



ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ:

«ОТ МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ ДО РЕКОМЕНДАЦИЙ ПЕРСОНАЛУ»

# АСМД «ЗВЕЗДА»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА  
СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ



**БО-ЭНЕРГО**  
системы мониторинга

КОМПЛЕКСНАЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ  
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА,  
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ  
И УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНИЧЕСКИМ  
СОСТОЯНИЕМ ПАРКА  
СИЛОВЫХ  
ТРАНСФОРМАТОРОВ  
С ВЫДАЧЕЙ РЕКОМЕНДАЦИЙ  
ПЕРСОНАЛУ

«ЗВЕЗДА»

# АСМД\* СЕГОДНЯ

## Инструмент онлайн-контроля состояния силовых трансформаторов

(\*) – Автоматизированная программно-аппаратная система мониторинга и технического диагностирования – осуществляет измерения диагностических параметров отдельных функциональных узлов контролируемого силового трансформатора и определяет его техническое состояние по расчетно-аналитическим моделям.

### Функции типовых АСМД

- Интегральная оценка оборудования по принципу «светофор» и/или расчет индекса технического состояния (ИТС);
- Измерение параметров функциональных узлов (раздельно);
- Однонаправленный обмен информации с верхним уровнем (автономное программное средство);
- Импорт данных из АСУ ТП.

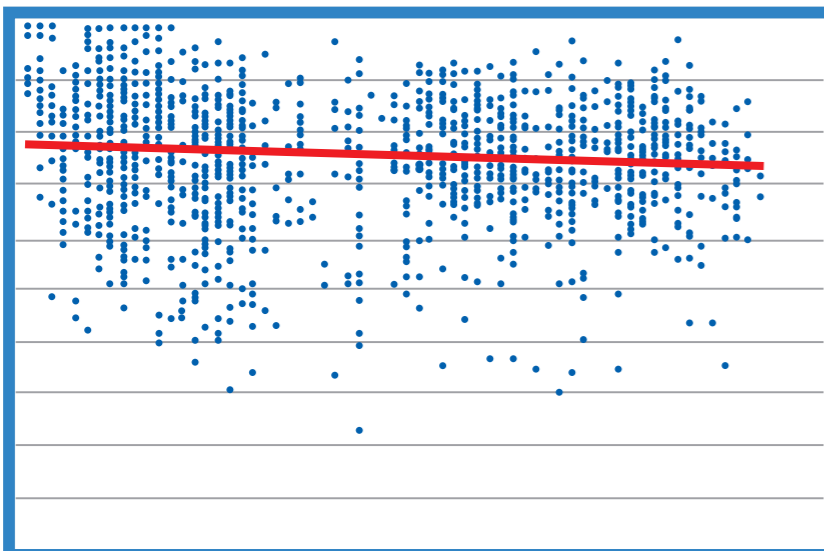
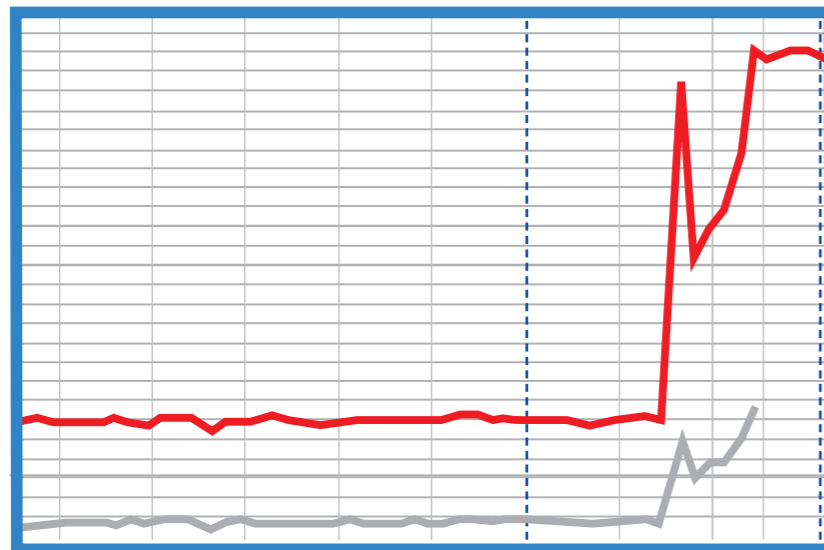
### Контролируемые параметры

- |                        |                                |                      |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| ● Температура масла;   | ● Состояние групп охладителей; | ● Состояние вводов;  |
| ● Температура обмотки; | ● Состояние РПН;               | ● Давление;          |
| ● Растворенные газы;   |                                | ● Частичные разряды. |
| ● Влажосодержание;     |                                |                      |

## АСМД: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

### Современная АСМД должна:

- Выявить признаки зарождающегося дефекта в промежутках между традиционными измерениями (офлайн);
- Автоматически сформировать рекомендации по действиям;
- Отправить рекомендации конкретному пользователю.



## Как устроены типовые АСМД



**В типовых АСМД сложно организовать механизм предупреждения технологических нарушений. Их методы учета расходования ресурса не достаточны**

## ПО АСМД «ЗВЕЗДА» – ОТВЕТ НА НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

ПО АСМД «ЗВЕЗДА» позволяет каждому пользователю на разных уровнях организационной структуры предприятия своевременно получать необходимый и персонализированный объем требуемой информации по результатам мониторинга и диагностики, включая данные по оценке ресурса каждого трансформатора

### Перечень используемых функций определяется для конкретного объекта

#### Особенности ПО АСМД «Звезда»:

- Усовершенствованные модели расчета учитывают взаимное влияние различных факторов;
- Автоматизированная система импортирует и учитывает данные с внешних информационных систем;
- Подтверждение результатов онлайн-диагностики офлайн-данными.

