

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Безопасная эксплуатация сложных производств, содержащих иногда многие десятки и сотни единиц энергетического оборудования, невозможна без представления руководству предприятия достоверной информации об их техническом состоянии, ремонтах, простоях, производственных неполадках и непредсказуемых отказах, а также о текущей энергооборуженности предприятия. Достоверность информации определяется ее объективностью, то есть независимостью от воли, желаний и умозаключений конкретных людей, отвечающих за эксплуатацию и ремонт оборудования. Только на основе информации надлежащего качества (достоверной, полученной своевременно и в необходимом количестве) можно принять правильные решения, определяющие безопасность, прибыльность и успешность эксплуатации предприятия [1].

Информацию о состоянии оборудования (диагноз) получают с помощью средств технического диагностирования, достоверность полученных данных обусловлена методами диагностирования, квалификацией и опытом диагноста, качеством настройки приборов на информативные признаки сигналов диагностируемого объекта.

Процесс диагностирования включает ряд этапов:

- доставку диагноста с прибором к объекту или информации диагносту;
- измерение информативных (диагностических) признаков объекта;
- непосредственно постановку и документирование диагноза;
- оформление диагностического предписания;
- доставку предписания ответственному персоналу;
- контроль за адекватностью исполнения предписания;
- коррекцию действий персонала в случае необходимости.

Все этапы диагностирования разорваны во времени, иногда на длительные промежутки, что препятствует своевременному принятию необходимых решений и может привести к непредсказуемым последствиям. Особенно это актуально для предприятий опасных отраслей с

непрерывным циклом производства: энергетики, транспорта, нефтегазохимического комплекса и других базовых отраслей. В этих отраслях объективная, достоверная, своевременная информация о состоянии оборудования жизненно необходима не только для обеспечения прибыльности предприятий, но и для безопасности производственного персонала и жителей территорий, прилегающих к объектам, с целью их защиты от техногенных аварий и катастроф.

Автоматизированные системы управления безопасной эксплуатацией и ремонтом оборудования (АСУ БЭР™) [2], неразрывно связав между собой все семь этапов, являются новым классом систем управления производством, в основе которого лежит автоматическое получение и практическое использование **в реальном времени** диагностической информации о состоянии оборудования, которая представляет собой *совокупность диагнозов* составляющих его субъектов (конструкций, машин, узлов, механизмов), *получаемых на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которых состояние агрегата существенно не изменяется.*

АСУ БЭР™ реализуют безопасную ресурсосберегающую технологию (Safe Maintenance-SM™-технологию) управления состоянием оборудования, которая обеспечивает **наблюдаемость (мониторинг) в реальном времени** состояния выпускаемого, ремонтируемого и эксплуатируемого оборудования, **управляемость** его качеством на всех стадиях жизненного цикла, **устойчивость, безопасность и эффективность** производства.

Мониторинг состояния оборудования **в реальном времени**, реализованный в АСУ БЭР™, заключается (рис. б/н):

- в оснащении оборудования первой категории, занимающего ключевые позиции в технологическом процессе и определяющего безопасность производства, внезапный отказ которого может привести к техногенной аварии (взрыву, пожару) и остановке производства и/или существенному снижению технико-экономических показателей производства, стационарными системами **мониторинга** состояния оборудования «КОМПАКС®»;

