



ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ АКТИВОВ

Инновационная компания СВИФТ, 2016 год

www.swift-group.ru

Общее описание

Экспертная система SWIFT-AMS предназначена для автоматической диагностики и прогнозирования технического состояния оборудования. Экспертная система реализует виброакустические, акустикоэмиссионные, токовые, ультразвуковые, тепловые и параметрические (давление, уровень, расход, температура) методы диагностирования. Экспертная система относится к классу экспертных систем поддержки принятия решений, то есть задачей экспертной системы является **помощь обслуживающему персоналу в принятии необходимых обоснованных решений** по управлению режимом работы и состоянием оборудования.



Система SWIFT-AMS, получая сигналы с датчиков, размещённых на диагностируемом оборудовании, формирует вектор диагностических признаков, включающий 3 группы:

- параметры общего вида по сигналам с датчиков;
- скорости изменения параметров;
- признаки, рассчитанные в результате обработки трендов, спектров и кепстров.

Вектор диагностических признаков поступает в блок обработки логических предикатов ЭС, по результатам работы которого формируются выводы экспертной системы.

В результате автоматическая диагностическая экспертная система выдаёт диагностические предписания на основной экран в виде текстовых сообщений, а также формирует команды модулю вывода речевых предупреждений. По любому параметру система ведёт оценку скорости его изменения, что является одним из диагностических признаков, инвариантных к типу оборудования.

Автоматическая экспертная система поддержки принятия решений в качестве входных данных использует информацию о текущих значениях диагностических признаков, их временных трендах, спектральных и кепстральных характеристиках сигналов. Экспертная система имеет свойство инвариантности к параметрам диагностируемого оборудования, что обеспечивает диагностику даже при недостаточной информации о конструктивных особенностях оборудования. В автоматическом режиме без участия специально обученного персонала (диагностов) экспертная система автоматически определяет дефекты и неисправности оборудования и указывает перечень работ, выполнение которых переведет оборудование в допустимое для дальнейшей эксплуатации состояние.



Цели внедрения системы

Целью внедрения Технологии управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования на основе систем мониторинга SWIFT-AMS является:

- ❑ исключение аварий и простоев из-за отказов оборудования;
- ❑ максимальное увеличение межремонтного пробега технологического комплекса и входящего в его состав оборудования;
- ❑ снижение длительности и сложности остановочных ремонтов технологических объектов;
- ❑ снижение эксплуатационных затрат и потерь путём исключения неэффективных внеплановых и планово-предупредительных ремонтов.

Возникновение аварийных ситуаций, проявляющихся внешне как внезапный отказ оборудования, происходит в силу того, что часто нормативные сроки ППР превышают фактическую наработку между отказами конкретных агрегатов. Для того, чтобы развитие неисправностей стало наблюдаемым, необходима непрерывная диагностика с автоматической доставкой объективных результатов руководителям и специалистам, ответственным за эксплуатацию оборудования. Мониторинг технического состояния динамического и статического оборудования в реальном времени позволяет перевести большинство отказов из категории внезапных для персонала в категорию постепенных и предотвращаемых.



Основные принципы работы системы диагностики

Система SWIFT-AMS является универсальной системой комплексного мониторинга технического состояния оборудования и обладает гибкой распределенной параллельно-последовательной архитектурой, обеспечивающей высокую скорость и точность обработки информации (для динамического оборудования скорость опроса менее 0,02 мин. на канал, а для статического в режиме реального времени), что позволяет реализовать следующие основные принципы:

