

ГОСТ Р ИСО 14839-3-2013

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**Вибрация****ВИБРАЦИЯ МАШИН ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ С АКТИВНЫМИ
МАГНИТНЫМИ ПОДШИПНИКАМИ****Часть 3****Определение запаса устойчивости****Mechanical vibration. Vibration of rotating machinery equipped with active
magnetic bearings. Part 3. Evaluation of stability margin**

ОКС 17.160

Дата введения 2014-09-01

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем" (АНО "НИЦ КД") на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии 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 22 ноября 2013 г. N 1660-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 14839-3:2006* "Вибрация. Вибрация машин вращательного действия с активными магнитными подшипниками. Часть 3. Определение запаса устойчивости" (ISO 14839-3:2006 "Mechanical vibration - Vibration of rotating machinery equipped with active magnetic bearings - Part 3: Evaluation of stability margin", IDT).

* Доступ к международным и зарубежным документам, упомянутым в тексте, можно получить, обратившись в [Службу поддержки пользователей](#). - Примечание изготовителя базы данных.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные

стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном [приложении ДА](#)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Сентябрь 2019 г.

Правила применения настоящего стандарта установлены в [статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. N 162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации"](#). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе "Национальные стандарты", а официальный текст изменений и поправок - в ежемесячном информационном указателе "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя "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 (www.gost.ru)

Введение

В то время как пассивные опоры, такие как подшипники качения или скольжения, являются устойчивыми системами, магнитным подшипникам принципиально присуща неустойчивость поведения вследствие их отрицательной жесткости, обусловленной действием статических магнитных сил. Для обеспечения положительных значений жесткости и демпфирования и, соответственно, устойчивого равновесного вращения ротора в магнитных подшипниках вводят отрицательную обратную связь.

Для надежной и безопасной работы ротора в активных магнитных подшипниках помимо контроля вибрации (см. ИСО 14839-2) необходимо также контролировать запас устойчивости системы в соответствии с требованиями настоящего стандарта. Применение стандарта позволяет:

- a) обеспечить заинтересованные стороны (поставщиков и пользователей, технических специалистов и пр.) информацией о работе системы;
- b) определить методы оценки запаса устойчивости, используемые при составлении договоров, приемке машин и их техническом обслуживании;
- c) установить общие стандарты обеспечения устойчивости при разработке и эксплуатации машин с активными магнитными подшипниками.

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к обеспечению устойчивой работы машин вращательного действия с активными магнитными подшипниками (АМП). Для оценки устойчивости вращения ротора машины введен показатель

запаса устойчивости и приведен способ его измерения.

Настоящий стандарт распространяется на промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт с жесткими и гибкими роторами. Он не распространяется на машины с роторами малых размеров (шпиндели, роторы турбомолекулярных насосов и т.п.).

Оценка устойчивости осуществляется в нормальных установившихся режимах работы машины при испытаниях у изготовителя или на месте эксплуатации. Оценка запаса устойчивости при испытаниях у изготовителя является обязательным условием поставки машины. Оценка на месте эксплуатации осуществляется в зависимости от соглашения между поставщиком и пользователем.

В настоящем стандарте не рассматриваются резонансные колебания ротора, возникающие при прохождении критических частот вращения. Методы снижения вибрации на критических частотах вращения рассматриваются в ИСО 10814.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

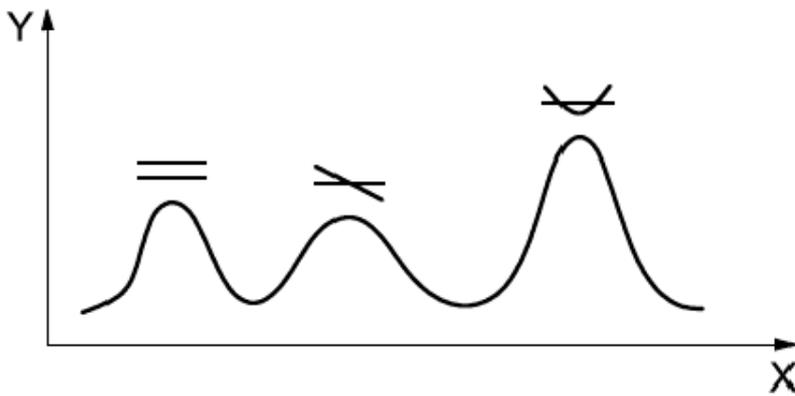
ISO 10814, Mechanical vibration - Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance (Вибрация. Подверженность и чувствительность машин к дисбалансу)

3 Предварительные исследования

Прежде всего необходимо исследовать характеристики демпфирования и устойчивости системы "ротор - АМП" для всех возможных режимов ее работы. Это исследование состоит из двух частей.

