Тенденции развития систем автоматизированного диагностирования и контроля технического состояния высоковольтного электротехнического оборудования.

И.С. Афонин
ООО «МТК Бизнес.Оптима»

КОМПЕТЕНЦИИ И ОПЫТ

- **Более 15 лет на рынке мониторинга высоковольтного оборудования;**
- **Компания полного цикла, штат более 40 человек;**
- **В производственном холдинге численностью свыше 200 чел.;**
- **Наличие производственной базы в Москве.**

ВЫПОЛНЯЕМЫЕ РАБОТЫ

- **Проектно-изыскательские работы и разработка проектно-сметной документации;**
- **Поставка оборудования для диагностики и мониторинга высоковольтного электрооборудования;**
- **Выполнение строительно-монтажных, шеф-монтажных и пуско-наладочных работ;**
- **Гарантийное, постгарантийное, сервисное и техническое обслуживание;**
- **Сервисные и консультационные услуги по онлайн и оффлайн диагностике состояния высоковольтного оборудования путем проведения измерений и предоставления подробных отчетов о контролируемых параметрах состояния высоковольтного оборудования;**
- **Разработка оборудования мониторинга, включая локализацию;**
- **Разработка ИТ-систем мониторинга и диагностики, включая ПО предиктивной аналитики.**

Разработка и внедрение комплексных систем мониторинга и технического диагностирования высоковольтного ЭТО:

для гидрогенераторов

для турбогенераторов

для электродвигателей

для трансформаторов

для КРУЭ

для ВЛ

1. **Более 500 инсталляций в России;**
2. **Единственный на сегодня официальный агент Iris Power в РФ.**
3. **Системы применяются ведущими отечественными и зарубежными производителями силового оборудования;**
4. **Заказчики: ПАО «ФСК ЕЭС», АО «ОЭК», АО «Концерн Росэнергоатом», ПАО «РусГидро», ПАО «Иркутскэнерго», ПАО «Газпром», ПАО «Транснефть», ПАО «НК «РОСНЕФТЬ», ОАО «РЖД», ПАО «Сибур Холдинг» и др.**

Эволюция мониторинга силового электротехнического оборудования

Этап	Характеристика	С кем контактирует Заказчик	Ценность для Заказчика	Выводы, комментарии
ВЧЕРА	Диагностические приборы для офлайн/лабораторных испытаний или набор отдельных приборов онлайн мониторинга, что экономичнее. Онлайн диагностика позволяет оптимизировать стратегию технического обслуживания. Но пока нет единого подхода к оснащению контролируемого оборудования, нет методологии интерпретации результатов, часто отсутствует надлежащее метрологическое обеспечение.	Производители (экспертные отчеты, как правило платные) и монтажные организации (часто не являются экспертами и не могут оказать содействие в интерпретации)	Низкая, необходим внутренний штат экспертов для ответственного оперативного реагирования на показания системы.	Затруднено принятие решений – требуется сложная процедура, нет адекватного реагирования на предупредительные и аварийные сигналы систем.
СЕГОДНЯ	Автоматизированные системы мониторинга и технического диагностирования (АСМД), объединяющие в себе различный функционал, часто избыточный, т.к. отделены от АСУ ТП. Расчетные диагностические модели и оценка ТС (не всегда релевантные), а также база исторических данных формируются на втором уровне системы (блок мониторинга) отдельно по каждому контролируемому устройству. Единые подходы к оснащению, интерпретации (включая интегральную оценку) и метрологии в стадии формирования.	Инжиниринговые компании, являющиеся экспертами. Поддержка от производителей отдельных диагностических модулей при необходимости.	Средняя, внедрение обособленных АСМД с полным функционалом не всегда является экономически обоснованным.	Системы наиболее полно используются при наличии утвержденных методик, однако принятие решений по прежнему затруднено, т.к. невозможно полноценное прогнозирование в отрыве от АСУ ТП и единой сети.
ЗАВТРА	АСМД, оптимизированные по функционалу, метрологии и интегрированные в SCADA, получающие из нее необходимые дополнительные данные (нагрузка, ток и т.п.). На верхних уровнях системы формируются диагностические модели и интегральная оценка ТС по утвержденным методикам, база исторических данных и прогностические модели.	Только с экспертами как внутри, так и вне компании и только по сложным кейсам, о прогнозируемом наступлении которых сообщит система.	Высокая, возможность формировать рекомендации эксплуатационному персоналу по результатам показаний системы.	Такого рода системы полностью отвечают потребностям Заказчика и соответствуют концепции цифровой трансформации.