- ❑ **Принцип информационной полноты** обеспечивает выбор диагностических признаков, снижающий вероятность пропуска отказа.
- ❑ **Принцип достаточности** определяет выбор минимального числа датчиков, обеспечивающих наблюдаемость технического состояния оборудования.
- ❑ **Принцип инвариантности и коллективного распознавания** регламентирует выбор и селекцию коллективных диагностических признаков, которые инвариантны к конструкции машины и форме связи с параметрами ее технического состояния.
- ❑ **Принцип структурной гибкости и программируемости** обеспечивает реализацию оптимальной параллельно-последовательной структуры системы.
- ❑ **Принцип коррекции неидеальности измерительных трактов вычислительными методами** на ЭВМ (коррекция нелинейности датчиков, амплитудно-фазовых характеристик согласующе-преобразовательных звеньев и т.д.) позволяет обеспечить высокие метрологические свойства систем диагностики и мониторинга при небольших аппаратных затратах.
- ❑ **Принцип самодиагностики и автоматизированной поверки** измерительных и управляющих каналов системы обеспечивает легкий пуск ее в эксплуатацию, простоту обслуживания и ремонта отдельных каналов, метрологическую и функциональную надежность системы, ее выживаемость и приспособляемость к постоянно меняющимся условиям реального производства.
- ❑ **Принцип дружелюбности интерфейса при максимальной информационной емкости экрана представления данных** обеспечивает восприятие оператором состояния технологической системы в целом при одном взгляде на монитор и получение целеуказывающего предписания на ближайшие неотложные действия.
- ❑ **Принцип многоуровневой организации** обеспечивает работу с системой специалистами разных уровней квалификации и ответственности.



Общее описание трехуровневой структуры системы



Принцип работы системы на уровне производственного объекта

- ❑ На взрывоопасных объектах первичные преобразователи устанавливаются во взрывоопасной зоне, и подключаются к искробезопасным цепям или контроллерам.
- ❑ Контроллер должен устанавливаться вне взрывоопасной зоны. Сигнал с первичного преобразователя или с УСО поступает на вход контроллера, который производит фильтрацию, преобразование сигнала в цифровой вид и первичную обработку сигнала с последующей передачей измеренного сигнала в модуль интерфейсный (МИ) по внутренней шине.
- ❑ Модуль интерфейсный посредством модуля релейных выходов (МРВ) осуществляет выдачу дискретных сигналов о превышении уровней предупредительных и аварийных уставок а так же о сбоях в работе измерительных каналов.
- ❑ Данные сигналы могут быть использованы для индикации, регистрации и обработки данных вне системы.
- ❑ Выходные релейные сигналы контроллера используются для сигнализации в ПАЗ о состоянии агрегата. Дискретные входные каналы используются для организации режимов работы агрегатов и сброса релейных выходов. Программное обеспечение отображения и анализа данных разработано с помощью SCADA-системы. Функции анализа измеряемых параметров определяются проектом.



Верхний уровень системы

На верхнем уровне системы находится промышленная рабочая станция с установленным SCADA-пакетом и специализированными модулями (АРМ диагноста). Программное обеспечение системы SWIFT-AMS выполняет следующие функции:

- ❑ отображение мнемосхемы объекта с текущими значениями измеряемых параметров;
- ❑ ведение журнала событий;
- ❑ регистрация и хранение изменений параметров (тренды);
- ❑ запуск быстрой выборки для спектрального анализа;
- ❑ расчет и визуализация спектров сигналов;
- ❑ защита от несанкционированного доступа;
- ❑ распределение прав доступа для различных групп пользователей;
- ❑ оповещение персонала об аварийных и предупредительных ситуациях.



