

Наименование хар-ки	Значение
Точность, $m/c^2 \cdot \text{бит}$	до $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ г}$
Частота измерений, Гц	до 3200
Раб. диапазон температур, °C	от -40 до +85
Интерфейс связи	RS 485
Протокол связи	от ModBus-RTU

Таким образом, разработанный датчик может быть использован в составе вибродиагностических комплексов при решении разнообразных практических задач, после непродолжительного этапа предварительной настройки.

Литература

1. Сайт Центра Комплексных Технологий. Комплекс вибродиагностики [Электронный ре-

сурс] – URL: <http://www.ndtural.ru/razdel.html?gc=4&ci=30>

2. Фаерман В.А., Аврамчук В.С. Применение частотно-временной автокорреляционной функции для повышения эффективности вибродиагностики // СТТ: Сб. трудов – Томск, 2013. – С. 379-381.

3. Методы измерения вибрации. Сайт компании Евролаб [Электронный ресурс] – URL: http://www.eurolab.ru/izmerenie_vibracii_pribory.

4. Сайт метрологов. Виды акселерометров [Электронный ресурс] – URL: <http://metrologu.ru/info/izmerenia/vibroizmerenia/typ-e-akselerometr.html>.

5. В.М. Шарапов. Пьезоэлектрические датчики / В.М. Шарапов, М.П. Мусиенко, Е.В. Шарапова. – М.: Техносфера, 2006. – 629 с.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВИБРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ МАШИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Фаерман В.А.

Научный руководитель: Аврамчук В.С.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: fcsevladfaerman@gmail.com

Со времени начала промышленного производства и повсеместной эксплуатации электромеханических машин, остро стоит проблема оценки их технического состояния на всех этапах жизненного цикла [1]. Важность данного вопроса обусловлена критическим влиянием состояния электромашины на ход транспортно-производственного процесса, в том числе на объем и качество выпускаемой продукции, а также на эффективность расходования ресурсов [2]. Кроме того, только прекращение эксплуатации и своевременное ремонтное обслуживание, позволяют предотвратить дальнейшее развитие дефекта в устройстве, способное привести к его выходу из строя, а в особых случаях, к крупным экономическим потерям или человеческим жертвам [2].

Как правило, под техническим состоянием электромеханических устройств понимают совокупность их свойств, которые характеризуются в определенный момент времени и при определенных условиях среды, значениями некоторых структурных параметров, установленных технической документацией [3]. Данное определение свидетельствует о том, что техническое состояние любого устройства неразрывно связано с целостностью и невредимостью его структуры. В свою очередь техническая диагностика машины, как процедура определения технического состояния, позволяет выявить дефекты и изъяны, присутствующие в ней, для их последующего устранения [3].

В настоящее время, техническая диагностика является одной из основных задач неразрушающего контроля. Одним из быстро развивающихся

подходов к ее решению является применение вибрационных методов, основанных на исследовании вибрации, производимой объектом диагностики [3]. Известно, что информация о взаимосвязи между состоянием устройства и создаваемыми в процессе его работы механическими колебаниями использовалась со времён эксплуатации первых машин. В связи с тем, что измерение параметров колебаний в тот период происходило с использованием простейших оптических средств и характеризовалось низкой точностью и значительной трудоемкостью, исследования вибрации производились в основном при принятии конструкторских решений на этапе разработки машины [4]. В последние десятилетия, благодаря появлению более совершенных датчиков колебаний и интенсивному развитию микропроцессорной техники, исследование вибрации стало значительно более простым и эффективным, что привело к расширению круга решаемых таким образом практических задач [4]. В настоящее время, данный подход введен в реестр методов неразрушающего контроля [3].

Как отмечалось ранее, в основе вибрационных методов диагностики лежит измерение, регистрация и анализ параметров вибрации исследуемого объекта: виброускорения, виброскорости и виброперемещения. Как правило, датчики устанавливаются в различных точках на корпусе машины, это позволяет получать более полную информацию о состоянии ее основных узлов. В качестве основного информационного параметра колебаний, измеряемого непосредственно датчиком, обычно выступает виброускорение. Это связано с широким распространением пьезоэлектри-

ческих акселерометров, обладающих рядом таких качеств, как доступность, точность и надежность [4].