В отличие от классических систем онлайн мониторинга, осуществляющих оперативную оценку технического состояния оборудования, «ЗВЕЗДА» не только дает оценку текущего технического состояния силовых трансформаторов, но и выдает управляющие сигналы и рекомендации персоналу по необходимым изменениям режима работы, а также по операциям технического обслуживания и ремонта.

## Данные

### Важность офлайн данных

1

Поступающая из офлайн-подсистемы информация о проведенных ремонтных мероприятиях (дегазация, регенерация масла, его замена, сушка твердой изоляции и пр.) влияет на:

- изменения параметров моделей прогнозирования значений газовлагосодержания в трансформатором масле, увлажнения твердой изоляции, расхода остаточного ресурса и пр.;
- изменение критериев оценки параметров онлайн-контроля.

2

Часть данных офлайн-испытаний и измерений используются для уточнения результатов расчётов, выполняемых по онлайн-данным. Например, учет влияния степени окисления масла при расчете скорости расходования ресурса твердой изоляции.

3

Оценка технического состояния силовых трансформаторов, сделанная подсистемой анализа офлайн данных, в виде характера и типа дефекта, степени его развития (локализации), используется в блоке формирования оперативных рекомендаций персоналу по необходимым операциям ТОиР. Например, учет влияния степени окисления масла при расчете скорости расходования ресурса твердой изоляции.

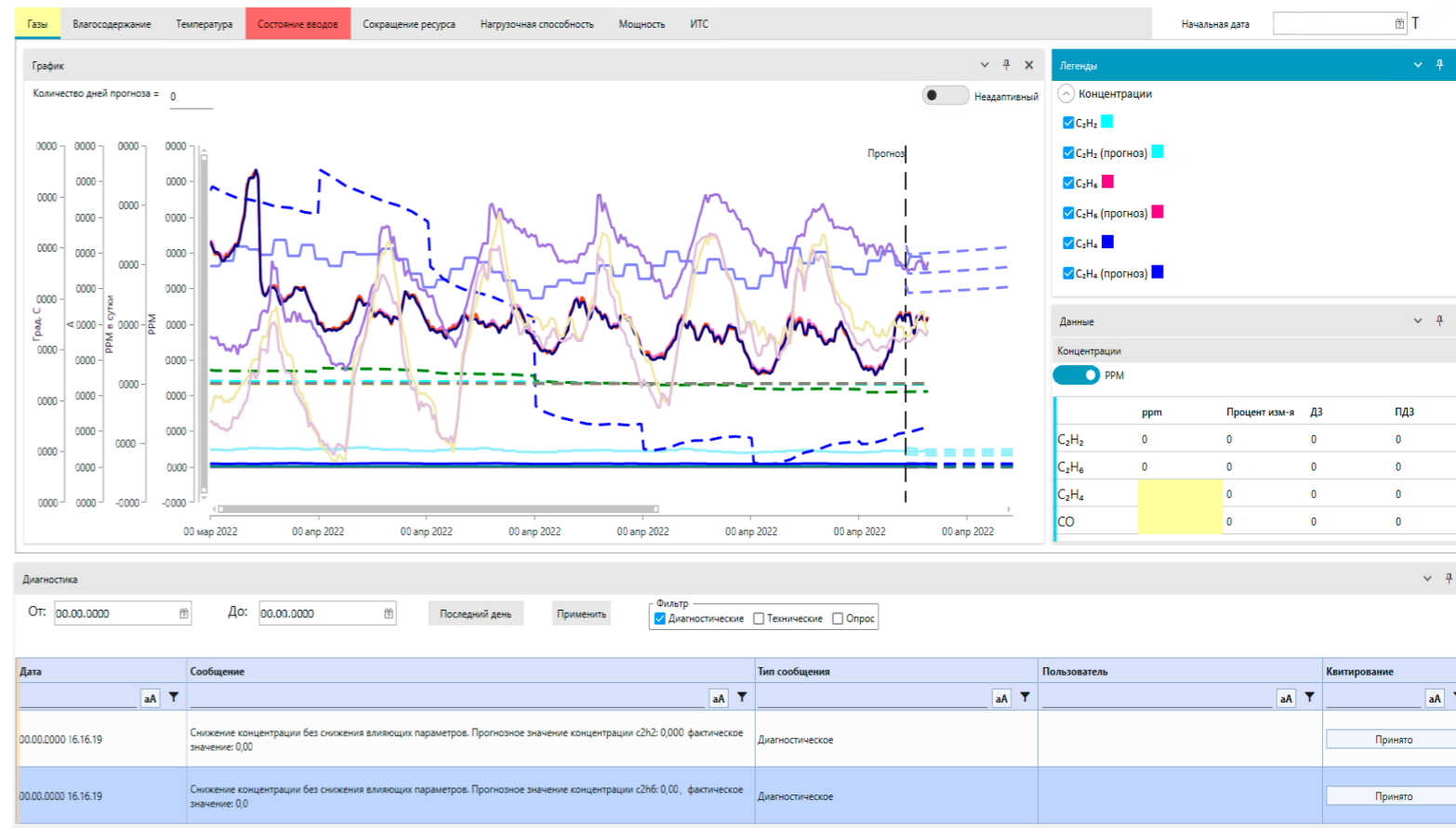
4

Оценка технического состояния силовых трансформаторов, сделанная подсистемой анализа офлайн данных, в виде индекса технического состояния обмотки силовых трансформаторов, используется для прогнозирования нагрузочной способности конкретного силового трансформатора.

