

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ

В настоящей статье рассмотрены существующие виды программных комплексов автоматизированной диагностики, применяющиеся на сегодняшний день на предприятиях металлургии, показаны достоинства и недостатки систем различных видов, а также представлена информация о технических решениях компании НПО «ДИАТЕХ» в данной предметной области

В настоящее время на многих предприятиях повышенное внимание уделяется вопросам повышения надежности работы оборудования, увеличения количества и улучшения качества выпускаемой продукции и оптимизации производственных затрат. Плохое состояние отдельных узлов агрегата, приводящее к внеплановым остановам, напрямую связано со значительными экономическими потерями (ухудшение качества и уменьшение количества единиц произведенной продукции, значительные экономические затраты на ремонт и устранение последствий аварии). С другой стороны, постоянно ужесточаются требования охраны труда и экологической безопасности. Неукоснительное выполнение этих требований на опасных производствах энергетики, химии, нефтепереработки, транспорта приобретает особую актуальность. Поэтому, в этих условиях особую важность приобретает возможность контроля работоспособности наиболее уязвимого оборудования с целью предотвращения внезапных отказов и заблаговременного вывода в ремонт агрегатов, находящихся в аварийном состоянии. Причем важно чтобы такой контроль производился на работающем оборудовании, т.к. останов, визуальный осмотр и разбор могут привести к длительным простоям.

Решение подобной проблемы возможно лишь при внедрении методов неразрушающего контроля, которые обеспечивают получение достоверной информации о состоянии оборудования без нарушения производственного цикла. Анализ отечественного и зарубежного опыта контроля технического состояния систем с вращательным движением силовых узлов показывает, что для обнаружения возможных отказов наиболее эффективен (до 77%) контроль состояния оборудования именно по параметрам вибрации [1]. В настоящее время накоплен значительный опыт применения методов вибрационного анализа для успешной диагностики самых различных механизмов, создана мощная аппаратная база - от простейших виброметров до сложных виброанализаторов и стационарных систем. Однако, как показывает современная мировая практика, для внедрения эффективной стратегии эксплуатации и технического обслуживания оборудования на основании сведений о его состоянии необходим комплексный подход.

Одной из основных причин повышенной вибрации и быстрого износа узлов роторного оборудования является неуравновешенность, поэтому выполнение квалифицированного ремонта невозможно без использования балансировочных станков. Для контроля большого парка оборудования необходимо содействие эксплуатационного персонала, оснащенного простейшими, не требующими специальной квалификации средствами измерения вибрации. Достоверная оценка состояния агрегатов с повышенной вибрацией, выявленных службой эксплуатации, и прогноз их ресурса требует участия подготовленных и обученных мобильных диагностических групп, имеющих переносные виброанализаторы и программное обеспечение для накопления вибрационной статистики. Особо ответственное оборудование, простои которого связаны со значительными экономическими потерями, может быть оснащено стационарной системой непрерывного контроля вибрации, исключающей возникновение аварийных ситуаций.

Важнейшим звеном комплексного подхода при оценке состояния оборудования по параметрам вибрации является диагностика. Любое современное предприятие – это большое количество основных и вспомогательных производств, на которых эксплуатируется огромное количество самого разнообразного оборудования. Внезапный выход из строя одного из агрегатов может стать причиной нарушения всего производственного цикла, поэтому первостепенная задача производства – организация вибрационного мониторинга состояния всего оборудования для обеспечения его безаварийной работы. Решение этой задачи сопряжено с целым рядом трудностей. По каждому из агрегатов должна проводиться кропотливая и долгая работа: комплексный анализ различных вибрационных данных во всех точках и направлениях, оценка изменений различных параметров вибрации с течением времени (трендов), сравнение этих данных с аналогичными данными по другим однотипным агрегатам. Кроме этого, при диагностике особое внимание должно быть уделено анализу большого количества априорных данных - «истории» агрегата, сведений о проведенных технических обслуживаниях и ремонтах и т.д. При уточнении результатов диагностики достаточно часто необходимо прибегать к дополнительным исследованиям (снимать разгоны/выбеги, строить параметрические тренды – зависимости вибрации от нагрузки, температуры, анализировать контурные характеристики и т.д.). В этих условиях особую актуальность приобретают системы автоматизированной диагностики, которые за считанные секунды обрабатывают огромное количество информации, выдают заключения о текущем состоянии оборудования и рекомендации по снижению уровня вибрации, выполняют прогноз остаточного ресурса и формируют протокол или отчет [2].