В технических системах сигналы вибрации могут использоваться различным образом: для мониторинга непосредственно вибрации объекта или для мониторинга состояния объекта в целом. Системы мониторинга вибрации значительно проще, чем системы мониторинга состояния, и применяются в основном для сигнализации о нежелательном режиме работы оборудования и для его аварийного отключения [3]. Упрощенная схема системы мониторинга вибрации представлена на рисунке 1.

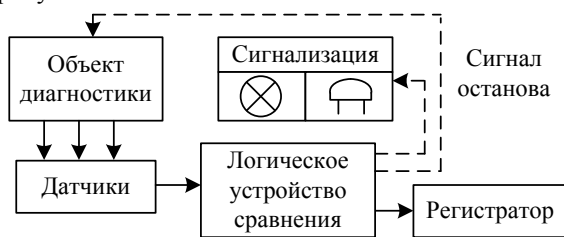


Рис. 1. Система мониторинга вибрации

При формировании сигналов сигнализации и останова обычно используются простые логические зависимости, основанные на сравнении поступающих значений параметров вибрации с некоторыми допусками. Подобные системы получили широкое распространение при управлении вентилацией (в шахтах, метрополитене) [1].

Системы мониторинга состояния объекта в целом, отличаются от вышеописанных наличием интерпретирующей модели, связывающей диагностические признаки, измеряемые системой мониторинга, со структурными параметрами, определяющими состояние объекта мониторинга. Основными информативными признаками наличия дефектов являются величины гармонических составляющих вибрации и их соотношения. Однако дополнительно используется информация о мгновенных фазах колебаний в различных узлах машины, спектральная плотность мощности, динамика вибрации в процессе работы и другая [3]. Таким образом, интерпретирующая модель может быть представлена в виде блока накопления и анализа измеряемых данных (использует методы цифровой обработки сигналов для выявления гармонических составляющих в сигналах вибрации, представления спектра сигнала, вычисления динамики спектра и т. д.) и экспертной системы (распознает образы неисправностей и информирует о них персонал, выдает рекомендации по устранению неполадок, прогнозирует остаточный ресурс) [5]. Упрощенная схема системы мониторинга состояния представлена на рисунке 2.

Реализация систем мониторинга представляет сравнительно простой задачей, так как не требует особого программного обеспечения. Системы мониторинга состояния напротив, предъявляют

высокие требования как к алгоритмам анализа поступающих данных, так и к реализации экспертной системы [6]. В связи с этим, подобные автоматизированные системы диагностики отличаются высокой стоимостью, не универсальностью и применяются достаточно редко (при эксплуатации дорогостоящего и ответственного оборудования) [7].

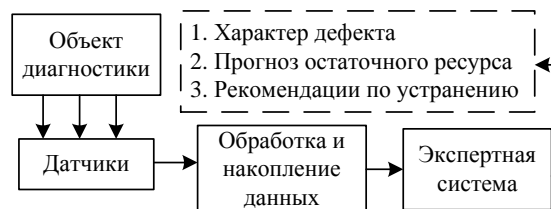


Рис. 2. Система мониторинга состояния

Более популярна в настоящее время портативная диагностическая аппаратура, предназначенная для периодического контроля оборудования [5, 7]. Трудности определения характера дефекта связаны со следующими причинами: конструктивные различия оборудования, которые определяют порядок проведения измерений (особенно, в условиях ограниченного количества датчиков); не выраженность информативных признаков после обработки результатов измерений (например, при наличии интенсивных, широкополосных шумов); несовершенство экспертных систем, обусловленное неоднозначностью, нечеткостью анализируемых информативных параметров [6].

Перспективным направлением развития диагностики может являться применение методов частотно-временного корреляционного анализа на этапе обработки сигналов. Данное решение способно дать следующие преимущества: повысить точность и надежность обнаружения гармоник полигармонического сигнала в условиях шумов [8]; разрешить задачу автоматического распознавания гармоник в сложных случаях путем анализа формы частотно-временной корреляционной функции на отдельных частотах [8-10]. Гармонические составляющие сигнала вибрации имеют исключительно важное значение. Согласно [11], данной информации достаточно для полной автоматизации диагностики ряда узлов и некоторых машин, а в перспективе – для диагностики любых машин.