# ПО АСМД «ЗВЕЗДА» Платформенное решение

Разворачивается на подстанционном уровне АСМД силовых трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов

Инсталлируется вместе с OPC-сервером, настроенным для сбора сигналов с приборов мониторинга и датчиков, установленных на контролируемом оборудовании

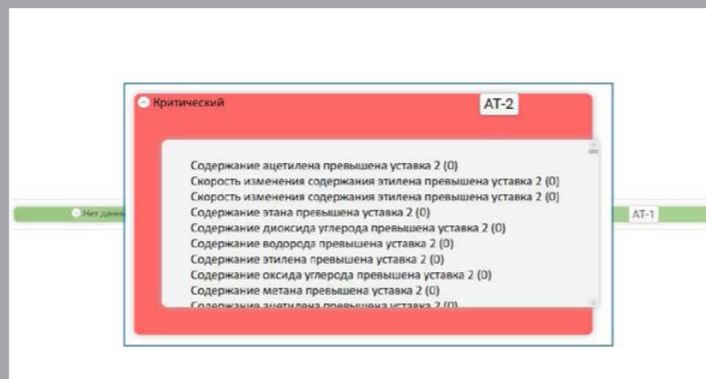


## Что случилось?



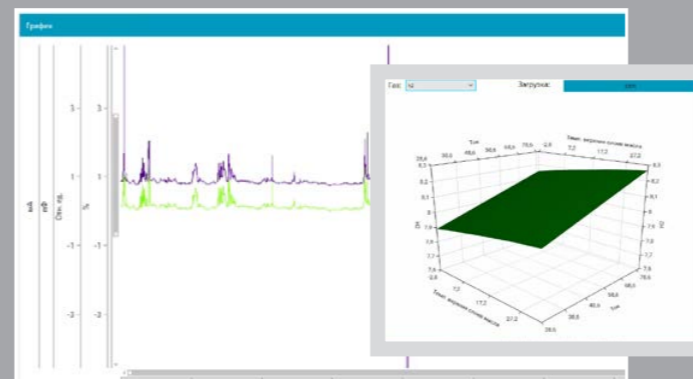
Окно онлайн контроля

## Почему это произошло?



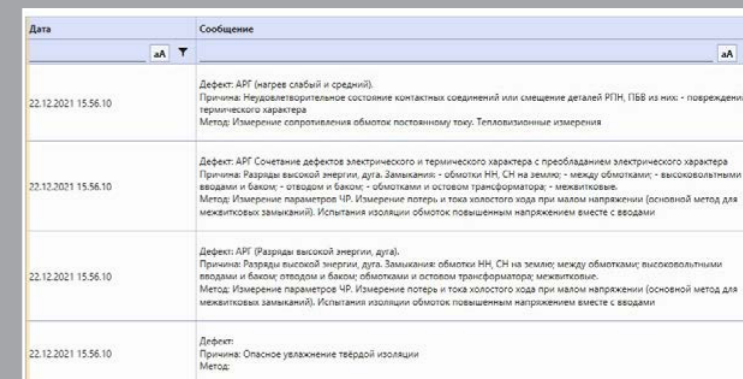
Регистрация и отображение отклонений значений диагностических параметров с помощью сигнализации «светофорного типа»

## Что произойдет?



Прогнозирование риска

## Что надо предпринять чтобы это не произошло?



Выдача рекомендаций по действиям эксплуатационного персонала

### ОПИСАТЕЛЬНАЯ АНАЛИТИКА

### ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ АНАЛИТИКА

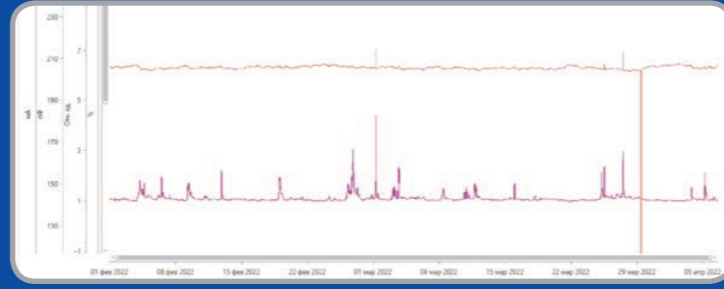
### ПРОГНОЗИРУЮЩАЯ АНАЛИТИКА

### РЕКОМЕНДАЦИИ

## Аналитические модели

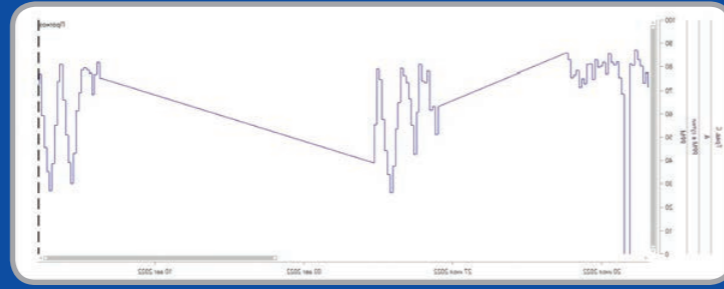
# МОЗГ ПО АСМД ЗВЕЗДА

Обеспечивают контроль за отсутствием процессов – быстросрабатывающихся (4 - 48 часов) или резко (в рамках час – сутки) снижающих ресурс оборудования



