

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО И СТАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.Е. Артемов (ООО «НТЦ «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ»)

Представлено техническое описание системы мониторинга состояния основного и вспомогательного оборудования (МСО и ВО «ГЭС-3000») производства ООО «НТЦ «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ», включая архитектуру, компоненты аппаратного и программного обеспечения.

Ключевые слова: мониторинг, диагностика, динамическое оборудование, программируемый контроллер, статическое оборудование, интерфейс пользователя.

Научно-технический центр «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ» входит в состав и является авторизованным системным интегратором технологического инжинирингового холдинга «ПЕТОН» по разработке и внедрению комплексных решений в области автоматизации технологических процессов, энергообеспечения, метрологии, связи и пожарной безопасности при строительстве объектов в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтегазовой и газовой, нефтехимической и химической отраслях промышленности.

Основные компетенции

— Проектирование внутренних и наружных инженерных сетей, систем электроснабжения, энергообеспечения, систем автоматизации и управления технологическими процессами, включая уровни MES, систем промышленного электрообогрева, систем мониторинга и диагностики основного и вспомогательного технологического оборудования.

— Комплектация и поставка оборудования среднего и низкого напряжения, кабельно-проводниковой продукции.

— Производство и поставка комплексов АСУТП, включая подсистемы АСУ Э, АСПСиПТ, систем промышленного электрообогрева, систем мониторинга и диагностики.

— Шеф-монтажные и пусконаладочные работы

— Управление СМР.

— Техническая поддержка и сопровождение поставленного оборудования и систем.

Одной из разработок ООО «НТЦ «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ» является система мониторинга состояния основного и вспомогательного динамического оборудования «ГЭС-3000» (МСОиВО «ГЭС-3000»), предназначенная для непрерывного мониторинга технического состояния любых роторных агрегатов, электроприводов и статического оборудования.

Область применения системы

Основные объекты мониторинга — это насосные агрегаты, установки АВО, компрессорные и турбодетандерные агрегаты, трубная обвязка компрессорных агрегатов.

Цель внедрения системы — оптимизировать затраты и издержки на производство продукции и обеспечить надежность эксплуатации и постоянную готовность установок и всего технологического оборудования, максимально используя ресурс элементов технологического процесса.

Снижение затрат на эксплуатацию достигается за счет фокусировки системы на основных показателях технического состояния оборудования и обслуживания оборудования по фактическому техническому состоянию. Система позволяет максимально использовать ресурс оборудования в течение всего срока его службы, исключая возможности прямого и косвенного ущерба.

Современные средства измерения системы МСОиВО «ГЭС-3000» позволяют точно и постоянно регистрировать, описывать и оценивать состояние машинного оборудования. С помощью модели, полученной в результате оценки состояния, можно распознавать причины возможных неисправностей на ранней стадии развития. При этом все работы по обслуживанию технологического оборудования выполняются в «штатном порядке», а не в состоянии аварийной ситуации.

Назначение системы МСОиВО «ГЭС-3000»

- Объективная оценка технического состояния оборудования в режиме реального времени.
- Формирование, обработка и структурирование данных о ресурсном запасе работоспособности технологического оборудования, механизмов и узлов.
- Мониторинг факторов, влияющих на техническое состояние технологического комплекса.
- Формирование диагностических сообщений и рекомендаций эксплуатационному персоналу на основе работы системы автодиагностики.
- Создание инженерной среды для экспертного анализа причинно-следственных связей надежности оборудования посредством современной системы интерпретации и отображения данных диагностики.
- Автоматизированное диагностирование типовых неисправностей динамического оборудования.

Принцип действия системы

Принцип действия системы МСОиВО «ГЭС-3000» основан на получении значений физических параметров от датчиков, преобразовании их в электрические сигналы для дальнейших вычислений в модулях обработки сигналов на агрегатном уровне. Кроме того, система получает информацию, влияющую на режимные и эксплуатационные характеристики диагностируемого объекта, от сторонних систем (АСУТП). Вся собранная информация передается по каналам связи на серверное оборудование для визуализации,



Рис. 1. Типовая структурная схема системы МСОиВО «ГЭС-3000», где АРМ-Д и АРМ-М – автоматизированные рабочие места диагноста и механика, ПВЗ – подсистема виброзащиты, ПВМ – подсистема вибромониторинга; ПДМИ – подсистема мониторинга методом ударных импульсов; ПДЭ – подсистема мониторинга электрических параметров; ПМТП – подсистема мониторинга температурных параметров; ПМДН – подсистема мониторинга деформаций и напряжений; БВВ – блок вычислительный подсистемы вибромониторинга; БВУИ – блок вычислительный подсистемы мониторинга ударных импульсов; БВЭ – блок вычислительный подсистемы мониторинга электропараметров; БВТ – блок вычислительный мониторинга температурных параметров; БВДН – блок вычислительный подсистемы мониторинга деформаций и напряжений; УПС – устройство преобразования и согласования сигналов; СКМ – сервер комплексного мониторинга; ТСА – сетевое оборудование агрегатного уровня; ТСЦ – сетевое оборудование цехового уровня.