Факторы развития мониторинга и технического диагностирования

- **развитие самих технологий онлайн диагностики;**
- **совершенствование нормативно-технической документации сначала на уровне международных стандартов, а впоследствии – их омологация в Российской Федерации;**
- **развитие информационных технологий, позволивших осуществлять обработку диагностической информации в режиме реального времени и систематизировать, передачу, накопление и хранение данных.**

Развитие технологий онлайн диагностики

- различные физические и химические процессы: электромагнитные, электрические, оптические, акустические методы измерения, температурная и вибрационная диагностика, химический анализ диэлектрика;
- технологии как конкурируют, так и дополняют друг друга;
- важна экономическая целесообразность.

Экономическая целесообразность

1. **Прямая – стоимость контролируемого оборудования.**
2. **Альтернативные выгоды и издержки:**
   - **полная стоимость затрат на ликвидацию последствий технологического нарушения, включая последствия причинения ущерба оборудованию, персоналу, населению, окружающей среде;**
   - **полная стоимость недополученной прибыли как вследствие недоотпуска электроэнергии, так и вследствие остановки иных технологических процессов;**
   - **прибыль от возможности эксплуатировать контролируемое оборудование с перегрузкой;**
   - **экономия инвестиционных затрат в результате переходов от планово-предупредительных ремонтов на обслуживание по текущему состоянию.**

соответствие критериям достоверности и точности => доверие

наличие норм => возможность принимать решение

Стандарты по мониторингу и диагностике: примеры

МЭК 60076-2(2011) «Трансформаторы силовые. Часть 2. Повышение температуры трансформаторов с жидким диэлектриком» и МЭК 60076-7(2018) «Трансформаторы силовые. Часть 7. Руководство по нагрузке масляных силовых трансформаторов»:

- **расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки по данным температуры верхних слоев масла (измеренной датчиком) и нагрузки;**
- **прогноз старения и общего износа изоляции;**
- **расчет нагрузочной способности трансформатора, в том числе выдача времени возможной работы до достижения предельных параметров при текущей нагрузке и режима работы системы охлаждения;**
- **расчет допустимых величин и времени перегрузки без ущерба для общего срока службы трансформатора.**

Стандарты по мониторингу и диагностике: примеры

ГОСТ IEC/TS 60034-27-2-2015 «Машины электрические вращающиеся. Часть 27-2. Измерения частичного разряда на изоляции статорной обмотки включенных в сеть вращающихся электрических машин»:

- **физика самого контролируемого процесса;**
- **сложности, возникающие при проведения измерений и способы снижения их влияния;**
- **техника измерений и приборы;**
- **порядок установки измерительных приборов;**
- **порядок измерений, включая режимные параметры контролируемого оборудования;**
- **порядок визуализации и интерпретации измерений.**

Стандарты по мониторингу и диагностике: примеры

СТО 34.01-23-003-2019 «Методические указания по техническому диагностированию развивающихся дефектов маслонаполненного высоковольтного электрооборудования по результатам анализа газов, растворенных в минеральном трансформаторном масле»:

- **физика процесса;**
- **эксплуатационные факторы;**
- **типы дефектов;**
- **диагностические модели;**
- **критерии оценки.**

Необходимо совершенствование – не указана применимость онлайн, не описаны методы измерения, а они разные.

Развитие ИТ-технологий и интегральная оценка

- **АСМД - автоматизированная система мониторинга и технического диагностирования, осуществляет измерения диагностических параметров отдельных устройств и узлов контролируемых объектов, и определяет их техническое состояние по расчетно-аналитическим моделям;**
- **расчетно-аналитические модели устанавливают связь технического состояния с измеряемыми параметрами отдельных устройств и узлов, содержат зависимости и методику расчета опасного уровня дефектов;**
- **часто модели диагностики отдельных узлов применяются раздельно, только аппаратная интеграция в единый АРМ;**
- **ИТ-технологии позволяют интегрировать данные различных систем в режиме реального времени, обмениваться ими различным ИТ-системам (МЭК 61850, CIM-модель, IoT);**
- **переход от оценки отдельных узлов к интегральной оценке единицы оборудования и энергообъекта в целом (Приказе Министерства энергетики РФ от 26 июля 2017 г. № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей»);**
- **следующий шаг - прогнозирование развития процессов и изменения ТС в целом.**