Используемые методы и нормативная база

- ❑ В комплексной системе мониторинга SWIFT-AMS используются такие **методы неразрушающего контроля**, как вибрационный, акустико-эмиссионный, тепловой, электрический, вихретоковый, акустический, оптический и др. Использование этих методов в комплексе позволяет на единой программно-аппаратной платформе и в единой информационной среде контролировать как динамическое оборудование (насосы, компрессоры и т.д.), так и статическое (колонны, реакторы, резервуары, трубопроводы).
- ❑ Датчики вибрации позволяют измерять совместно 3 вибропараметра: виброускорение, виброскорость и виброперемещение. Совместный анализ виброускорения, виброскорости, виброперемещения, их скоростей роста, стохастических и спектрально-корреляционных характеристик вибропараметров позволяет выявить дефекты на стадии зарождения.
- ❑ Комплексная стационарная система мониторинга технического состояния оборудования SWIFT-AMS относится к системам первого класса (по стандарту РФ ГОСТ Р 53564-2009) и может применяться для комплексного мониторинга всей технологической установки, включая объекты первой, второй и третьей категорий с возможностью автоматической блокировки опасных агрегатов и обеспечивать безопасную ресурсосберегающую эксплуатацию оборудования по фактическому техническому состоянию.
- ❑ Применение системы мониторинга SWIFT-AMS позволяет предприятиям перейти на ресурсосберегающую эксплуатацию оборудования по фактическому техническому состоянию, что разрешено соответствующими национальными стандартами Российской Федерации: [ГОСТ Р 53565-2009](#) «Мониторинг состояния оборудования опасных производственных объектов. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов», [ГОСТ Р 53564-2009](#) «Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга», [ГОСТ Р 53563-2009](#) «Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации», другим нормативно-техническим документам РФ.
- ❑ Применение системы SWIFT-AMS позволит избежать необоснованных ремонтов и существенно увеличить межремонтный период эксплуатации оборудования.



Диагностика динамического оборудования

- ❑ Реализация в режиме «on-line» оценки технического состояния на основе непрерывного контроля параметров вибрации.
- ❑ Своевременное оповещение оперативного и руководящего персонала о возникающих тревожных и аварийных ситуациях в работе оборудования.
- ❑ Диагностика неисправностей оборудования на ранней стадии их возникновения.
- ❑ Построение трендов изменения параметров вибрации и «частотного рисунка» во времени для оценки динамики развития неисправностей.
- ❑ Построение прогнозных моделей износа оборудования и расчет оптимальных сроков ремонта.
- ❑ Определение необходимых комплектующих для ремонта.
- ❑ Расчет параметров динамической балансировки агрегата в собственных опорах.
- ❑ Контроль качества выполненных ремонтов.
- ❑ Передача информации о состоянии контролируемого объекта пользователям локальной компьютерной сети.



Диагностика статического оборудования

В последнее время одним из наиболее эффективных методов контроля технического состояния признан **акустико-эмиссионный (АЭ) контроль**. К достоинствам акустико-эмиссионного метода неразрушающего контроля можно отнести:

- ❑ интегральность (объект контролируется полностью),
- ❑ универсальность (контролировать можно любые конструкции и материалы в практически любых условиях, в том числе, и находящихся в эксплуатации),
- ❑ дистанционность (не требуется подготовки всей поверхности объекта, например, снятия теплоизоляции, за исключением мест установки датчиков).

Его возможности при минимальных инструментальных и людских затратах позволяют не только обнаруживать и регистрировать развивающиеся дефекты, но и классифицировать их по степени опасности. Из акустико-эмиссионного сигнала с каждого датчика выделяется множество параметров, характеризующих состояние оборудования. Помимо датчиков акустической эмиссии, в системе применены уникальные оптоволоконные преобразователи, которые измеряют температуру поверхности сосудов и трубопроводов и деформации по осям X-Y.

Система позволяет на технологическом режиме контролировать состояние материала, определять наличие, местоположение и категорию источников акустической эмиссии. Система визуализирует состояние колонно-емкостного оборудования и трубопроводов на развертке по зонам локации. При зарождении и развитии дефекта система указывает его расположение, характер дефекта, скорость его развития и степень опасности. Персонал получает возможность своевременно принимать меры, планировать ремонтные работы, предотвращать аварийные ситуации. При проведении ремонта нет необходимости производить осмотр всей поверхности сосудов или трубопроводов, работу проводят в автоматически указанных системой местах.