Диагностическая сеть Compas-Net

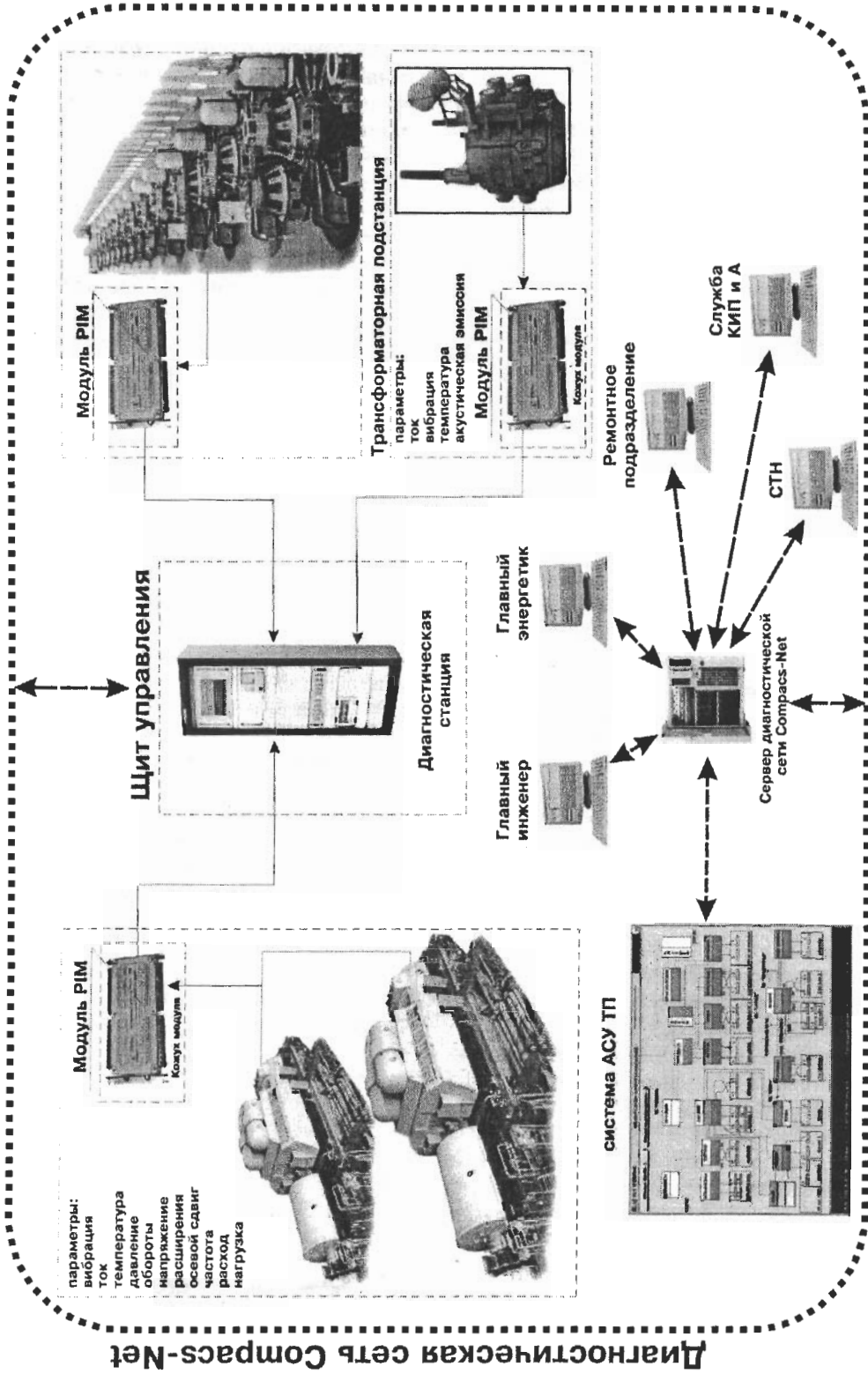


Рис. б/н. Структурная схема эксплуатации энергетического оборудования по техническому состоянию на основе технологии АСУ БЭР «КОМПАКС»

- в оснащении ответственного оборудования второй категории, занимающего второстепенные позиции в технологическом процессе и влияющего на безопасность производства, внезапный отказ которого может привести к снижению безопасности и технико-экономических показателей производства, также стационарными системами мониторинга состояния, однако в данном случае возможно применение систем «КОМПАКС®-КСА», осуществляющих мониторинг параметров (вибрации, температуры, тока и т. д.) работы оборудования в совокупности с персональными системами автоматической диагностики «КОМПАКС®-micro», позволяющими диагностировать оборудование при изменениях его параметров, зафиксированных КСА. Кроме того, системой «КОМПАКС - КСА» могут оснащаться ответственные агрегаты, параметры которых необходимо контролировать для передачи в систему ПАЗ (противоаварийной защиты), и удаленные объекты, малая концентрация оборудования на которых не подразумевает наличия обслуживающего персонала, но выход из строя их также ведет к потерям прибыли и безопасности;

- в контроле технического состояния второстепенных технологических объектов, решающих вспомогательные задачи, проблемы которых могут привести к увеличению затрат на ремонт и снижению технико-экономических показателей производства (оборудование третьей категории). Это оборудование подлежит диагностике и периодическому мониторингу переносными системами автоматической диагностики «КОМПАКС®-micro», основным достоинством которых является встроенная автоматическая экспертная система, позволяющая ставить диагноз и оценивать состояние оборудования даже начинающим специалистам, не имеющим специального образования в области диагностики;

- в обеспечении контроля качества выпускаемого и ремонтируемого оборудования с помощью систем «КОМПАКС®»;

- в объединении всей информации о техническом состоянии оборудования, полученной в результате диагностики любыми видами систем «КОМПАКС®», в едином банке данных, основанном на диагностической сети «КОМПАКС-Net®», и представлении объективной информации о состоянии оборудования всем заинтересованным службам, а также автоматизации процесса выдачи заданий на проведение ремонтных работ.