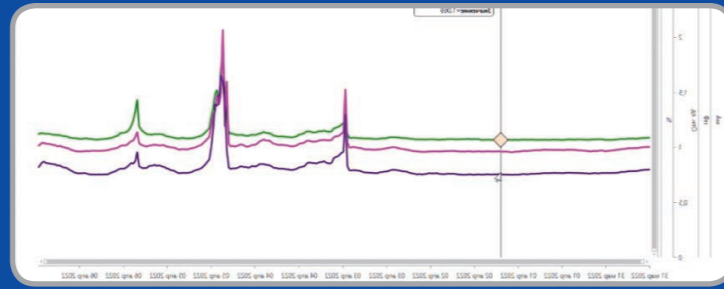
### ВРЕМЕННЫЕ ПРЕВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

- Регистрация всех критичных повышений напряжения, в том числе в течение суток.
- Предупреждение о критическом снижении электрической прочности изоляции.
- Автоматизация действий оперативного персонала по учету и сигнализации.



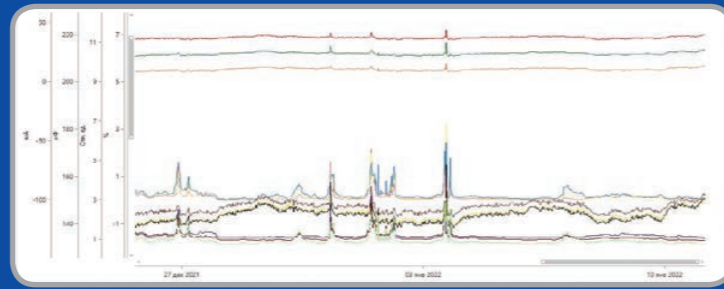
### СТАРЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ

- Определение текущей (мгновенной) скорости износа и накопленного за контролируемый период (например – сутки) расхода ресурса (относительно единицы).
- Автоматическое выявление (сочетания) факторов, приводящих к повышенной скорости износа с учетом актуальных научных исследований; анализ этих факторов в динамике, выявление паттернов (образов) комплексов негативных факторов в динамике.
- Информирование пользователей о рекомендуемых мероприятиях.
- Сравнение с традиционными показателями старения изоляции (CO2/CO) онлайн и офлайн (выводы по фурановым или степени полимеризации) для верификации выводов.
- Учет общего износа (по дополненным алгоритмам) путем расчета от даты начала эксплуатации с учетом остановов.



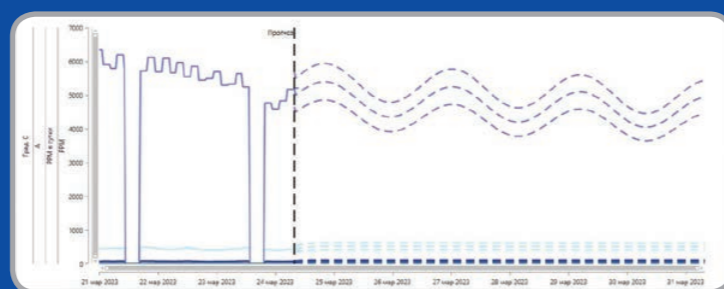
### СОСТОЯНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ (СО)

- Выявление дефекта СО.
- Контроль ТВСМ (температура верхних слоев масла) в динамике относительно ПДЗ (предельно допустимых значений).
- Выявление дефекта датчика ТВСМ.
- Расчет эффективности работы системы охлаждения по разнице ТВСМ и ТНСМ (температура нижних слоев масла и ТНСМ (при наличии датчика ТНСМ или без него), по распределению температур по МЭК 60076-7.
- Непрерывный контроль режима работы системы охлаждения (уровней охлаждения), электродвигателей маслоснасосов и вентиляторов.



### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОСНОВНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ (ВВ)

- Контроль параметров, приводящих к аварийному состоянию ввода и требующих срочного воздействия; тангенс угла диэлектрических потерь, емкость, давление во вводе являются параметрами, контролируруемыми нормами технической документации.
- Приведение к действующим значениям температуры; алгоритм учета давления ввода.
- Применение искусственного интеллекта для выделения сигнала шума и переход от обычных измерений к очищенным для выявления пошагового перекрытия слоев изоляции (нормируется ПДЗ, функция прогноза).
- Применяется также при парковом анализе ВВ.



### АРГ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ

- Выявление резкого роста ряда газов для выявления дефектов, развивающихся в период 4-36 часов.
- Поиск картин, характерных аварийным ситуациям, как по постоянному расчету характерных соотношений углеводородных газов, так и по иным паттернам.
- Многоступенчатый расчет показателя скорости изменения концентрации. Учет влияющих факторов при оценке полученных значений и их корректировка.

### СОСТОЯНИЕ УСТРОЙСТВА РПН

- Недопустимость эксплуатации при достижении предельных значений нагрузки и напряжений на ответвлениях.
- Автоматизация действий оперативного персонала и сигнализация.