Первые попытки создания подобных систем появлялись еще несколько десятилетий назад. Так на заре становления вибрационной диагностики специалисты, имеющие в своем арсенале лишь громоздкие ненадежные виброметры, на основании накопленного опыта и статистического анализа большого количества результатов измерений создавали классификаторы дефектов по общему уровню. С появлением виброанализаторов и освоением методов спектрального анализа стали популярны таблицы «характерных частот» или «характерных дефектов», в которых опытные специалисты стремились помочь начинающим коллегам систематизировать свой опыт и выстроить причинно-следственные связи: «составляющая вибрации на определенной частоте» - «дефект». На базе подобных таблиц создавались простенькие программы для ЭВМ. Такой подход имел ряд существенных недостатков: разным дефектам могли соответствовать одинаковые «характерные частоты», а одинаковые дефекты на разных агрегатах проявляются по-разному. Поэтому о достоверной диагностике оборудования не могло идти и речи. Качественно новый скачок в этой области стал возможен с совершенствованием методов измерительной математики, статистики, и развитием компьютерных технологий.

В начале восьмидесятых годов в исследованиях по искусственному интеллекту сформировалось самостоятельное направление, получившее название "экспертные системы". Цель исследований по экспертным системам состоит в разработке программ, которые при решении задач, трудных для эксперта-человека, получают результаты, не уступающие по качеству и эффективности. Преимущества таких систем перед человеком очевидны: у программы не может возникнуть предубеждений, она не делает поспешных выводов, а выбирает наилучшую альтернативу. Экспертная система устойчива к помехам и способна за считанные секунды обрабатывать огромные объемы информации, необходимой для постановки правильного диагноза. Со временем была четко определена область использования подобных систем. Экспертные системы целесообразно использовать в тех случаях, когда не могут быть построены строгие алгоритмы решений, а задачи относятся к области диагностики, интерпретации и прогнозирования и решаются методами формальных рассуждений. Важной и неотъемлемой частью программы являются и сами эксперты.

Вполне очевидно, что экспертные системы получили широкое распространение, ведь интерпретация и прогнозирование – важнейшие задачи технической диагностики, а большие объемы анализируемой информации – ежедневная головная боль для специалистов-диагностов. На сегодняшний день экспертные системы в автоматическом режиме успешно решают многие проблем диагностики и являются неотъемлемой составляющей комплексного подхода. Действительно, экспертные системы могут быть и частью программного обеспечения, осуществляющего хранение и анализ данных, полученных при помощи переносных виброанализаторов, и надстройкой верхнего уровня стационарных систем контроля вибрации. По заключению экспертных систем выдаются рекомендации по проведению ремонтов и, в том числе, балансировке на станках.

Однако важно понимать и четко представлять возможности современных экспертных систем и их области их применения. Экспертная система – не панацея от всех бед и не средство диагностики оборудования со 100% достоверностью, как воспринимают ее многие, а, прежде всего, эффективный инструмент в руках квалифицированного специалиста, призванный максимально облегчить его повседневный труд и своевременно обратить внимание на возникающие в оборудовании проблемы. Использование экспертных систем особенно актуально на предприятиях с недавно созданными службами диагностики. Заключение, выдаваемые системами, существенно помогают специалистам, не имеющим достаточного опыта, достигать быстрых результатов, доказывать важность использования средств вибрационной диагностики и даже ускоряют процесс обучения. Не менее важным является использование экспертных систем на предприятиях с большим количеством разнообразного оборудования даже при наличии опытных специалистов, занимающихся вибродиагностикой. В этом случае системы позволяют решать как технические вопросы – глубокий и всесторонний анализ огромных объемов информации, так и проблемы организационного характера – малочисленность служб диагностики, отсутствие механизмов планирования очередности и приоритетности виброобследований, необходимость ведения отчетности. Именно при решении подобных проблем экспертная система оказывает специалистам неоценимую помощь, обеспечивая комплексный анализ всех вибрационных данных по каждому агрегату, исключая возможные пропуски дефектов, автоматизированную выдачу заключений, электронный документооборот и широкие возможности планирования [3].