Сетевые возможности системы

- ❑ Объективная информация о состоянии оборудования из систем мониторинга объединяется в единую базу посредством **диагностической сети** и представляется на рабочие места пользователей для автоматизации процессов планирования и организации ремонтных работ, своевременного обеспечения запчастями, контроля исполнительской дисциплины персонала и оценки эффективности его работы.
- ❑ Все данные о техническом состоянии оборудования, диагностируемом системами SWIFT-AMS, через диагностическую сеть передаются на рабочие места руководителям служб и подразделений, отвечающих за вопросы безопасности и эксплуатации оборудования технологического объекта. Специалистам нет необходимости идти на объект, по сети они получают полную картину работоспособности оборудования как машинного, так и технологического.
- ❑ Это позволяет не только видеть состояние технологического комплекса в целом, но и оперативно контролировать и корректировать действия персонала по выполнению предписаний системы, а также контролировать правильность ведения техпроцесса.
- ❑ Сетевые возможности системы обеспечиваются встроенной поддержкой коммутируемых (телефонных) сетей, использующих модемы для передачи данных и поддержкой сетевых протоколов HTTP и TCP/IP. Имеется возможность публикации данных на встроенном Web-сервере, что обеспечивает доступ к данным системы любых пользователей, оснащенных стандартным программным обеспечением для работы в Интернет.
- ❑ Реализация в SWIFT-AMS Internet-технологий позволила организовать встроенный WEB-сервер, который осуществляет обработку запросов пользователей сети и позволяет получать диагностическую информацию с помощью обычных браузеров.
- ❑ Информация о состоянии диагностируемого оборудования отображается на экранах рабочих станций персонала (механиков, электриков и т.д.).
- ❑ Благодаря поддержке Internet-технологий реализована возможность обмена диагностической информацией по протоколам OPC. Обмен данными по протоколам OPC позволяет не только передавать диагностируемые параметры и экспертные сообщения в системы АСУ ТП или ERP-системы предприятия, но и принимать параметры от них для выполнения единой обработки в системе SWIFT-AMS и выработки экспертной системой предупреждающих рекомендаций.
- ❑ Система является модульной и масштабируемой, конфигурируемой как по функциям, так и по типам и количеству измерительных каналов.
- ❑ SWIFT-AMS может быть объединена с другими измерительными системами, использующими интерфейсы RS-485 и Ethernet и протоколы ModBus-RTU, ModBus-TCP.



Преимущества системы

- ❑ Диагностика и прогнозирование основных неисправностей (>95-98%) оборудования с ранним обнаружением, полным использованием ресурса и сохранением ремонтпригодности. Снижаются затраты на периодическую вибродиагностику оборудования;
- ❑ Предупреждение персонала о ближайших неотложных действиях по управлению состоянием оборудования;
- ❑ Контроль исполнения диагностических предписаний систем и действий персонала посредством сетевых (Internet) технологий. Возможность удаленного использования программного комплекса по локальной сети или сети Интернет;
- ❑ Формирование планов целенаправленных ремонтов на основе фактического состояния оборудования;
- ❑ Ведение баз данных диагнозов, работ, замен и ресурсов оборудования, представление отчетов на всех уровнях управления предприятием;
- ❑ Выявление и ликвидация фундаментальных причин отказов оборудования, возможность анализа качества выполненного ремонта насосного агрегата;
- ❑ Устранение ошибок проектирования и монтажа;
- ❑ Оптимизация технологических схем и состава оборудования;
- ❑ Результаты мониторинга отображаются на мониторе с помощью цветных пиктограмм (зеленый цвет – норма, желтый – требует принятия мер, красный – недопустимо) и диаграмм с цифровыми значениями параметров в интуитивно понятной персоналу форме;
- ❑ Система обеспечивает надежную регистрацию в условиях высокого уровня промышленных помех, позволяет интегрально оценивать состояние объектов в процессе эксплуатации, обеспечивает локализацию источников акустической эмиссии - областей возникновения и/или роста дефектов;
- ❑ Данные, полученные из системы, фактически являются материалами инструментального контроля при расчете ресурса оборудования, что позволяет продлевать его ресурс без вывода из эксплуатации.