Во-первых, следует оценить поведение системы (через ее модальные чувствительности или модальные коэффициенты демпфирования) при разгоне ротора. Указанные характеристики определяют для всех собственных частот во всем диапазоне рабочих частот вращения ротора. Собственные частоты оценивают по вибрационному отклику системы в окрестностях критических частот вращения.

В примере, показанном на рисунке 1, кривая изменения амплитуды вибрации, обусловленной дисбалансом ротора, имеет три пика, соответствующих двум модам жесткого ротора и первой изгибной моде гибкого ротора. Ширина каждого пика определяется модальным коэффициентом демпфирования или добротностью. Требования к демпфированию системы "ротор - АМП" на резонансе устанавливает ИСО 10814, и в настоящем стандарте они не рассматриваются.



X - частота вращения ротора; Y - амплитуда вибрации

Рисунок 1 - Оценка модального демпфирования

Задачей второй части исследования является определение способности системы управления обеспечить устойчивость поведения ротора на номинальной частоте вращения. При решении этой задачи определяются допустимые границы изменений в системе "ротор - АМП" (например, изменение коэффициента усиления из-за смещения датчика при изменении температуры) и сил, действующих на ротор (например, обусловленных дисбалансом или приводящих к появлению высших гармоник). Существуют разные характеристики устойчивости (по модулю, по фазе, по диаграмме Найквиста, по функции чувствительности и т.п.), на основе которых может быть определен запас устойчивости системы.

4 Принцип работы систем с обратной связью

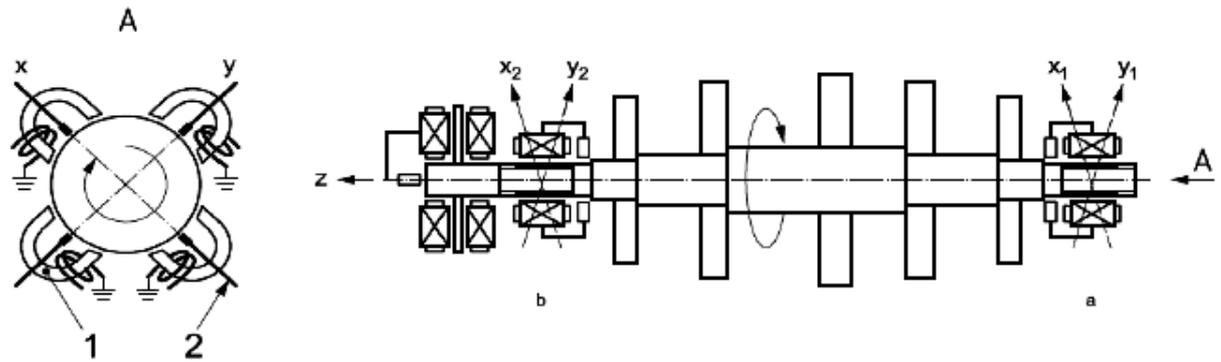
4.1 Передаточные функции замкнутой и разомкнутой систем управления

Активные магнитные подшипники поддерживают ротор без механического контакта с ним, как показано на рисунке 2. Обычно они расположены по обоим концам вала (стороны 1 и 2), включают в себя датчик перемещения и страхующий подшипник качения. Радиальные оси управления на стороне 1 обозначены x_1 и y_1 , на стороне 2 - x_2 и y_2 . Ось управления, совпадающая с осью вала, обозначена z . Обычно управление системой "ротор - АМП" осуществляют по указанным пяти осям. Пример системы управления показан на рисунке 3.

Из рисунков 2 и 3 видно, что каждый датчик перемещения контролирует смещение цапфы вала в одном радиальном направлении вблизи подшипниковой опоры. Сигнал с датчика обеспечивает обратную связь в системе управления. Данные об отклонении положения ротора от центра АМП поступают в контроллер АМП. Выходной сигнал контроллера управляет работой усилителей мощности, т.е. током в катушках управления и в конечном счете магнитной силой, обеспечивающей левитацию ротора. Таким образом, система "ротор - АМП", как правило, представляет собой систему с обратной связью.