Очевидно, что для достижения требуемых результатов и повышения эффективности использования средств вибрационной диагностики вопросу выбора экспертной системы должно быть уделено особое внимание. Рассмотрим более подробно существующие на сегодняшний день виды экспертных систем. Одним из признаков, характеризующих функциональные возможности системы, является так называемая открытость, т.е. возможность оперативно корректировать диагностические правила и адаптировать их для решения конкретных задач производства. По этому признаку различают два основных типа экспертных систем: системы закрытого и открытого типов.

Системы закрытого типа представляют собой некий набор диагностических правил, составленных коллективом экспертов, который встроен в исходные коды экспертной программы. Пользователь такой системы не видит содержания правил, правильности их выполнения и самого алгоритма работы. В виде отчета выдаются только экспертные заключения. На первый взгляд, это единственно правильное и эффективное решение. Ведь такой подход прост, не требует дополнительной настройки и каких-либо хотя бы минимальных навыков виброанализа у специалиста: результаты могут быть получены сразу же после начала использования экспертной системы. Однако в практической диагностике существует множество подводных камней, и подобный подход при ближайшем рассмотрении имеет целый ряд существенных недостатков. Во-первых, диагностические правила не могут быть универсальными: смешно сравнивать по абсолютным значениям вибрации состояние подшипника прецизионного шлифовального станка и металлургического прокатного стана (существенно отличаются воспринимаемые

подшипниками нагрузки, условия их работы и т.д.). С другой стороны важно помнить, что экспертные правила – это, прежде всего, результат работы группы экспертов. Даже если над созданием экспертных правил трудился коллектив специалистов, имеющих обширные наработки по диагностике агрегатов одного типа, например насосов, то едва ли эти правила могут быть использованы при оценке состояния всего многообразия агрегатов других типов. Во-вторых, при таком подходе невозможно учесть начальное состояние агрегата: достаточно часто по ряду причин, среди которых возможные конструктивные или эксплуатационные дефекты, вибрация на агрегате повышена, однако, она не меняется во времени, т.е. дефект присутствует, но не развивается. Не имея необходимой «гибкости» экспертная система закрытого типа «с завидным постоянством» будет напоминать об аварии, несмотря на возможную долгую и успешную работу агрегата.

С точки зрения повышения достоверности диагностики намного более эффективны экспертные системы открытого типа. Основная сложность их практического использования - необходимость настройки (написание экспертных правил и их коррекция), которая выполняется либо опытными специалистами, либо сторонними организациями, имеющими соответствующую квалификацию. Такие системы требуют адаптации для диагностики конкретных типов агрегатов, однако, очевидно, что за счет этого, достоверность их заключений значительно выше. Во-первых, системы настраиваются под конкретные дефекты конкретных агрегатов, т.е. подшипники прецизионного шлифовального станка и металлургического прокатного стана будут диагностироваться по различным правилам с различными пороговыми значениями. А, во-вторых, при дальнейшей диагностике будут полностью учтены все особенности каждого агрегата. По мере набора статистики измерений или при изменении условий работы оборудования (переход на другую нагрузку, увеличение оборотов и т.д.) правила экспертной диагностики системы открытого типа могут быть изменены. Открытость этих экспертных программ делает процесс выдачи заключений полностью прозрачным (все диагнозы выдаются на основании заложенных пользователем правил). Такие программы могут быть достаточно эффективно использованы и при обучении специалистов.

Другой важный критерий, характеризующий достоверность автоматизированной диагностики экспертной системы, - объем используемых для диагностики данных. Очевидно, что чем больше достоверных независимых данных используется, тем выше достоверность диагностики. Если первые экспертные системы для постановки диагноза использовали в лучшем случае лишь спектральные характеристики последнего измерения, то современные программы повсеместно для принятия решения используют различные параметры вибрации (спектры виброскорости, виброускорения, огибающей, пик-фактор, эксцесс), причем оцениваются не только последние данные, но и тренды анализируемых параметров вибрации. Таким образом, основные требования, предъявляемые к современным экспертным системам, - использование при диагностике дополнительных данных, в том числе и «невибрационных», и обучаемость и гибкая перенастраиваемость правил диагностики, реализованная в системах открытого типа.