Стационарная система «КОМПАКС®» является основой безопасной, ресурсосберегающей технологии эксплуатации оборудования и представляет собой автоматическую систему диагностики и мониторинга его состояния. В отличие от систем, осуществляющих мониторинг

отдельных параметров агрегата (виброскорость, температура), система «КОМПАКС®» проводит непрерывный мониторинг его состояния, результат которого представляет собой совокупность диагнозов составляющих агрегат узлов и механизмов (субъектов). **Принципиальным отличием мониторинга состояния от мониторинга параметров является наличие автоматической экспертной системы поддержки принятия решения о состоянии агрегата и дальнейшем управлении его состоянием.** Оценка состояния каждого агрегата отображается на мониторе с помощью цветных пиктограмм (зеленый цвет – норма, желтый – требуется принятие мер, красный – недопустимо) и цифровых значений параметров. В случае появления признаков аварийной ситуации система дополнительно выдает речевое сообщение обслуживающему персоналу и обеспечивает автоматическую блокировку неисправного агрегата.

К числу основных преимуществ системы «КОМПАКС®» можно отнести:

- автоматическое определение технического состояния и дефектов оборудования;
- высокую скорость постановки диагноза – практически одновременно с процессом изменений;
- автоматическое информирование персонала о состоянии оборудования в виде текстового, цветового и речевого сообщений;
- расширенные сетевые возможности передачи информации потребителю;
- восприятие оператором состояния диагностируемого оборудования в целом при одном взгляде на экран (реализация концепции «дружелюбного человеко-машинного интерфейса»);
- наглядность изменения состояния диагностируемого оборудования в зависимости от изменения технологического процесса, («наблюдаемость процесса») в реальном масштабе времени;
- возможность подключения любых датчиков с нормированным и ненормированным сигналом;
- Сертификаты Госстандарта РФ об утверждении типа средств измерений;
- Сертификат Госстандарта РФ соответствия системы требованиям взрывозащиты по классу 0ExialICT6;
- разрешение на применение системы «КОМПАКС®» на поднадзорных Ростехнадзору производствах и объектах.

Система имеет модификации для диагностики технического состояния агрегатов после проведения ремонта.

Контрольно-сигнальная аппаратура «КОМПАКС®-КСА 7203» (DATASCREEN®) предназначена для измерения параметров сигналов с датчиков, физических величин и сигнала

лизации о превышении заданных значений параметров. Фактически она представляет собой систему мониторинга параметров, которая имеет следующие особенности:

- использует в своем составе аппаратные устройства (датчики, модули), применяемые в системах «КОМПАКС®», и обеспечивает контроль и сигнализацию о всех параметрах, которые контролируются стационарными системами «КОМПАКС®»;

- имеет магистральную структуру связей между выносными модулями и контроллером, скорость передачи данных 40 Кбод;

- снабжена достаточно развитыми средствами отображения измеренных параметров, проста и удобна в управлении;

- имеет возможность объединения в сеть и подключения к стационарным системам «КОМПАКС®» с помощью стандартных интерфейсов RS232/ 485 для ведения трендов, проведения диагностирования (мониторинга состояний), протоколирования, программирования алгоритмов функционирования системы и функций управления внешним оборудованием.

Персональная система автоматической диагностики «КОМПАКС®-micro» – мощное средство оперативной диагностики, не подключенного к стационарным системам «КОМПАКС®» оборудования, проведения динамической балансировки объектов на месте их установки. Система позволяет согласно заранее составленному маршруту или произвольным образом (путем выбора необходимых установок, агрегатов и точек измерения) диагностировать техническое состояние объектов как указанных, так и не указанных в маршруте, оперативно собирать и анализировать параметры измеряемых сигналов и осуществлять диагностику технического состояния объектов как по сообщениям экспертной системы, так и по значениям измеренных параметров. Информация о результатах диагностики с помощью «КОМПАКС®-micro» передается либо непосредственно в диагностическую станцию системы «КОМПАКС®», либо в диагностическую сеть «КОМПАКС-Net®» по стандартным интерфейсам и протоколам.

