

В.Н. Костюков
НПЦ «Динамика», г. Омск (post@dynamics.ru, www.dynamics.ru)

СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Интуитивное понятие мониторинга связано с наблюдением за каким-либо объектом в процессе его функционирования. Задача такого наблюдения состоит в том, чтобы выявить основные особенности поведения объекта на интервале наблюдения и не пропустить наиболее интересные моменты его поведения.

Обычно объект характеризуется набором (вектором) характеристик или параметров, которые описывают его состояние. В этом случае наблюдение за объектом сводится к задаче наблюдения за его параметрами.

Часть параметров объекта существенно изменяется при изменении его состояния. Такие параметры называют информативными.

Информативность системы параметров определяется количеством информации, которую создает выбранная система параметров о состоянии объекта.

Среди выбранной системы параметров могут оказаться и такие, которые изменяются при неизменном состоянии объекта. Такие параметры считают помехой и обычно исключают из дальнейшего рассмотрения.

Часто приходится определять состояние оборудования (агрегата) по результатам косвенных измерений, когда измеряют параметры вторичных процессов, сопровождающих его функционирование в рабочем или испытательном режиме, например вибрации, акустической эмиссии и т.д. и выделяют из них, так называемые диагностические признаки, которые связаны с конструктивно-технологическими параметрами агрегата, определяющими его техническое состояние, так называемыми структурными параметрами. Именно изменения структурных параметров: размеров, зазоров, шероховатостей поверхностей качения и скольжения, напряжений и деформаций различных участков и т.д. определяет изменение состояния агрегата на всех стадиях его «жизненного цикла».

Здесь приходится применять весь арсенал методов обработки сигналов для выделения вектора наиболее информативных диагностических признаков \vec{Y} . И тщательно формировать математические модели, описывающие их связи с техническим состоянием объекта, которое характеризуется вектором его структурных параметров \vec{X} . Задача диагностики является обратной по отношению к задаче измерения:

$$\vec{Y} = \mathbf{A} \vec{X} \quad \vec{Y} = \mathbf{A}^{-1} \vec{X}$$

здесь оператор \mathbf{A} – оператор преобразования неизвестных структурных параметров объекта $\{\vec{X}_i\}$ в характеристики наблюдаемых физических процессов – диагностические признаки $\{\vec{Y}_j\}$. \mathbf{A}^{-1} – оператор обратного преобразования, позволяющий оценить значения структурных параметров составляющих вектор $\{\vec{X}_i\}$ по значениям диагностических признаков $\{\vec{Y}_j\}$.

Задача диагностики по косвенным измерениям существенно усложняется тем обстоятельством, что операторы \mathbf{A} и \mathbf{A}^{-1} имеют нелинейный стохастический характер и обычно решается итеративным методом на основе широких экспериментальных исследований.

Новый методический подход заключается в синтезе ортогональных диагностических признаков $\{\vec{Y}_i\}$, отражающих соответствующим образом сформулированные ортогональные классы неисправностей $\{\vec{S}_i\}$ и описывающих их структурных параметров $\{\vec{X}_i\}$. Это соответствует приведению оператора \mathbf{A} к диагональной квадратной матрице, устанавливающей взаимно-однозначное (регрессионное) отношение между диагностическим признаком и соответствующей обобщенной погрешностью, и проблема мони-

торинга состояния заключается в формировании правильной интерпретации этой обобщенной погрешности с учетом частоты появления классов неисправностей. Например, рост виброскорости корпуса центробежного насоса НХК, перекачивающего бензин, соответствует росту обобщенной погрешности «нарушение центровки - дисбаланс». При этом в 85 % случаев наблюдается нарушение центровки и лишь в 10-15 % - дисбаланс. Менее 5 % роста виброскорости приходится на другие причины.

Для технических объектов задача мониторинга заключается в своевременном обнаружении зарождающихся неисправностей, наблюдением за их развитием до критического состояния и своевременном оповещении персонала о неисправности для выработки конкретных компенсирующих мероприятий с целью обеспечения максимальной продолжительности эксплуатации объекта и своевременного безаварийного вывода его в ремонт.

Интервал времени мониторинга, начиная от подготовки к изменениям до исполнения персоналом диагностического предписания, должен быть существенно меньше интервала развития неисправности в агрегате от момента обнаружения до критического уровня. Как показывают результаты широкомасштабного мониторинга агрегатов нефтехимических комплексов, минимальные интервалы развития неисправностей до критических уровней не превышают 10-20 минут, но из-за неблагоприятного влияния «человеческого фактора» (ЧФ) могут быть существенно короче и не превышать 3-5 минут. Именно необходимость предотвращения аварий, вызванных указанными причинами, определила появление автоматических стационарных систем мониторинга технического состояния оборудования опасных производственных объектов (ОПО) прежде всего нефтехимических, металлургических комплексов и объектов железнодорожного транспорта.