Существенный прорыв в области разработки и внедрения экспертных систем совершили специалисты НПО «ДИАТЕХ». Их 20-летний опыт успешных работ на предприятиях энергетики, нефтехимии, авиа- и машиностроения, металлургии и целлюлозно-бумажной промышленности воплотился в новом программном продукте – модуль автоматизированной диагностики в составе ПО SAFE PLANT. Основная отличительная черта модуля, существенно повышающая достоверность диагностики и выгодно отличающая его от других программных продуктов, существующих на рынке, - использование огромного объема дополнительной информации. Помимо традиционных методов анализа и сравнения данных замеров общего уровня, различных спектров, пик-фактора, эксцесса, формы сигнала для принятия решения в программе могут быть использованы данные специальных обследований (спектры собственных частот, замеры разгона/выбега, анализ вибраций приходящих извне, контурные характеристики и т.д.).

Огромную диагностическую ценность имеет реализованный в программе параметрический анализ – зависимость уровней вибрации от изменения параметров (нагрузки, давления, температуры и т.д.). Трудно представить себе диагностику без оценки большого количества «невибрационной» информации: сведения о монтаже, объемах выполняемых ремонтов и техническом обслуживании, проводимых ревизиях, режимах работы, загрузки, периодичности контроля вибрации и т.д. Для использования всех этих данных в процедурах автоматической диагностики специалистами фирмы был разработан мощный инструмент – «Статусы» - «Мероприятия» - «Ремонты».

Экспертный модуль SAFE PLANT относится к новому поколению систем «смешанного» типа, которые содержат встроенные экспертные правила, а также механизмы создания, добавления и редактирования новых узлов, правил, критериев и пр., объединяя, таким образом, преимущества систем закрытого и открытого типов. То есть программа функционирует в режиме автоматической диагностики непосредственно после установки, а для повышения достоверности диагностирования с использованием дополнительных экспертных правил может быть произведена дополнительная настройка. Процесс внедрения и настройки экспертной системы на предприятии – трудная задача, от ее квалифицированного решения напрямую зависит дальнейшая эффективность и надежность работы такой системы. Настройка может выполняться как силами специалистов службы диагностики предприятия, так и с привлечением сторонних подрядных организаций. Однако, как показывает практика, наиболее эффективно внедрение происходит именно при согласовании усилий специалистов службы диагностики и разработчиков программного обеспечения. Специалисты НПО «ДИАТЕХ» готовы провести все необходимые мероприятия по созданию, внедрению, настройке и последующей поддержке экспертной системы диагностики и обучению персонала.

По окончании работ на Вашем предприятии будет функционировать не только полностью автоматизированная система диагностики и протоколирования, которая позволит значительно повысить надежность работы оборудования, сократить ремонтные затраты, увеличить количество единиц контролируемого оборудования без расширения штата специалистов, повысить квалификацию персонала, осуществить паспортизацию оборудования, формализовать и упростить отчетность о текущем состоянии оборудования, но и появится «боеготовая» служба вибрационной диагностики, способная оперативно решать все возникающие проблемы. На основании предоставленных данных нашими специалистами может быть рассчитан экономический эффект от внедрения данной системы на предприятии. В рамках работ по созданию автоматизированной системы контроля состояния оборудования на Вашем предприятии могут быть выполнены работы по выявлению и устранению вибрации конкретных узлов, агрегатов или групп агрегатов, определению норм вибрации для нескольких однотипных агрегатов, выработке специальных методик их диагностики.

Список литературы

1. Сушко А.Е. Практические аспекты внедрения систем вибрационной диагностики в условиях современных промышленных производств // Вибрация машин: измерение снижение защита. 2007. №4 С. 24 - 30.
2. Сушко А.Е. Комплексный подход к вопросам повышения надежности работы оборудования // Вибрация машин: измерение снижение защита. 2006. №3. С. 42-47.
3. Герике Б. Л., Сушко А.Е. Разработка алгоритма скаляризации для оценки вектора признаков при решении задачи диагностики подшипников качения // Изв. вузов. Горный журнал. 2007. № 8. С. 73-79.