Важность прогнозирования закреплена в НПА

Приказ МИНЭНЕРГО от 27.12.2017№ 1233 «Об утверждении методики проведения оценки готовности субъектов энергетики к работе в отопительный сезон»

- **Отсутствие АСМД при ИТС объекта ниже 50 автоматически снижает оценку готовности до 0;**
- **Указана необходимость использования ПТК, обеспечивающего прогнозирование изменения технического состояния на основе исторических и операционных данных.**

Министерство энергетики
Российской Федерации
(Минэнерго России)

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
Регистрационный № 50026
от 13 февраля 2018 г.

ПРИКАЗ

27 декабря 2017 г. № 1233

Москва

Об утверждении методики проведения оценки готовности субъектов электроэнергетики к работе в отопительный сезон

В соответствии с пунктом 2 постановления Правительства Российской Федерации от 10.05.2017 № 543 «О порядке оценки готовности субъектов электроэнергетики к работе в отопительный сезон» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2017, № 20, ст. 2928) п р и к а з ы в а ю:

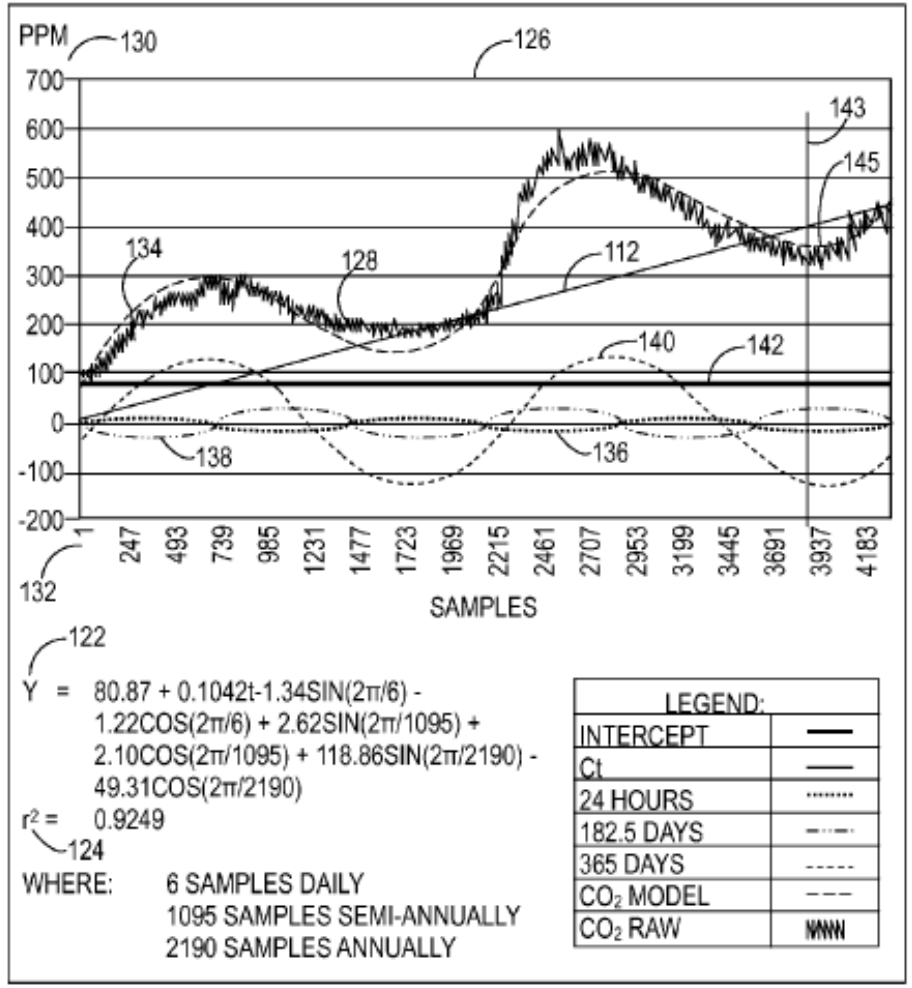
Утвердить прилагаемую методику проведения оценки готовности субъектов электроэнергетики к работе в отопительный сезон.