## Аналитические модели

### Рассчитывают нормируемые параметры

- Постоянный расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки по данным ТВСМ (измеренной датчиком или расчетной – при отсутствии датчика ТВСМ с выходом 4-20) и нагрузки в соответствии МЭК 60076 – 7;
- Содержание влаги в изоляции: преобразование данных относительного влагосодержания масла в абсолютное с учетом связанной воды. Учет разницы температур между ТВСМ и точкой измерения влагосодержания масла (как правило ТНСМ), приведение измерений WCL (влагосодержание масла) к ТВСМ. Расчет влагосодержания твердой изоляции в местах перегрева;
- Контроль WCP (влагосодержание твердой изоляции) и WCL в динамике с учетом влияющих параметров: выявление максимального влагосодержания на холодном Т(АТ), контроль в динамике объема влаги в системе и ее критичность. Автоматические паттерны некачественной сушки Т(АТ). В протоколы автоматически выводится сравнение с лабораторным измерением и соответствующие расчеты по данным анализа газов СО и СО<sub>2</sub> (при наличии). Первично – модель работает по предустановленным коэффициентам А и В, выбранным кривым Оомена. В дальнейшем, при эксплуатации, ПО АСМД ЗВЕЗДА формирует эти данные и собственные кривые для конкретной электрической машины «обратным счетом»;
- Диагностика по параметрам кривой гистерезиса по материалам WG CIGRE 741.

## Прочие расчетные модели

- Нагрузочная способность трансформатора по Приказу Минэнерго №81 дает возможность увеличить допустимые коэффициенты перегрузки при улучшении показателей ИТС онлайн, что приводит к экономическому эффекту;
- Комплексная оценка состояния оборудования в текущий момент эксплуатации. Уточнение на онлайн-данные последнего измеренного ИТС по методике Минэнерго. Выявляет ИТС между периодами его пересчета на базе онлайн-измерений, что позволяет увидеть самое его низкое значение и сформировать прогноз ИТС от этого значения. Такой расчет ИТС полезен эксплуатации для более корректной приоритизации оборудования. Приказы Минэнерго №№ 676 и 192 (ИТС), Приказ Минэнерго № 125 (прогнозирование ИТС);
- Расчет внутренних потерь активной части трансформатора.



## Работа с данными

- Дифференцированный подход к мгновенным измерениям путем применения различных механизмов их обработки в зависимости от качества входящих данных, включая различные типы верификации и автозаполнения;
- Отработка различных типов поведения контролируемого параметра в краткосрочной перспективе. В том числе: длительные колебания около ДЗ (ПДЗ); переход из зон ДЗ (ПДЗ) в нормальную при сохраняющемся тренде в рост; резкие скачки в зоны ДЗ (ПДЗ) при нормальном среднем значении.

## Парковый анализ

- Пересмотр ДЗ, ПДЗ по статистическим данным парка.

## Алгоритмы управления информацией

- Автоматическое назначение действия и срока выполнения ответственному лицу, информирование вышестоящих органов управления: возможность переназначать сроки и ответственных;
- Возможность для оперативного персонала переназначить задание на службу диагностики через почтовый клиент;
- Промотка назад – возможность загрузить в систему различные датасеты.

## Данные

### Совмещение офлайн и онлайн-данных

Комплексный подход к мониторингу и диагностике полезен на практике для предупреждения дефектов на ранней стадии

#### Особенности офлайн-мониторинга:

- Большая нормативная база;
- Стандартизованные методы измерения;
- Возможность замера большого набора характеристик масла;
- Выполняется редко и подходит для «медленных» дефектов;
- Требуется участие человека.

#### Особенности онлайн-мониторинга:

- Несколько технологий мониторинга;
- Выполняется часто и подходит для «быстрых» дефектов;
- Основа для технического обслуживания по состоянию;
- Осуществляется автоматически.

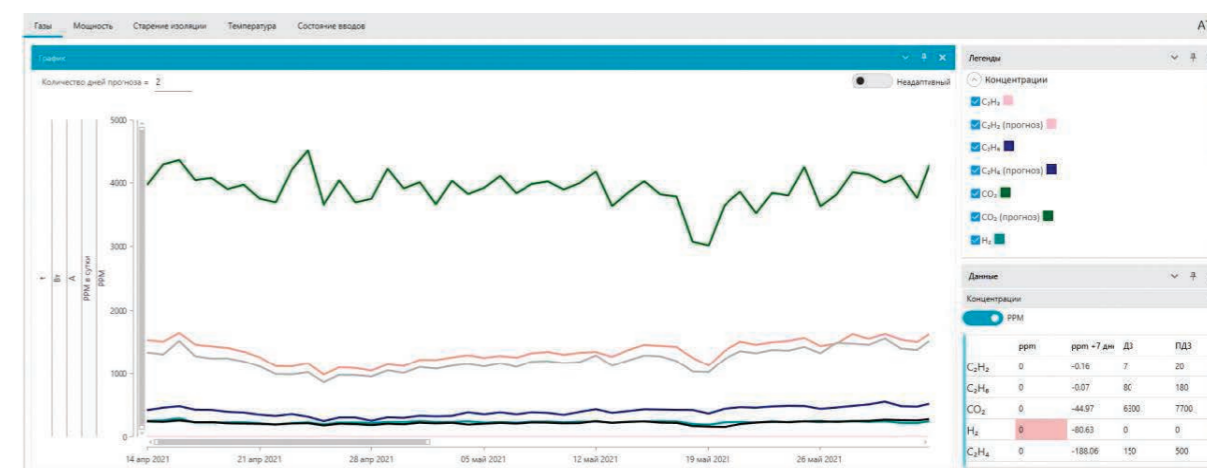
Совместное использование данных онлайн-измерений и офлайн-диагностики с последующей их обработкой уточняет результат диагностирования и исключает некорректные данные онлайн-измерений.