архивирования измеренных и вычисленных значений параметров состояния агрегатов с целью комплексного анализа состояния и формирования полной картины диагностируемого агрегата.

Специфика системы МСОиВО «ГЭС-3000» состоит в сочетании различных методов диагностики, применяемых к одному агрегату, последующем объединении и совместном анализе этой информации посредством уникальных алгоритмов централизованного программного обеспечения.

Система обеспечивает независимое функционирование всех входящих в ее состав компонентов агрегатного уровня.

Архитектура системы МСОиВО «ГЭС-3000»

Структурная схема системы представлена на рис. 1. В основу построения МСОиВО «ГЭС-3000» положена концепция распределенных систем контроля и управления [1], сформированная на основе модулей сбора и обработки данных, объединенных в единую сеть. Система МСОиВО «ГЭС-3000» включает цеховой и агрегатный уровни.

Цеховой уровень включает:

— серверное оборудование, предназначенное для централизованного сбора и накопления информации, получаемой от подсистем и АСУТП, а также алгоритмов обработки данных и предоставления доступа пользователям системы к накопленной информации;

— АРМы механика и диагноста по вибромониторингу, предназначенные для визуализации текущих и архивных данных о техническом состоянии технологического оборудования и самой системы;

— технологическое сетевое оборудование цехового уровня для взаимодействия между оборудованием цехового уровня (сервером, АРМами), технологическим сетевым оборудованием агрегатного уровня.

Цеховой уровень системы обеспечивает возможность получения из АСУТП производства технологических параметров по каналу Ethernet. Система МСОиВО «ГЭС-3000» обеспечивает возможность передачи текущих значений и расчетных данных во внешние системы по каналу Ethernet с использованием протокола OPC.

Агрегатный уровень включает:

— полевые приборы (акселерометры, проксиметры, трансформаторы тока, преобразователи температуры, тензодатчики);

— измерительное оборудование — высокопроизводительные контроллеры, осуществляющие оцифровку и первичное математическое преобразование сигнала;

— сетевое оборудование агрегатного уровня, осуществляющее информационный обмен между подсистемами агрегатного и цехового уровня.

Краткое описание модулей системы

Модульная структура системы мониторинга позволяет гибко адаптироваться для решения задач безопасной эксплуатации и повышения надежности предприятия.

Подсистема вибрационной диагностики (ПВМ) призвана выполнять непрерывную диагностику роторного оборудования с целью определения текущего состояния диагностируемого агрегата с точки зрения вибрации подшипниковых узлов. Данная система позволяет в непрерывном режиме получать вибрационные показатели проксиметров и акселерометров с частотой дискретизации до 102 кГц/канал при разрешении АЦП 24 бита.

Подсистема виброзащиты (ПВЗ) выполняет непрерывный контроль параметров вибрации агрегата с выработкой сигналов аварийной и предупредительной сигнализации (реле «сухой контакт») при выходе параметров за допустимые пределы в систему ПАЗ.

Подсистема диагностики методом ударных импульсов (ПДМИ) осуществляет диагностирование оборудования с целью выявления дефектов подшипников качения на ранней стадии развития дефекта. В отличие от датчиков вибрации, датчик ударных импульсов реагирует на своей тщательно настроенной резонансной частоте 32 кГц, что позволяет производить точные измерения амплитуды ударных импульсов с малой энергией.

Подсистема диагностики электрических параметров (ПДЭ) выполняет сигнатурный анализ для трех фазной сети переменного тока асинхронных электро-



Рис. 2 Акселерометры ЭА616

в узлах в элементах оборудования компрессорных станций и оценки их ресурса. Данная подсистема может быть применена для контроля напряжений трубопроводной обвязки любого оборудования компрессорной станции, в частности, газоперекачивающих агрегатов (ГПА), устройств подготовки топливного газа (УПТГ), аппаратов воздушного охлаждения (АВО) газа и др. Система также может быть адаптирована для контроля напряженно-деформированного состояния любых металлоконструкций.