Диагностическая сеть «КОМПАКС-Net®» – эффективное средство для передачи и представления информации о техническом состоянии оборудования, диагностируемого системами «КОМПАКС®», «КОМПАКС®-КСА», «КОМПАКС®-micro». Информация передается руководителям предприятия, заинтересованных служб, подразделений, пользователям сети для контроля с их стороны как правильности эксплуатации оборудования, так и работы персонала. Диагностическая сеть «КОМПАКС-Net®» является одним из основных элементов технологии эксплуатации оборудования по фактиче-

скому техническому состоянию, так как своевременное получение информации о техническом состоянии оборудования позволяет управлять процессами обслуживания и ремонта, отказаться от графиков планово-предупредительных ремонтов. Сервер сети «КОМПАКС-Net®» может легко обмениваться информацией с АСУ ТП.

АСУ БЭР™ включает концепцию повышения качества производства и ремонта оборудования путем объективной оценки технического состояния узлов и агрегатов. Концепция реализована на базе системы компьютерного мониторинга «КОМПАКС®», стендовые модификации которой успешно работают в ремонтных производствах десятков предприятий и позволяют, в частности, объективно оценивать техническое состояние подшипников качения и обнаруживать дефекты, влияющие на их ресурс, проводить балансировку роторов электродвигателей, а также определять техническое состояние электродвигателей до и после ремонта.

Предприятия энергетики, энергетические производства предприятий, включающие службы эксплуатации систем электро-, тепло- и водоснабжения, снабжения сжатым воздухом и газом, службы связи, имеют специфические требования к контролю состояния своего оборудования, однако и в этих случаях можно с успехом применять технологии АСУ БЭР™ «КОМПАКС®».

В энергетике с помощью системы «КОМПАКС®» решаются следующие задачи:

- контролируются:
 - количество энергии, производимой предприятием;
 - качество электроэнергии;
 - состояние электрооборудования, протоколирование событий в производстве;
 - количеством энергии, потребляемой основными производствами;
 - рассчитываются:
 - потери энергии в сетях предприятия;
 - надежность, графики предупредительного ремонта и обслуживания, прогнозируются отказы;
 - документируются операции, выполняемые диспетчером, обслуживающим и ремонтным персоналом;
 - выполняются технико-экономические расчеты, определяются показатели удельного расхода электроэнергии и других ТЭП.
- Входными сигналами системы автоматизации энергетики являются:
- *аналоговые*: напряжение, ток нагрузки, частота, производимая и потребляемая энергия (активная и реактивная);
 - *дискретные*: сигналы контроля положения выключателей и разъединителей, сигналы срабатывания защит и блокировок.

Выходными сигналами системы являются дискретные сигналы дистанционного управления и автоматики.

Принцип работы системы учета и контроля электроэнергии «КОМПАКС®» основан на измерении динамических сигналов тока и напряжения и получении всех требуемых параметров количества и качества энергии путем математической обработки этих сигналов.

Основные параметры электрической энергии (производимая и потребляемая мощность, количество энергии) определяются путем математической обработки синхронных сигналов тока и напряжения по известным выражениям.

Методом динамических измерений можно определять следующие основные показатели качества электроэнергии (ПКЭ) ГОСТ 13109–97:

- отклонение напряжения;
- дозу колебаний напряжения;
- коэффициенты:
 - несинусоидальности кривой напряжения;
 - n-й гармонической составляющей;
 - обратной последовательности напряжения;
 - нулевой последовательности напряжений;
- отклонение частоты;
- длительность провала напряжения;
- импульсное напряжение.

Возможно также определение и дополнительных ПКЭ: коэффициентов амплитудной модуляции, небаланса междуфазных напряжений, небаланса фазных напряжений.

Для решения этих задач используются штатные аппаратные и программные средства системы «КОМПАКС®», которые только необходимо соответствующим образом сконфигурировать на программном уровне.

В качестве первичных преобразователей используются штатные датчики тока системы «КОМПАКС®». Сигнал напряжения может непосредственно измеряться входными цепями выносного модуля системы. Для контроля за количеством и качеством входной энергии датчики устанавливаются на главных подстанциях, для контроля за количеством и качеством потребляемой энергии – на вторичных распределительных подстанциях и в цепях питания наиболее крупных потребителей (электроприводах насосов, компрессоров и т. п.).