Таким образом, необходимость учета фактора времени есть коренное отличие мониторинга от диагностики. Это дает нам следующее определение мониторинга технического состояния агрегата (мониторинг агрегата) как наблюдение за техническим состоянием агрегата (конструкции, машины, узла, механизма) для определения и предсказания момента перехода в предельное состояние. Мониторинг представляет собой диагностику, развернутую во времени. Принципиальным отличием мониторинга состояния от мониторинга параметров является наличие интерпретатора измеренных параметров в терминах технического состояния агрегата (экспертной системы поддержки принятия решения о состоянии объекта и дальнейшем управлении).

Любая система распознавания технического состояния характеризуется статической, динамической ошибками и риском пропуска опасного состояния. Статическая ошибка первого рода: пропуск своевременного распознавания опасного состояния оборудования, вызванный тем, что неисправное состояние оборудования система воспринимает (диагностирует) как исправное. Динамическая ошибка первого рода: пропуск своевременного распознавания опасного состояния оборудования, вызванный тем, что период мониторинга (диагностирования) превышает интервал развития неисправности от момента ее обнаружения до предельного состояния оборудования. Риск пропуска опасного состояния оборудования: совокупность статической, динамической ошибок и влияния человеческого фактора, обусловленного несвоевременным выполнением персоналом предписаний системы мониторинга по устранению обнаруженного системой опасного состояния оборудования. Ошибки и риски второго рода приводят к ложным тревогам и определяются по аналогии.

Система мониторинга состояния оборудования может быть определена как система (машина), продуктом которой является

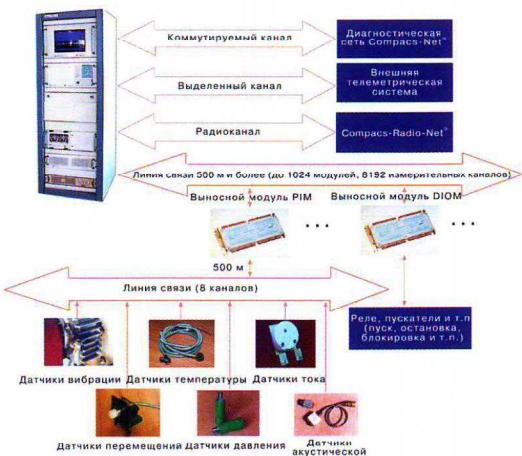


Рис. 1. Структура распределенной системы мониторинга реального времени

текущая информация о техническом состоянии оборудования и его опасности с необходимыми комментариями (прогноз остаточного ресурса, предписания на неотложные действия персонала и т.д.) и заданным риском.

Чем меньше риск пропуска опасного состояния агрегата имеет система, тем, как правило, она дороже. Поэтому для мониторинга разных категорий оборудования целесообразно использовать системы разных классов. Принципы классификации систем мониторинга по 13 признакам изложены в Стандартах [3, 4]. Классификация оборудования и производств осуществляется на основе матрицы риска, учитывающей экономические, экологические, и возможные людские потери.

Распределенная система диагностики и мониторинга (СДМ) реального времени, установленная на технологической установке или производстве (рис. 1), включает в себя:

- диагностическую станцию на базе промышленного компьютера, управляющую распределенной полевой сетью модулей, собирающих информацию с датчиков, установленных на промышленном оборудовании, обрабатывающую данные по специальным программам и представляющую результаты диагностики и мониторинга персоналу;
- распределенную систему выносных модулей, обеспечивающую существенную экономию кабеля и затрат на строительно-монтажные работы;
- распределенную систему датчиков, воспринимающих параметры физических процессов, отражающих техническое состояние оборудования.

Система непрерывно автоматически осуществляет мониторинг состояния оборудования и выдает целеуказующие предписания персоналу для приведения состояния в норму, благодаря встроенной автоматической экспертной системе, которая интерпретирует значения измеренных диагностических признаков, в терминах технического состояния защищаемого оборудования.

Диагностические станции систем мониторинга на установках обычно объединены в единую диагностическую сеть предприятия с предоставлением всем заинтересованным службам и руководству объективной картины состояния оборудования на предприятии в целом посредством Web-технологий (рис. 2).

Для мониторинга оборудования с медленно изменяющимся техническим состоянием используют персональные системы диагностики на базе ноутбука или PDA-станции, которыми оснащаются механики установок и специалисты службы технадзора. Для сокращения времени получения диагноза, повышения его достоверности и облегчения работы персональные системы также оснащаются автоматической экспертной системой и шлюзом для передачи результатов диагностики на диагностические станции и в диагностическую сеть предприятия.