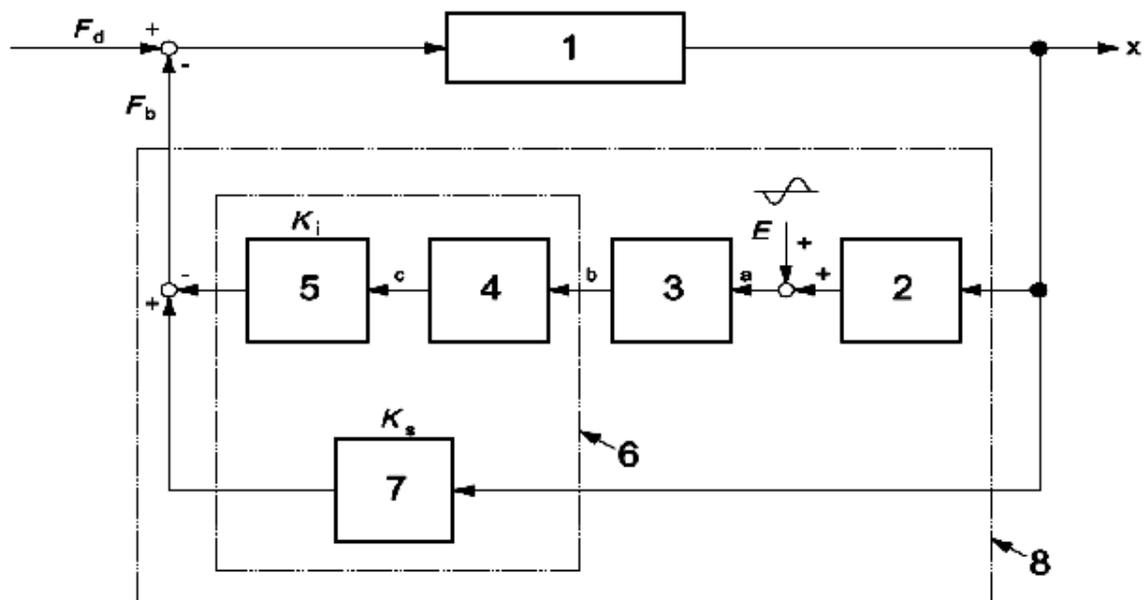
Замкнутую цепь управления рисунка 3 можно упрощенно описать (см. рисунок 4) через передаточную функцию G_f цепи обратной связи и передаточную функцию G_p прямого управления положением ротора. В некоторой точке цепи обратной связи можно ввести гармонический или случайный сигнал возбуждения $E(s)$ и обозначить сигналы до и после этой точки как V_1 и V_2 соответственно.

Тогда отношение изображений этих сигналов в частотной области даст передаточную функцию разомкнутой цепи $G_0(s)$ ($s = j\omega$, ω - угловая частота вращения ротора):



1 - АМП; 2 - датчик перемещения; а - сторона 1; б - сторона 2

Рисунок 2 - Система "ротор - АМП"



1 - ротор; 2 - датчик перемещения (В/м); 3 - контроллер АМП (В/В); 4 - усилитель мощности (А/В); 5 - электромагнит (Н/А); 6 - исполнительная часть АМП; 7 - отрицательная позиционная жесткость (Н/м); 8 - АМП; а - сигнал датчика; б - сигнал управления; с - управляющий ток; E - сигнал возбуждения; F_b - магнитная сила, Н; F_d - возмущающая сила, Н; K_i - токовая жесткость (Н/А); K_s - отрицательная позиционная жесткость (Н/м); x - перемещение

Рисунок 3 - Блок-схема системы управления положением ротора

$$G_0(s) = -\frac{V_2(s)}{V_1(s)}. \quad (1)$$

Такое определение передаточной функции разомкнутой цепи не является общеупотребительным. Большинство систем "ротор - АМП" имеют несколько цепей управления (как правило, по числу осей управления). Работу системы

переменный сигнал; G_o - передаточная функция разомкнутой цепи; G_s - функция чувствительности

Рисунок 4 - Двухканальная схема измерения G_o и G_s