### Автоматическое корректирование повышает точность онлайн диагностики

Адаптивность алгоритмов, используемых в системе, позволяет уточнить математические модели в применении к конкретному типу силового трансформатора, в приложении к изменяющимся режимным параметрам, данным окружающей среды, а также текущим и историческим данным контролируемых параметров.

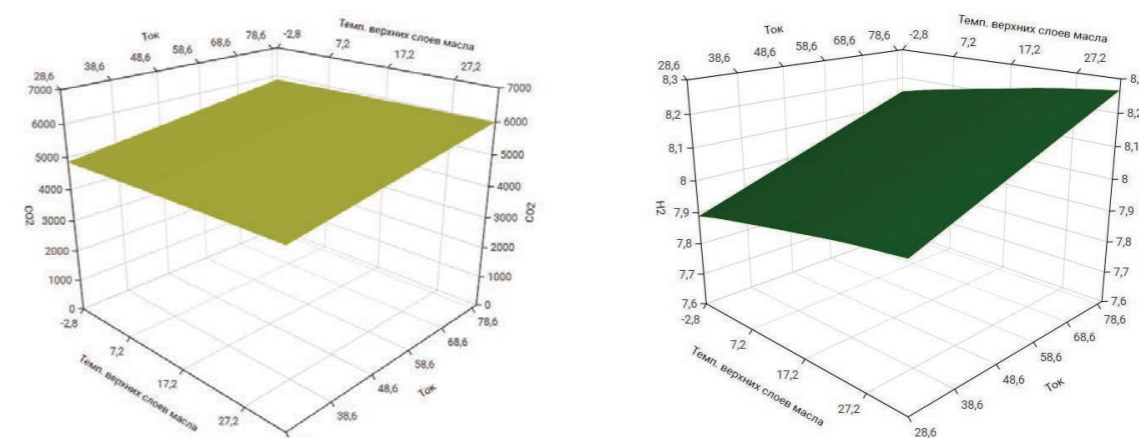
## Прогнозирование ПО АСМД «ЗВЕЗДА»

### Точность прогноза около 90%



Окно онлайн контроля

Экспериментальный блок прогнозирования ПО АСМД «ЗВЕЗДА» использует модель изменения концентраций газов: при помощи методов машинного обучения на основе истории измерений концентраций газов, режима работы и температуры окружающей среды для конкретного силового трансформатора можно формировать прогноз развития концентрации газов.



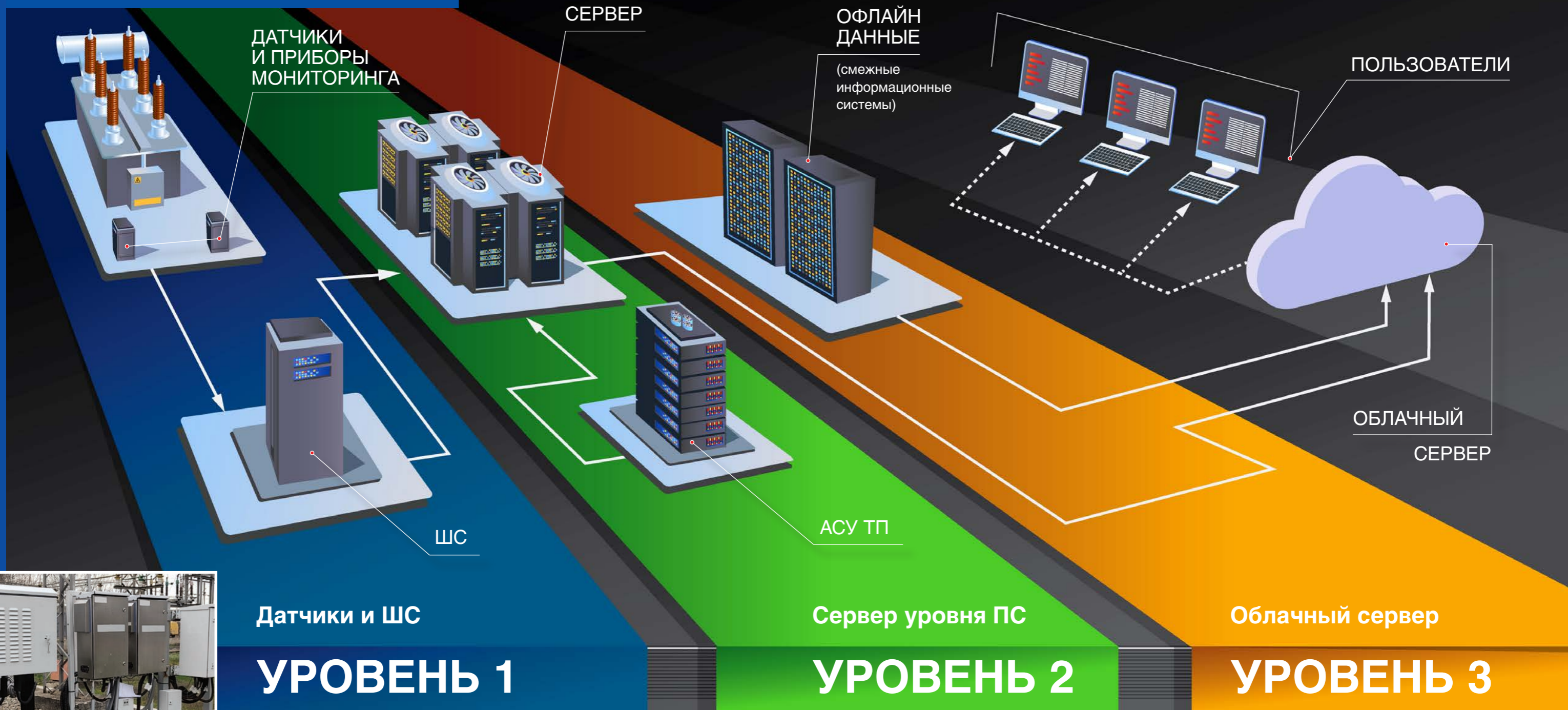
Прогнозирование по каждому диагностируемому газу с формированием оценки типа развивающегося дефекта