Модуль автодиагностики является опциональным программным блоком системы и позволяет с определенной вероятностью судить о типе развивающегося дефекта в автоматическом режиме. Данное программное обеспечение не исключает необходимости прибегать к опыту и знаниям штатных диагностов, но позволяет эксплуатирующему персоналу утвердиться в принятии решения о предполагаемом диагнозе. Данный модуль распознает различные типы дефектов: дисбаланс, расцентровка, дефект муфты, износ подшипника, дефект лопаток, недостаток смазки и пр.

Следующие два модуля, входящие в состав системы, разработчики относят к разряду перспективных. Эти модули не изображены на структурной схеме системы (рис. 1), поскольку на данный момент они находятся в стадии тестирования и не имеют внедрений.

- *Модуль Thermal Imaging* базируется на методах инфракрасной термографии для анализа состояния диагностируемого объекта. Используется для контроля подшипниковых узлов, выявления дефектов узлов, а также нарушений режимов эксплуатации оборудования.

- *Модуль электромагнитного сигнатурного анализа (EMSA)* применяет сигнатурный анализ, позволяющий не только

значительно ускорить процесс функционального диагностирования электродвигателей, но и в перспективе оптимизировать расходы предприятия на ремонт электродвигателя и составить график плановых ремонтов.

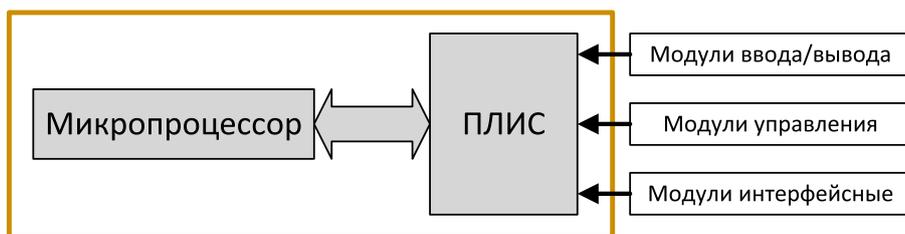


Рис. 3. Архитектура контроллеров ЭА-КОНТ

двигателей с целью выявления электрических и механических неисправностей электродвигателей. Система контролирует общую шину напряжения для нескольких двигателей, а также электрический ток отдельных двигателей.

Аппаратное обеспечение

Полевой уровень системы строится в основном на базе датчиков собственного производства, например, акселерометрах ЭА616 (рис. 2). Также в системе могут использоваться датчики других российских и зарубежных производителей.

Все подсистемы комплекса базируются на контроллере собственного производства ЭА-КОНТ (рис. 3), комплектуемом различными модулями ввода/вывода под требуемую задачу.

Программируемый контроллер ЭА-КОНТ представляет собой многофункциональную встраиваемую систему сбора данных и управления, разработанную для задач, требующих высокой производительности и надежности измерительных и управляющих систем (рис. 4).

Отличительные особенности используемых измерительных контроллеров:

- модульная архитектура платформы, позволяющая изменять число каналов, тип подключаемых датчиков и пр.;
- простота программирования системы;
- вычислительная производительность контроллера, достаточная для реализации алгоритмов обработки сигналов в реальном времени;
- высокая надежность, возможность «горячей замены» модулей;
- низкое энергопотребление системы;
- своевременная техническая поддержка и консультации по оборудованию и ПО;
- расширенные гарантийные обязательства производителя на срок эксплуатации систем.

Программное обеспечение системы

Функции программного обеспечения системы:

- анализ измеренной информации и расчеты основных показателей эффективности и надежности технологического оборудования;
- числовое и графическое отображение измеренных и вычисленных параметров в режиме реального времени;
- расчет и вывод трендов по измеренным и вычисленным величинам;
- архивирование измеренных и расчетных данных;
- предоставление результатов мониторинга внешним информационным системам;
- формирование отчетов по результатам мониторинга.

С помощью сервиса шлюзования на верхнем уровне возможно стыкование с внешними системами с использованием стандартных протоколов обмена данными, например OPC.

Интерфейсы пользователя

Программный продукт «ЭА Сервер» — основное приложение, размещенное на сервере системы. Данное программное обеспечение обладает широким набором функций для анализа и управления массивами



Рис. 4. Пример монтажа оборудования во взрывозащищенную оболочку, для установки во взрывоопасной зоне II

данных. ПО «ЭА Сервер» осуществляет сбор и архивацию получаемых массивов данных, настройку измерительных контроллеров и пр.

«АРМ Диагнosta» является «тонким клиентом» серверной части ПО «ЭА Сервер» и предназначено для построения сравнительных характеристик, анализа тенденций с помощью графиков, использующихся при анализе вибрационных явлений.