Министр А.В. Новак

Департамент оперативного контроля и управления в электроэнергетике
Медведева Елена Анатольевна
8(495) 631-88-71

Подходы к прогнозированию

1. **Статистический:**
   - **развитие применений технологий больших данных, искусственного интеллекта, машинного обучения, цифровых двойников;**
   - **ограничение - только для быстрого выявления аномального тренда (позиция МинЭнерго).**
2. **Отраслевой, а точнее - комбинированный:**
   - **корректировка цифрового двойника на характеристики и взаимодействие процессов, происходящих в контролируемом оборудовании - учет режимных параметров, механизмы развития дефектов;**
   - **применение современных технологий обработки больших данных для распознавания по изображениям, диаграммам и т.д.;**
   - **сигнализация по аномальному тренду корректируется на отраслевые знания;**
   - **применение данных измерений с использованием современных технологий диагностики.**



Автоматизированная система определения технического состояния и предиктивной аналитики «Звезда»

- ✓ **Диагностика силовых маслонаполненных трансформаторов, автотрансформаторов и реакторов, КРУЭ, опорных изоляторов воздушных токопроводов, выключателей, генераторов, электродвигателей и синхронных компенсаторов;**
- ✓ **Сбор, обработка и хранение диагностической информации, формирование интегральной оценку по функциональным узлам и по оборудованию в целом с помощью математических моделей в соответствии с российскими и международными стандартами в режиме реального времени, включая прогнозный период, с выдачей рекомендаций по действиям эксплуатационного персонала;**
- ✓ **Трехуровневая система, интеграция уже установленных первичных датчиков и измерительных систем по стандартным цифровым протоколам, передача данных на верхние уровни для повышения наблюдаемости, визуализация на всех уровнях с настраиваемым геопредставлением;**
- ✓ **Компоненты системы в различных конфигурациях применялись в более, чем 500 инсталляциях в РФ и за рубежом.**

Автоматизированная система определения технического состояния и предиктивной аналитики «Звезда»

- ✓ **Система с открытой архитектурой и множеством опций, позволяющим выстроить оптимальную конфигурацию в соответствии с требованиями Заказчика и существующим набором первичных датчиков и измерительных систем.**
- ✓ **Интеграция с любыми внешними ИТ-системами по современным протоколам, включая импорт сигналов из АСУ ТП для исключения излишнего дублирования на первом и втором уровнях системы. Повышение наблюдаемости на верхних уровнях системы. Возможность встраивания модулей в иные ИТ-системы.**
- ✓ **Интегральная оценка технического состояния и расчет остаточного ресурса по утвержденным российским и международным методикам.**
- ✓ **Патентованная методика прогнозирования изменения технического состояния, опирающаяся на учет рабочих параметров контролируемого оборудования (Патент № 2705858).**
- ✓ **Формирование рекомендаций эксплуатационному персоналу по результатам работы системы.**
- ✓ **Привлечения экспертов для детального анализа измерений только в особых случаях, о прогнозируемом наступлении которых сообщит система.**
- ✓ **Встроенная система самодиагностики.**
- ✓ **Возможность реализации контроля нескольких однотипных единиц оборудования с помощью единого блока мониторинга второго уровня.**
- ✓ **Встроенные решения по информационной безопасности.**
- ✓ **Проектное решение «под-ключ», гарантия, сервис, методологическая поддержка.**

Выводы и предложения:

1. **При создании автоматизированных систем мониторинга, технического диагностирования, оценки и прогнозирования технического состояния высоковольтного электрооборудования наряду с современными технологиями анализа больших данных использовать отраслевые знания;**
2. **Для формирования диагностической информации применять современные технологии диагностирования, обеспечивающие достоверность и точность измерений, расчетно-аналитические модели которых и критерии принятия решений по ним закреплены в соответствующей нормативной документации.**
3. **Осуществлять корректировку аномальных трендов, выявленных цифровыми двойниками на режимные параметры и знания о развитии дефектов, тем самым осуществлять верификацию статистических моделей прогнозирования.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ООО «МТК Бизнес.Оптима»
129110, г. Москва, ул. Малая Семёновская д. 9 стр.3
Тел.: +7(495) 739-42-50
Email: market@bo-energo.ru