Литература

1. Люфт М. Диагностика агрегатов: быстро и легко – при помощи метода БПФ. // Буклет компании PRUFTECHNIK. [Электронный ресурс]. URL: http://www.pruftechnik.com/fileadmin/user_upload/COM/Machinery_Service/PDFs/VIB_Booklet_RU.pdf.
2. Александров А.А., Барков А.А. Вибрация и вибродиагностика судового электрооборудования – СПб. – Судостроение, 1986 – 273 с.
3. Костюков В.Н., Науменко А.П. Практические основы виброакустической диагностики ма-

шинного оборудования: Учебн. пособ / Под ред. Костюкова, Омск: Изд-во ОмГТУ, 2002 – 108 с.

4. Петрухин В.В. Основы вибродиагностики и средств измерения вибрации: Учебн. пособ. / Петрухин В.В., Петрухин С.В. – М.: Изд-во Инфраинженерия, 2010 – 176 с.

5. Техническое предложение. Система диагностики и мониторинга состояния роторных машин Спектр-07 (ЗАО «ТСТ») [Электронный ресурс] – URL: <http://www.tst-spb.ru/files/Image/advpics/Spektr07.pdf>.

6. Сидоров А. В. Разработка экспертной системы для оценки технического состояния металлургических машин по параметрам вибрации // Выпускники ДонТУ. [Электронный ресурс] – URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2005/mech/sidorov/diss/index.htm>.

7. Сайт лаборатории диагностики оборудования при МГУПП. Обзор современных приборов для вибродиагностики [Электронный ресурс] – URL: http://www.sig-nal.narod.ru/new_page_3.htm.

8. Фаерман В. А., Аврамчук В.С. Применение частотно-временной автокорреляционной функции для повышения эффективности вибродиагностики // СТТ: Сб. трудов – Томск, 2013. – С. 379 – 381.

9. Аврамчук В. С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – №. 5. – С. 113–116.

10. Аврамчук В.С., Чан Вьет Тъяу. Частотно-временной корреляционный анализ цифровых сигналов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. –Т. 315. – № 5. – С. 112–115.

11. Свиридов В.И., Абдулаев А.А. Автоматизация вибродиагностирования энергетического оборудования // Вестник науки Херсонской государственной морской академии. – 2012. – №1(6). – С. 311-316.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ПОСТРОЕНИЯ САР УРОВНЯ В БАРАБАНЕ ПАРОВОГО КОТЛА

Фам Ван Дай

Научный руководитель: Коновалов В.И.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: phamvandaibk@gmail.com

Введение

В процессе эксплуатации котлоагрегата, поддержание уровня воды в барабане парового котла в допустимых пределах весьма важно. Снижение уровня ниже допустимых пределов может привести к нарушению циркуляции в экранных трубах, в результате чего произойдет повышение температуры стенок обогреваемых труб и их перегрев. При значительном повышении уровня в барабане возможен заброс воды в занос пароперегревателя солями или поломку турбину [1].

Свойства парового котла как объекта регулирования уровня

На уровень воды в барабане парового котла влияют многие факторы, основными из них являются изменения расходов питательной воды и пара, изменения температуры воды, нагрузки топки и давление в барабане. Особенностью динамики уровня в барабане является явление «набухание». При скачкообразном увеличении подачи питательной воды при неизменной паровой нагрузке, уровень сначала уменьшился, потом восстановился и увеличился. Это явление объясняется тем, что увеличение подачи питательной воды вызывает понижение температуры всей пароводяной смеси и соответственное уменьшение объема пара в барабане котла и циркуляционной системе. При скачкообразном увеличении расхода пара при неизменной подаче питательной воды, уровень

сначала увеличился, потом восстановился и уменьшился.

Для котла с некипящим экономайзером, характер изменения уровня при возмущении расходом питательной воды имеет вид [1]:

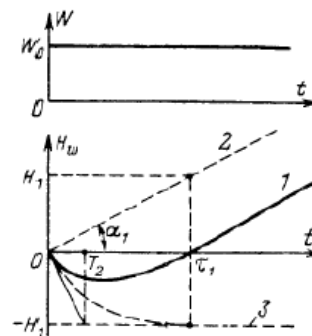


Рис. 1. Характер изменения уровня в барабане котла при возмущении расходом питательной воды

Передаточная функция объекта регулирования имеет вид [1]:

$$W_B(s) = W_1(s) + W_2(s) = \frac{1}{T_1 s} - \frac{K_1}{T_2 s + 1} \quad (1)$$

В процессе построения и расчета САР, считаем, что передаточные функции объекта по расходам воды и пара противоположны по знаку, а равны по величине, т.е.

$$W_{II}(s) = -W_B(s) \quad (2)$$