>	<p><b>en</b> peak-of-gain control; unbalance force counteracting control</p>
<p><i>Примечание</i> — 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.</p>	
<p><b>5.16 управление с подавлением дисбаланса:</b> 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).</p>	<p><b>en</b> imbalance force rejection control; unbalance force rejection control <b>fr</b> commande de réjection du déséquilibre; commande de réjection des forces de balourd</p>

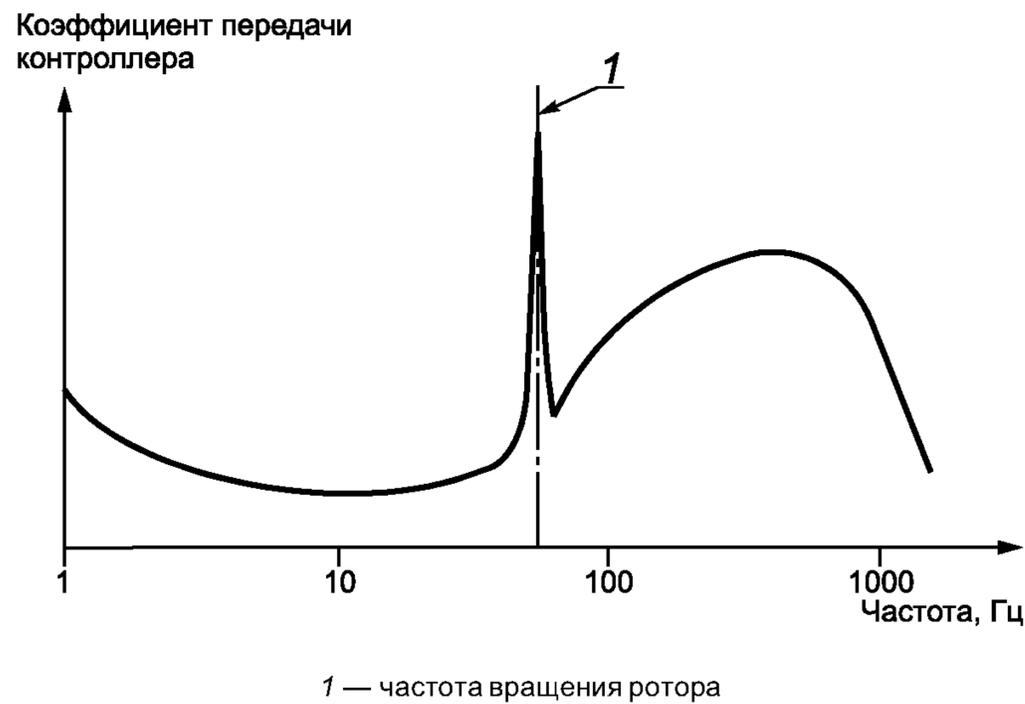


Рисунок 15 — Пример зависимости коэффициента передачи контроллера от частоты в системе управления с компенсацией дисбаланса

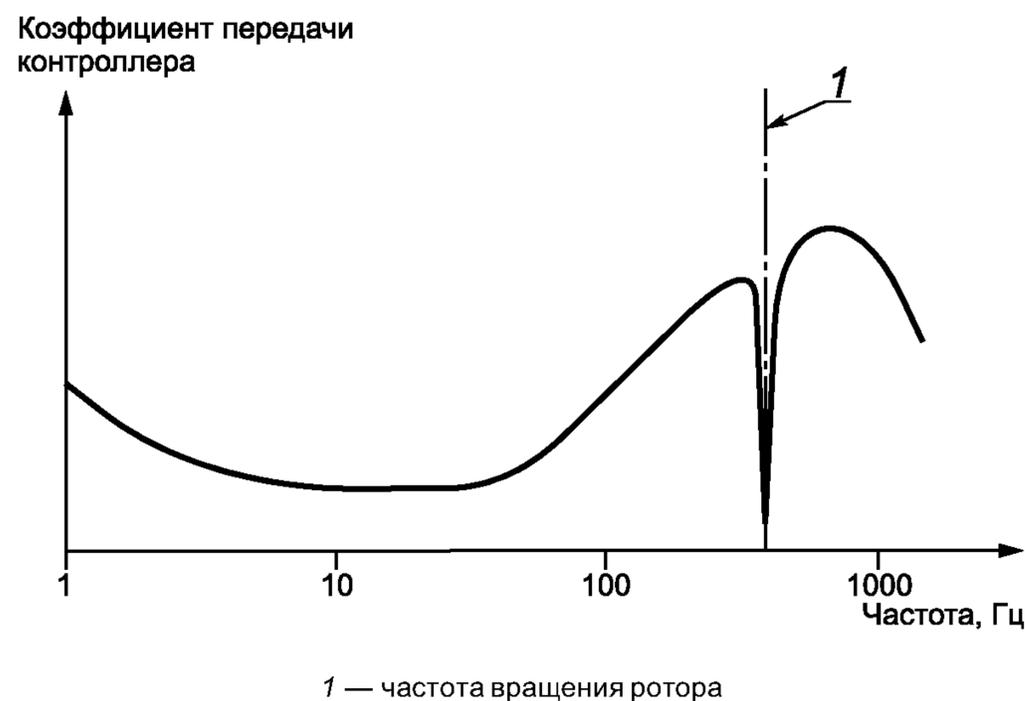


Рисунок 16 — Пример зависимости коэффициента передачи контроллера от частоты в системе управления с подавлением дисбаланса

## 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., 6.