### Результаты АРГ важнейшие из группы параметров, составляющих ИТС, измеряемых в онлайн



## Организационная схема

### АСМД «ЗВЕЗДА»



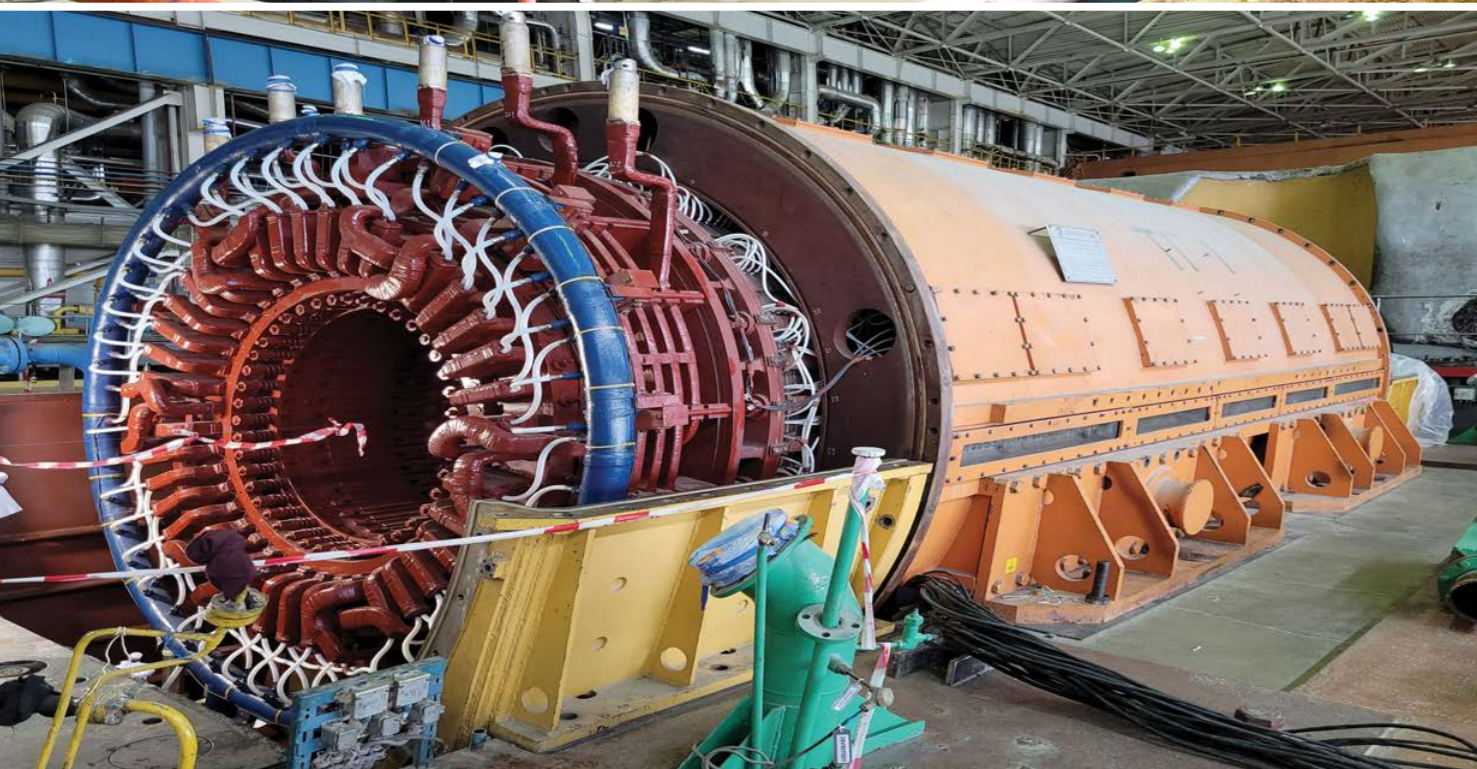
В АСМД «Звезда» акцент сделан на точности, в отличие от АСМД, которые строятся на индикаторной технике

#### ОПИСАНИЕ АСМД «ЗВЕЗДА»

Характеристики шкафа сбора (ШС) данных.