Совокупность этих трех составляющих представляет собой автоматизированную систему управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования всего предприятия в реальном времени - АСУБЭР™.

АСУБЭР™ как производственные исполнительные системы мониторинга состояния оборудования предприятия в реальном времени позволяют решать задачу диагностики и прогнозирова-

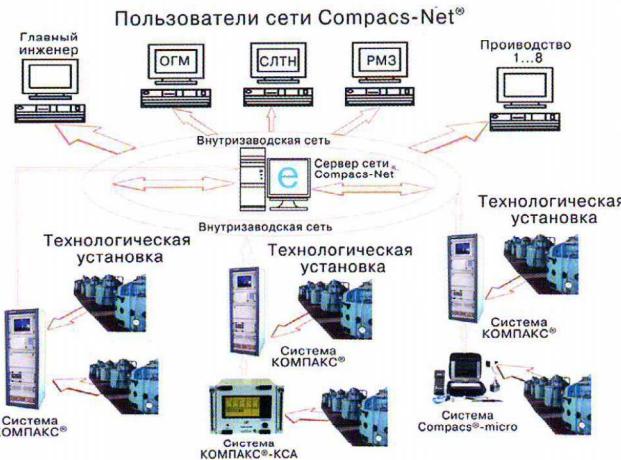


Рис. 2. Структура диагностической сети предприятия на базе Web-технологий и совокупности стационарных и персональных систем мониторинга

ния основных неисправностей (>95-98%) оборудования с ранним обнаружением, полным использованием ресурса и сохранением ремонтопригодности.

Диагностика неисправностей машин и оборудования осуществляется автоматически, без участия человека, встроенной экспертной системой. Основной проблемой конструирования автоматических диагностических экспертных систем оборудования на производстве является проблема их конфигурирования для реально действующего оборудования в условиях априорной неопределенности относительно конструкции и условий работы оборудования. Традиционные подходы к построению таких систем требуют наличия полной информации о конструкции машины, включая, например, типы используемых подшипников, муфты и т.п. Сама по себе очень трудоемкая задача начального конфигурирования такой системы на уровне производства или предприятия делает практически невыполнимой задачу поддержки этой конфигурации в актуальном состоянии, когда в силу производственной необходимости меняют составные части оборудования с подходящими размерами, но другими конструктивными особенностями. Для одного узла актуализация не сложна. Но для сотен и тысяч в год – неразрешимая проблема! При разработке системы мониторинга была решена задача построения системы, инвариантной к конструкции и режиму функционирования агрегата, что позволило обеспечить успешную продолжительную работу систем в условиях реального производства.

Фундаментальные результаты, полученные при создании и эксплуатации систем мониторинга, более чем на 60-ти предприятиях страны и за рубежом, разработанных согласно изложенных идей, принципов и подходов показывают, что это надежное средство защиты от техногенных аварий, большинство которых происходит из-за ошибок производственного персонала, и незаменимое средство подсказки рациональных решений при планировании объемов и сроков ремонтов, замены оборудования и оценки результатов этой замены. Системы являются идеальным средством контроля исполнительской дисциплины персонала и качества его работы. Они обеспечивают наблюдаемость состояния выпускаемого, ремонтируемого и эксплуатируемого оборудования, управляемость его качеством на всех стадиях жизненного цикла, устойчивость, безопасность и эффективность производства.

Внедрение на предприятиях с непрерывным производственным циклом новой сберегающей (Safe Maintenance - SM™) технологии эксплуатации оборудования благодаря проведению в реальном времени своевременного и целенаправленного технического обслуживания, основанного на знании технического состояния оборудования, позволяет исключить аварии как фактор опасного производства. Увеличить межаварийный пробег - в 5-10 раз и на этой основе значительно увеличить объемы выпускаемой продукции, сократить на 10 - 15% сроки и объемы плановых остановочных ремонтов технологического оборудования, снизить в 4 - 6 раз затраты на ремонт основного технологического оборудования.

КОМПАКС®, Compacs®, Compacs-Net® - зарегистрированные товарные знаки НПЦ «Динамика»;

АСУБЭР™, Compacs®-micro™, SM™ торговые марки НПЦ «Динамика».