Сигналы с датчиков поступают на выносные модули, в которых осуществляется их первичная обработка, и выходные параметры количества энергии в цифровом виде передаются в диагностическую станцию «КОМПАКС®». Информацию о качестве энергии система получает на уровне диагностической станции, анализируя формы сигналов напряжения и тока. Далее, посредством сети «КОМПАКС-Net®», информация со всех систем «КОМПАКС®» собирается на сер-

вере сети, где производится ее архивирование, представление диспетчерам в удобном виде, выдача протоколов по событиям посредством удаленных станций пользователей сети.

Традиционные системы учета электроэнергии используют в качестве первичных преобразователей конкретные датчики мощности, счетчики электроэнергии и т. п., которые имеют на выходе статический сигнал, пропорциональный измеряемому параметру. Эти датчики достаточно сложны и, следовательно, дороги. Еще большую сложность и стоимость имеют датчики ПКЭ. В системе «КОМПАКС®» реализован динамический принцип измерений, достоинством которого является существенное сокращение затрат на первичные преобразователи (уменьшается их номенклатура и стоимость).

Другим преимуществом системы «КОМПАКС®» является ее распределенная архитектура, позволяющая собирать данные с крупных объектов при минимальном расходе кабеля.

Еще одним преимуществом является интегрирование данной системы с системой мониторинга и диагностики состояния энергетического оборудования (трансформаторы, генераторы, выключатели и т. п.). Это позволяет сократить затраты при комплексном внедрении за счет совмещения функций контроля оборудования и контроля энергии на одних и тех же аппаратных средствах путем расширения программных средств.

Успешное внедрение технологии АСУ БЭРТМ «КОМПАКС®» на предприятиях нефтехимического комплекса, газоперерабатывающей и металлургической промышленности России, стран ближнего и дальнего зарубежья нашло свое отражение в **рекомендации** Управления нефтяной промышленности ТЭР «Минэнерго» России по внедрению систем «КОМПАКС®» на предприятиях отрасли. Вместе с тем на ряде предприятий оборудование, находящееся под контролем системы «КОМПАКС®», с разрешения Ростехнадзора эксплуатируется по фактическому техническому состоянию.

Список литературы

1. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. – М.: Машиностроение, 2002. – 224 с.
2. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР) / Под ред. В.Н. Костюкова. – М.: Машиностроение, 1999. – 163 с.

ОАО Российское акционерное общество энергетики и электрификации
"ЕЭС России"

Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт
(ОАО "ВТИ")

Экспертный Совет по вибрации оборудования электрических станций
при ОАО РАО "ЕЭС России"

Всероссийский институт повышения квалификации энергетиков
(ВИПКэнерго)

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ПРОБЛЕМЫ ВИБРАЦИИ, ВИБРОНАЛАДКИ,
ВИБРОМОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ
ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

Сборник докладов



Москва, Россия, 2005

<i>Мынцов А.А., Кочнев М.В., Соколов Д.В.</i> Опыт использования переносных диагностических экспертных систем «ДИЭС» на энергетических предприятиях	100
<i>Гвоздев В.М., Поляков А.И., Исаков Н.Ю.</i> Опыт эксплуатации системы диагностики рабочих лопаток ЦНД на турбинах К-210 Шатурской ГРЭС-5	105
<i>Костюков В.Н., Науменко А.П., Сеницын А.А.</i> Система мониторинга энергетического оборудования	110
<i>Бранцевич П.Ю.</i> Система поддержки принятия решений по оценке технического состояния турбоагрегатов на основе вибрационных характеристик выбега	115
<i>Бранцевич П.Ю., Гузов В.А., Ероховец И.Е., Костюк С.Ф.</i> Алгоритмы защиты по вибрации для детандер-генераторного агрегата	122
<i>Куменко А.И.</i> Интегральный метод решения задач балансировки роторов и валопроводов энергетических турбоагрегатов	125
<i>Дон Э.А., Адамчук А.А., Тарадай Д.В., Чугин А.В.</i> Совершенствование технологии установки и сборки валопроводов турбоагрегатов	130
<i>Кочетов А.А., Корж Д.Д.</i> Приборно-аппаратный комплекс для статической развески длинных лопаток турбомашин	138
<i>Цеханский К.Р., Войтенко В.Б.</i> Разработка и применение датчиков динамической силы на балансировочных станках	143