

УДК 621.752:629.12:004.9

Браневич Ц.Ю., Базаревский В.Э., Костюк С.Ф.

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,
г. Минск

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

Article describes the importance of industrial equipment service systems delivery, in accordance with its technical conditions to reduce operation costs. We consider the problems, solved by vibration monitoring systems. We present the constituent elements of the vibration diagnostics systems and their functions.

Введение

В настоящее время на многих предприятиях различных отраслей достаточно активно проводятся мероприятия по энерго- и ресурсосбережению. Экономия электрической энергии, тепла, воды, топлива действительно способствует улучшению экономических показателей предприятий. Однако для достижения реального повышения их эффективности требуется внедрение современных технологий основного и вспомогательного производства.

В общей сумме затрат расходы на эксплуатацию производственного оборудования достигают значительных величин, причем существенную долю в них занимает ремонтно-эксплуатационная составляющая.

Считается, что наиболее изнашиваемым является оборудование с вращательным движением (турбины, генераторы, двигатели, редукторы, насосы, компрессоры, вентиляторы и т.д.). Снизить затраты на его эксплуатацию можно путем внедрения современных систем технического обслуживания, которые базируются на использовании технологий мониторинга параметров технических объектов, оценки состояния, диагностики, прогнозирования развития дефектов. Это позволяет предотвращать аварийные ситуации, вовремя заменять полностью исчерпавшее свой ресурс оборудование, лишь при необходимости проводить его профилактическое обслуживание, ремонт или наладку.

При реализации систем оценки состояния технических объектов, на основе результатов работы которых принимаются управляющие решения, важно оценить и соотнести затраты на ее создание и ожидаемые результаты. Также следует учитывать, что эффект от внедрения будет не очень быстрым.

Состояние производственного оборудования может характеризоваться многими параметрами основных и вторичных процессов, развивающихся при его работе. Для контроля целесообразно выбирать те параметры процессов, которые достаточно хорошо отражают функциональное состояние объектов и не требуют слишком больших затрат на их измерение. В этом плане, для механизмов с вращательным движением, такими являются параметры вибрации [1].

Системы вибромониторинга

В зависимости от важности выполняемых оборудованием функций, его стоимости и величины возможного ущерба при внезапной аварии, реализуют периодический или непрерывный стационарный мониторинг параметров вибрации.

При периодическом мониторинге через некоторые промежутки времени (раз в неделю или месяц) с помощью переносных приборов измеряются параметры вибрации подшипниковых опор, а полученные результаты заносятся в специальный журнал или базу
20

данных. Важно, чтобы измерения проводились в сопоставимых условиях при одинаковых или близких режимах работы контролируемого оборудования и частоте вращения ротора. В качестве параметров вибрации чаще всего фиксируют среднее квадратическое значение (СКЗ) в нормированной частотной полосе (для механизмов с частотой вращения ротора более 600 оборотов в минуту это 10–1000 Гц), а также, при наличии возможности, определяются амплитуда оборотной составляющей вибрации (составляющая с частотой, равной частоте вращения ротора), интенсивность низкочастотной вибрации, амплитудный спектр. В результате обработки полученных данных отслеживается выход параметров за нормированные допусковые зоны, строятся тренды изменения параметров вибрации для отдельных механизмов. Далее принимаются решения о проведении расширенных обследований вибрационного состояния подозрительных механизмов, планируются мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту. Периодический мониторинг позволяет отследить динамику изменения технического состояния и дать исходные данные для прогнозных оценок, но не дает возможности оперативно отреагировать на внезапные аварийно-опасные ситуации путем отключения оборудования или изменения режимов его работы.

Системы непрерывного стационарного мониторинга внедряют на сложных дорогостоящих агрегатах (турбогенераторах, газоперекачивающих агрегатах и т.п.). Это многоканальная, в большинстве случаев компьютерная, система, определяющая и регистрирующая на каком-то носителе информации значения параметров вибрации через небольшие (не более нескольких секунд) промежутки времени, а также осуществляющая допусковый контроль, выполняющая функции сигнализации и даже защитного отключения. Примером такой системы является измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) серии «Лукомль», разработанный и производимый научно-исследовательской лабораторией вибродиагностических систем БГУИР [2].

Структурно ИВК представляет собой универсальную ПЭВМ с типизированным модулем АЦП, подключаемым к ее стандартному интерфейсу (ISA, PCI, USB), блока аналоговой обработки сигналов, к которому подключаются различные виброизмерительные каналы и блока управления сигнализацией и защитным отключением. По сути это перепрограммируемый компьютерный измерительный прибор, решающий специальные задачи. Его основными функциями являются:

- определение в режиме реального времени интенсивности вибрации в стандартизованных или задаваемых частотных диапазонах, частоты вращения вала, значений амплитудных и фазовых параметров, по крайней мере, до десяти спектральных составляющих вибрации, кратных частоте вращения (порядковый анализ), пик-фактора исходного сигнала;

- сравнение реально полученных значений с контрольными (величина которых может изменяться от точки к точке и с течением времени) и выработка по определенным алгоритмам сигналов сигнализации, выдаваемых на отображающие и исполнительные устройства;

- реализация алгоритмов защиты технических объектов по вибрационным параметрам не только по стандартизованным критериям, но и с учетом расширенного числа показателей, индивидуальных особенностей конкретного объекта и обобщенной оценки ситуации на объекте, полученной на основе измерений в нескольких точках контроля. При анализе вибрационного состояния защищаемого объекта учитываются факторы низкочастотной вибрации, высокочастотной вибрации, оборотной составляющей вибрации, изменение вектора оборотной составляющей. Значения конкретных уровней срабатывания защиты устанавливаются индивидуально для конкретного агрегата.