НЕФТЕГАЗ

NEFTEGAZ INTERNATIONAL



P-ACA



ZIRAX

IMS



ГИПРОТЮМЕНЕФТЕГАЗ



НЕФТЕГАЗДЕТАЛЬ

RANGEA

ABB



WIKAI

ЛУКОЙЛ
НЕФТИНАЯ КОМПАНИЯ

РУСГАЗИНЖИНИРИНГ



PROGRESS
ULTRASONICS

ГИПРОВОСТОКНЕФТЬ

БМ Буртехнологии



EMERSON.
Process Management

АВТОМАШ
ХОЛОДИНГ

Дател



БОРЕЦ

Гидроэнергетические
машины



Торговый дом
Радиус Сервис

Санкт-Петербург
СИСТЕМА-СЕРВИС



WWW.NEFTEPPIXEL.RU

СОДЕРЖАНИЕ



ОТ РЕДАКТОРА	6
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ	8
ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОТДАЧИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕХИМИИ. ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ	
ADVANCED PROCESS CONTROL (APC)	12
КОМПАНИЯ «АРГОСИ ТЕХНОЛОДЖИС»	16
BENTEC: КРИЗИСУ ВОПРЕКИ	18
ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И КОНЦЕНТРАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МАССОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ	22
ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕЛЬФОВЫХ ГРУНТОВ МЕТОДОМ СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	24
ЗИРАКС – ПРОДУКТЫ И РЕШЕНИЯ ДЛЯ КОМПАНИЙ, УМЕЮЩИХ СЧИТАТЬ СВОИ ДЕНЬГИ	26
НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ДЛЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН	30
ООО «ПЕРМСКАЯ СЕРВИСНАЯ КОМПАНИЯ «БУРТЕХНОЛОГИИ»	32
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА ГАЗА	34
АППАРАТЫ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА ПРОИЗВОДСТВА ООО «ГАЗХОЛОДТЕХНИКА» С ЕС- ВЕНТИЛЯТОРАМИ	36
СУХИЕ ГАЗОВЫЕ УПЛОТНЕНИЯ «ГРЕЙС» - ЗАЛОГ НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ ВАШИХ КОМПРЕССОРОВ	40
ГИС: НОВАЯ ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	42
СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	44
ИНТЕРВЬЮ С ГЛАВНЫМ ИНЖЕНЕРОМ КОМПАНИИ ИМС В. В. ПИСАРЕВЫМ	46
БИТУМ, ПОЛИМЕР, АДГЕЗИВ. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИЙ	48
ВОСТОК - ДЕЛО ВАЖНОЕ!	54
НОВЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ПРОДУКТОВ И ТЕХНОЛОГИЙ «В ЦЕНТРЕ ВНИМАНИЯ – ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ»	56
ОАО «МИАССКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД» - ВЕДУЩИЙ ПОСТАВЩИК РЕЗЕРВУАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	58

Список участников номера

ООО «ВЕЛКО»	2	ГУП «ИНСТИТУТ НЕФТЕХИМПЕРЕРАБОТКИ	
ЗАО «ПГ «МЕТРАН»	5, 56	РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН»	48
ОАО «ГИПРОТЮМЕНЬНЕФТЕГАЗ»	7	МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ	
ООО «АББ»	12	КОМПАНИЯ MVK	52
ООО «АРГОСИ ТЕХНОЛОДЖИС»	16	ООО «КАМЫШИНСКИЙ	
ООО «БЕНТЕК ГМБХ ДРИЛЛИНГ		ОПЫТНЫЙ ЗАВОД»	53
И ОИЛФIELD СИСТЕМС»	18	КОМПАНИЯ ИНЭКОТЕХ	54
ООО «КРОНЕ ИНЖИНИРИНГ»	22	ОАО «МИАССКИЙ	
ЗАО «ТИХООКЕАНСКАЯ ИНЖИНИРИНГОВАЯ		МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»	58
КОМПАНИЯ»	24	ЗАО «МИРЕКО»	62
ООО «ЗИРАКС»	26	ЗАО НТК «МОДУЛЬНЕФТЕГАЗКОМПЛЕКТ» ...	64
ООО «СПО-АЛНАС»	30	ОАО «НЕФТЕБУР»	68
ООО «ПСК «БУРТЕХНОЛОГИИ»	32	ООО НПО «НЕФТЕГАЗДЕТАЛЬ»	72
ООО «ТК ВЫМПЕЛ»	34	ЗАО «ОКТОПУС»	74
ООО «ГАЗХОЛОДТЕХНИКА»	36	ЗАО «ПАНГЕЯ»	76
ООО «ИКЦ РОСКОН»	38	ООО «УК «РУСГАЗИНЖИНИРИНГ»	78, 91
ЗАО «ГРЕЙС»	40	ОАО «САТУРН-ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ»	82, 92
ООО «ДАТА+»	42	ЗАО «НПФ «СИСТЕМА-СЕРВИС»	84
ООО «НПЦ «ДИНАМИКА»	44	ООО «ФЛЭК»	86
ЗАО «ИМС ИНЖИНИРИНГ»	46	ЗАО «ЭМИКОН»	88