В системе «АРМ Диагност» используются следующие основные типы графиков: мнемосхемы агрегатов; фильтрованные и нефильтрованные осциллограммы; фильтрованные и нефильтрованные орбиты; бode; полярный (диаграмма Найквиста); положение Центра Вала; спектры; тренды общего уровня (direct), полосовые значения, вектора, зазоры и другие измеряемые параметры канала; тренды с одной и несколькими переменными, включая параметры техпроцесса, измеряемые вне контроллера (то есть тренды и статусы переменных, полученных из базы данных предприятия или АСУТП); водопадные диаграммы (спектры/время); каскадные диаграммы (спектры/скорость вращения вала).

Программное обеспечение для оператора МСОиВО «ЭА Механик» выполняет визуализацию технологической информации, формирование отчетных документов, архивирование и протоколиро-

вание событий, осуществляет непрерывную индикацию текущего уровня вибраций. Данный модуль программного обеспечения позволяет оперативно персоналу получать простую и понятную информацию о состоянии агрегата в виде «светофорного» индикатора.

Указанный состав АРМов предусматривает разделение функций эксплуатирующего персонала. «АРМ Механика» используется дежурным персоналом, с его помощью оператор в режиме реального времени получает информацию о текущем техническом состоянии диагностируемого агрегата. «АРМ Диагноста» используется диагностом эксплуатирующей компании для локализации возможной неисправности либо для совершения упреждающих действий, препятствующих ее возникновению.

Также на каждом из измерительных устройств подсистем присутствует собственная микропрограмма, необходимая для преобразования предварительной обработки измеряемого сигнала, функций аппаратной самодиагностики и пр.

Неисправности агрегатов, диагностируемые системой

С помощью развитых интерфейсов программного обеспечения, а также с помощью модуля автоматической диагностики система способна различать следующие типы неисправностей оборудования:

- неисправности роторной части;
- дефекты зубчатых передач;
- нарушения крепления;
- дефекты подшипников;
- электрические неисправности;
- нарушения технических систем в технологическом процессе;
- механический небаланс;
- электрический небаланс;
- расцентровка и другие дефекты, связанные с предварительной нагрузкой на вал;
- поврежденные или отлетевшие лопатки;
- поврежденные или отсутствующие зубья передач;
- недостаток смазки и другие проблемы, связанные со смазкой;
- увеличенные или недостаточные зазоры подшипников;
- износ подшипников качения;
- проблемы камеры сгорания в газовых турбинах;
- кавитация насосов и гидротурбин.

Данный список не является исчерпывающим. По средством компоновки системы соответствующими

модулями можно различить те или иные механические дефекты, проявляющиеся в виде изменения вибрационных и электрических характеристик.

Оснащение диагностируемого оборудования предлагаемой системой либо системами подобного типа позволяет осуществить переход от планово-профилактических ремонтов к эксплуатации оборудования [2] по фактическому техническому состоянию и добиться значительного экономического эффекта за счет снижения времени простоя.

Импортозамещение

Система МСОиВО «ГЭС-3000» производства НТЦ «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ» имеет высокую степень импортозамещенности компонентов. Основные компоненты системы производятся по техническим условиям ООО НТЦ «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ» передовыми российскими предприятиями, имеющими многолетний опыт по профильным направлениям.

Компания НТЦ «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ» является интегратором решений полного цикла и выполняет весь комплекс работ от разработки проектной и рабочей документации и монтажа оборудования на объекте строительства до проведения пуско-наладки и последующего технического сопровождения.

Гарантийные обязательства и сервисное обслуживание

Срок гарантии качества – ≥ 12 мес. с момента передачи товара заказчику. Срок гарантии может быть увеличен по согласованию с заказчиком до 10 лет. ООО НТЦ «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ» выполняет следующие функции по сопровождению и поддержке продукта:

- техническая поддержка и обновление программного обеспечения;
- гарантийный и постгарантийный ремонт и обслуживание оборудования;
- калибровка и поверка измерительных модулей;
- выдача оборудования на замену во время гарантийного обслуживания и ремонта с целью снижения издержек заказчиков;
- заводская сборка и тестирование систем с целью расширения гарантийных обязательств.

Список литературы

1. Эндрю Таненбаум, М. Ван Стеен. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. Изд. Питер. 2003.
2. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования. Справочник. Москва «Издательство НЦ ЭНАС» 2006.

Артемов Николай Евгеньевич – руководитель направления систем автоматизированного мониторинга и диагностики ООО «НТЦ «ЭНЕРГОАВТОМАТИЗАЦИЯ».
 Контактный телефон +7 (347) 286-16-84 (528).
 E-mail: n.artemov@ntcea.ru
 Http://www.ntcea.ru