(Уровень 1)

- Номинальное напряжение: 220 А СС
- Потребляемая мощность: не более 2,2 кВт
- Диапазон рабочих температур: от -60 до +50 °С
- Габаритные размеры: 600\*600\*210 мм
- Степень защиты: IP66
- Масса: Не более 40 кг



## О Компании

**Научно-внедренческое объединение «БО-ЭНЕРГО»** — одно из ведущих предприятий России, специализирующееся на разработке и внедрении инновационных решений в области мониторинга и диагностики технического состояния оборудования подстанций, турбогенераторов, электродвигателей для ведущих компаний топливно-энергетического комплекса России

**«БО-ЭНЕРГО» осуществляет полный комплекс услуг по внедрению диагностического электрооборудования на объект**

- Разработка основных технических решений;
- Разработка разделов проектной документации в части устанавливаемого оборудования;
- Получение технических согласований в государственных органах;
- Разработка разделов рабочей документации в части устанавливаемого оборудования;
- Поставка оборудования, комплектующих и программного обеспечения систем мониторинга и диагностики высоковольтного оборудования;
- Проведение СМР и ПНР на строящихся объектах и объектах технического перевооружения и реконструкции в рамках устанавливаемого оборудования (как самостоятельно, так и с привлечением субподрядных организаций);
- Проведение обучения обслуживающего персонала;
- Оказание услуг по шеф-монтажу и наладке поставляемого оборудования.

«БО-ЭНЕРГО» является активным членом научного и экспертного сообщества и участвует в мероприятиях СИГРЭ в России в качестве соорганизатора и технического партнера, участвует в разработке отраслевых стандартов, реализовал и ведет ряд научно-исследовательских проектов по заказу крупнейших российских топливно-энергетических компаний.



# БО-ЭНЕРГО

## системы мониторинга

### Авторские права

Система мониторинга, диагностирования и управления техническим состоянием силовых трансформаторов «ЗВЕЗДА» является запатентованным изобретением.

### Патент № 2791597



### Собственные разработки

### Аппаратные комплексы

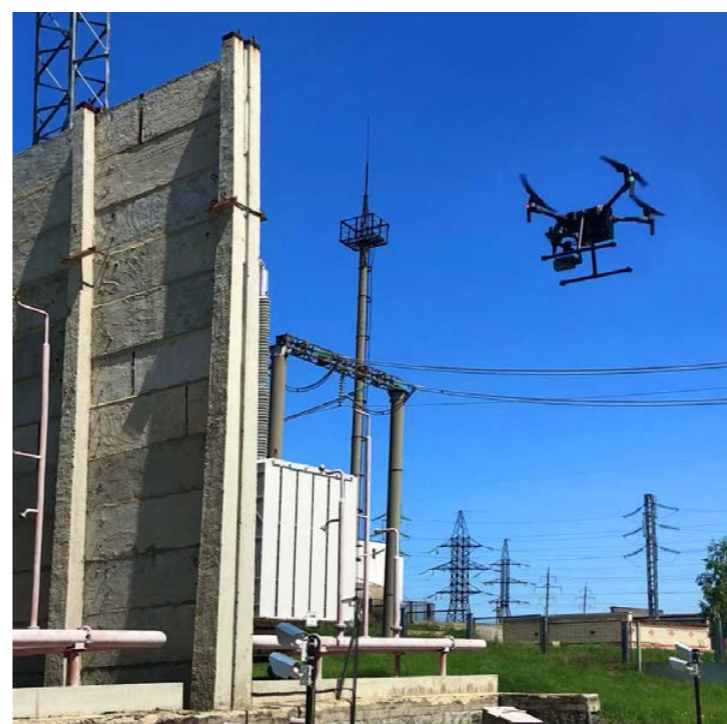
# CHROME

- Оборудование для мониторинга частичных разрядов вращающихся машин в соответствии с ГОСТ IEC/TS 60034-27-2-2015 (IEC TS 60034-27-2:2012).

### Системы визуального осмотра подстанций

## ПТК автоматизированного визуального осмотра и наблюдения за состоянием оборудования ПС

- Программно-технический комплекс с функцией распознавания для прогнозирования технологических нарушений.



## ПТК автоматизированного визуального осмотра и наблюдения ПС при помощи БПЛА

- Программно-технический комплекс для сбора данных для прогнозирования технологических нарушений.

# Опыт



● Проектирование и внедрение комплексных систем мониторинга состояния силовых трансформаторов.



● Опыт установки газоанализатора в экстремальных условиях (до -35°C при установке, до -50°C при эксплуатации) с дистанционным мониторингом через 3G.



● Многолетний опыт реализации проектов оснащения трансформаторов 110-750 кВ стационарными системами DGA.



● Инжиниринг и интеграция АСМД силовых трансформаторов и КРУЭ по протоколу МЭК 61850.



● Мобильный (переносной) комплекс контроля и технической диагностики силовых трансформаторов.



● Комплексное восстановление АСМД Московского энергетического кольца МЭС Центра и объединение в единую сеть с выводом на уровни ПМЭС, МЭС, ИА, САЦ – 33 единицы силового трансформаторного оборудования на 4 ПС 500 кВ.





**БО-ЭНЕРГО**  
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

[www.bo-energo.ru](http://www.bo-energo.ru)

[energo@bo-energo.ru](mailto:energo@bo-energo.ru)

+7 (495) 739-42-50