Внедрение системы комплексного мониторинга на опасных производствах позволяет не только значительно повысить безопасность эксплуатации оборудования, но и за счет мониторинга состояния динамического оборудования (насосы, электродвигатели компрессоры и др.) и статического оборудования (реактора, печи, резервуары, трубопроводы и др.) перейти на эксплуатацию всего оборудования технологического комплекса по фактическому техническому состоянию, что существенно **повышает его капитализацию.**



Экономические эффекты

- ❑ Анализ затрат на внедрение и эксплуатацию системы мониторинга состояния статического оборудования на четырех коксовых камерах установки 21/10-3М показывает, что при двухгодичном цикле эксплуатации между капитальными ремонтами и нормированном простоем за это время длительностью 64 суток при сокращении времени простоя на ремонте наполовину за счет проведения целенаправленных ремонтов и эксплуатации по фактическому техническому состоянию ежегодно можно получать дополнительно продукцию на сумму более 1,2 млн. долларов. При этом внедрение системы окупается при сокращении времени простоя установки на ремонт всего лишь на три дня и позволяет в 4 раза увеличить межремонтный пробег установки.
- ❑ Экономия от снижения затрат на ремонты оборудования образуется за счет исключения планово-предупредительных (далее - ППР) и внеплановых ремонтов в связи с переходом на технологию эксплуатации машинного оборудования по фактическому техническому состоянию (далее - ФТС). Благодаря проведению своевременного технического обслуживания оборудования и выполнению обоснованных целенаправленных ремонтов, осуществлению мероприятий по выявлению и ликвидации фундаментальных причин отказов оборудования, в 6-8 раз снижается объем затрат на эксплуатацию и ремонт оборудования, оснащенного системами SWIFT-AMS.
- ❑ Экономия от снижения потерь сырья и оборудования из-за аварий рассчитывается в связи со снижением вероятности возникновения аварии при применении систем SWIFT-AMS. Условные интервалы времени между аварийными ситуациями до и после перевода оборудования на эксплуатацию по техническому состоянию определяются суммарной вероятностью пропуска отказа технологического агрегата по всем причинам, которая для систем SWIFT-AMS составляет менее 2%.
- ❑ Экономия от снижения потерь, связанных с простоями технологического комплекса по причинам отказов оборудования, определяется как сокращение объема потерь добавленной стоимости, неполученной в единицу времени в результате простоя технологического комплекса.
- ❑ Экономический эффект от сокращения сроков плановых остановочных ремонтов и ускорения вывода технологического оборудования на рабочий режим связано с проведением своевременных целенаправленных мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, ликвидацией фундаментальных причин недостаточной производительности и отказов оборудования.



Эффекты снижения аварийности

Внедрение системы мониторинга технического состояния оборудования SWIFT-AMS обеспечило:



снижение грубых аварий - в 8 и более;



снижение отказов ТУ насосов - в 3-8 раз;



снижение объема ремонтов - не менее, чем в 3 раза;



снижение числа деталей, заменяемых за один ремонт - в 1,5 и более раз;



сокращение сроков ремонта и вывода установки на режим - на 10-20%;



сокращение потерь электроэнергии - на 10-15%.



Параметры внедрения

- ❑ Срок внедрения после оплаты составляет, в среднем, от 3 до 6 месяцев;
- ❑ Система полностью окупается за 1-2 месяца эксплуатации.
- ❑ Стоимость системы SWIFT-AMS зависит от ее конфигурации и определяется числом диагностируемых агрегатов и статического оборудования, числом каналов и датчиков системы. Стоимость системы, приведенная на канал, уменьшается при увеличении числа каналов и увеличивается при его уменьшении. Поэтому экономически нецелесообразно оснащение системой мониторинга состояния оборудования одного насосного агрегата. В конечном итоге все определяется важностью и стоимостью защищаемого оборудования. Возможно оснащение системой, например, одного компрессора, стоимость которого, а также потери от его простоя, намного превышают стоимость диагностической системы.





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Инновационная компания СВИФТ, 2016 год

ООО «СВИФТ»

Юридический адрес: Россия, 614010, г. Пермь, ул. Героев Хасана, 9а, офис 314.

Почтовый адрес: Россия, 614000, г. Пермь, ул. Монастырская, 61 (БЦ «СЕРГО»), офис 318

ИНН: 5906072571, КПП: 590401001, ОГРН: 1075906001104

тел.: +7(342)259-30-50

info@swift-group.ru

www.swift-group.ru