Системы вибрационной диагностики

На основе анализа вибрационного состояния группы однотипных механизмов при их функционировании на различных режимах, в различном техническом состоянии и на протяжении длительного времени могут быть обоснованы и сформулированы диагностические признаки для локализации мест и причин повышения вибрации. Это создает условия для построения автоматизированных систем оценки технического состояния и диагностики, значительно облегчающих работу инженерно-технического персонала.

Однако практически невозможно разработать подобную универсальную систему, так как каждый тип оборудования имеет свои специфические особенности и характеризуется определенным набором параметров. В связи с этим представляется целесообразным создание обобщенной модели системы оценки технического состояния и диагностирования, которая адаптируется под конкретное применение и может быть представлена следующим набором взаимодействующих элементов.

1. Множество информативно значимых параметров, характеризующих техническое состояние объекта $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_N\}$. Например, амплитуды спектральных составляющих вибросигнала на фиксированных частотах, мощность или СКЗ вибрации в полосе частот $f_n \div f_o$ (может задаваться несколько полос), пик-фактор, эксцесс, асимптота, коэффициент модуляции огибающей вибросигнала, амплитуды оборотных составляющих вибрации и т.д. Параметры выбираются на основе теоретических и экспериментальных исследований, экспертных знаний, эвристических предположений.

2. Множество дефектов, требующих обнаружения, для конкретного механизма $D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_M\}$. Конкретный состав этого множества определяется типом механизма, его техническими параметрами, выполняемыми функциями, условиями эксплуатации и т.п.

3. Базовые значения каждого из параметров множества P , которые соответствуют нормальному (исправному, бездефектному) состоянию исследуемого объекта $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_N\}$. Эти значения принимаются: на базе нормативных документов, регламентирующих допустимые уровни вибрации механизмов; на основе исследования вибрационных характеристик достаточно большого количества однотипных механизмов на протяжении продолжительного периода времени; путем теоретических расчетов; в результате проведения натурного или полунатурного моделирования.

4. Подмножества информативно значимых параметров, по изменению которых можно идентифицировать проявление каждого из дефектов, и весовые коэффициенты значимости для каждого признака. Весовые коэффициенты α_{d_i} принимают значения в диапазоне от 0 до 1.

5. Множество решающих функций для каждого дефекта, отражающих проявление или развитие дефекта. Решающие функции учитывают соотношение текущих и базовых значений информативно значимых параметров и могут быть достаточно разнообразными, например, численными, логическими, на основе нечетких правил, прецедентов.

6. Множество рекомендаций по устранению обнаруженного дефекта и предотвращению его развития. Для каждого дефекта формулируется некоторое множество рекомендаций по его ликвидации или снижению его влияния. Примеры таких рекомендаций: заменить смазку в подшипнике; провести балансировку вала; заменить подшипник; проводить ежедневное измерение параметров вибрации механизма; проверить наличие межвитковых замыканий обмоток двигателя и т.п.

Результатом работы системы вибрационной диагностики является набор рекомендаций для пользователя по устранению выявленного дефекта.

Заключение

Применение систем вибрационного мониторинга позволяет получать данные об изменении технического состояния механизмов и агрегатов, планировать мероприятия по техническому обслуживанию и ремонтам оборудования и таким образом оптимизировать затраты на их проведение. Стационарные системы мониторинга с функциями сигнализации и защиты помимо этого ориентированы на предотвращение серьезных аварий.

Использование компьютера в качестве базового узла обработки вибрационных данных обеспечивает быструю настройку системы вибрационного контроля под условия применения, гибкость и расширяемость функциональных возможностей.

Задачами вибрационной диагностики является обнаружение зарождающихся дефектов и неисправностей, наблюдение за их развитием и прогнозирование изменения технического состояния. Однако не следует ожидать очень быстрого экономического эффекта от их внедрения, так как требуется определенный промежуток времени на адаптацию системы под конкретное производство и оборудование, а также соответствующую подготовку специалистов и изменение психологии их поведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков, А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев. – СПб. : Изд. центр СПбГМТУ, 2000. – 169 с.
2. Бранцевич, П.Ю. ИВК «Лукомль-2001» для вибрационного контроля / П.Ю. Бранцевич // Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 12(69). – С.19-21.

УДК 551.58.57 (476)

Валуев В.Е.¹, Волчек А.А.¹, Мешик О.П.¹, Шпока И.Н.²

¹ УО «Брестский государственный технический университет», г.Брест,

² УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г.Брест

ОПЫТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

The spatial distribution of the dangerous meteorologic phenomena on territory of Republic Belarus is estimated. The trend analysis of the dangerous meteorologic phenomena is executed. For mapping the information is advised Kriging.

В настоящей работе освещается опыт картографирования на территории Беларуси максимальных суточных величин атмосферных осадков, максимальных и минимальных температур воздуха, относящихся к опасным метеорологическим явлениям (ОМЯ). Построение карты в изолиниях основано на интерполяции данных между эмпирическими точками и экстраполяции картируемой информации на периферию. Допускается, что наблюдаемые в точке (m) и в близлежащих точках значения ОМЯ тесно скоррелированы. Так как картируемая переменная положительно автокоррелирована на малых расстояниях, между точками можно построить непрерывную поверхность. При картографировании ОМЯ на территории Беларуси использована выборка репрезентативных экспериментальных метеоданных по 50 эмпирическим точкам [1]. При наличии данных в рассеянном множестве точек и известной форме вариограммы, независимое значение ОМЯ нами оценивается в любой точке, не принадлежащей выборке (Z). В качестве критерия оценки принят крайгинг [2], который отличают оптимальные статистические свойства. При реализации крайгинга допускается, что карти-