ТСН ЭЛЕКТРО
603108, Россия, г. Нижний Новгород
ул. Электровозная, д. 7А
Тел./факс: +7 (831) 275-88-89
E-mail: info@tcn-nn.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ КТП «КАСКАД»

КРЮКОВ ОЛЕГ ВИКТОРОВИЧ, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Структура концепции Интеллектуальной электроэнергетики

Технология Smart Grid трактуется сегодня как концепция инновационного преобразования электроэнергетики, включая малую энергетику, которая **оптимизирует энергозатраты, позволяя рационально распределять электроэнергию.**

Интеллектуальность подстанций

Критерии цифровой ПС

• наблюдаемость параметров и режима работы силового оборудования и вторичных систем.

• управляемость всеми технологическими процессами в режиме реального времени посредством цифровых систем связи и оборудования, обеспечивающего поддержку протоколов, утвержденных стандартами МЭК.

• самодиагностика всех силовых аппаратов и вторичных систем.

• цифровой обмен данными между всеми технологическими системами.

• интеллектуальное, адаптивное управление режимом работы силового оборудования и вторичных систем с учетом режимов работы прилегающей электрической сети и внутренних технологических процессов.

Вопросы, решаемые цифровой ПС

•Унификация информационных протоколов обмена данными.
•Обеспечение способности к взаимодействию устройств.
•Сокращение кабельного хозяйства вследствие применения необслуживаемых волоконно-оптических соединений.

•Обеспечение наблюдаемости каналов сбора, передачи информации и управления.
•Снижение метрологических потерь во вторичных цепях.
•Упрощение способов тиражирования первичной информации.

•Применение устройств с обновляемым программным обеспечением.
•Унификация механизмов конфигурирования подстанции.
•Формирование единой системы диагностики. Переход к выполнению удаленной диагностике.
•Переход к необслуживаемым подстанциям.

Основные преимущества и недостатки ЦПС

Экономические

- Автоматическое управление подстанцией без участия оперативного персонала с АРМ диспетчера – снижение затрат на обслуживание до 35 %
- Сокращение длительности перерывов в электроснабжении потребителей в аварийных режимах работы – уменьшение недоотпуска электрической энергии
- Увеличение точности измерений (особенно при токах менее 10-15 % Iн) и увеличение благодаря этому точности учета электроэнергии и точности определения мест повреждения
- Уменьшение потребления по цепям переменного тока и напряжения (в результате применения оптических ТТ и ТН)
- Самодиагностика и дистанционная диагностика оборудования ремонт по фактическому состоянию, снижение затрат на обслуживание
- Упрощение вторичных соединений (применение волоконно-оптических кабелей) снижение затрат на обслуживание, упрощение вопроса электромагнитной совместимости

Технологические

- Типизация и автоматизация проектных решений –снижение времени на проектирование.
- Поставка оборудования в полной заводской готовности – снижение времени на СМР и ПНР
- Отсутствие электрической связи между первичным и вторичным оборудованием – повышение безопасности
- Сокращение возможности появления дефектов типа «земля в сети постоянного тока» (сокращение размерности СОПТ ввиду использования цифровых оптических связей).
- Исключение ошибочных действий персонала, производящих оперативные переключения на ПС - уменьшение травматизма
- Видеоконтроль операций на подстанции - обеспечение безопасности
- Обеспечение контроля всех действий на подстанции в журнале событий

Недостатки

- Отсутствие единой НТД на проектирование
- Вопросы информационной безопасности
- Производители применяют собственные профили сигналы диагностики по 618508.1, которые требуют адаптации

Расширение функциональных возможностей

Низковольтные комплектные устройства распределения и управления НКУ «КАСКАД»

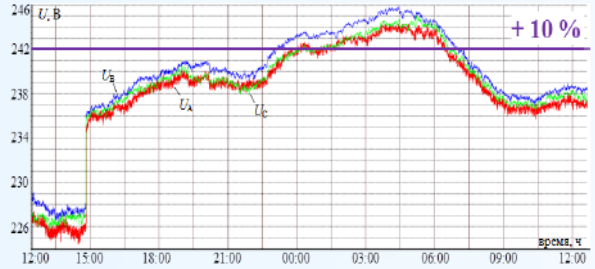
Сетевые возможности систем электроснабжения

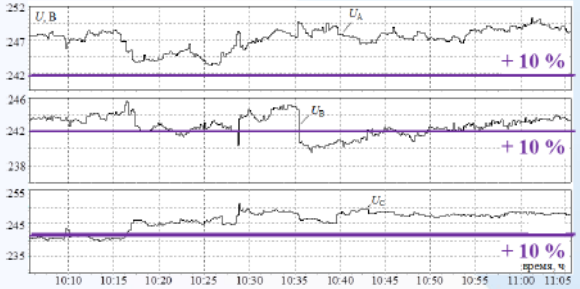
Потребительские возможности – решение проблем Заказчика

Внутренние сервисные возможности электрооборудования

Актуальность интеллектуализации СЭС

ПРОБЛЕМА: Низкое качество электроснабжения потребителей 0,4 кВ





- Государственная программа РФ «Энергоэффективность и развитие энергетики», 2015 г.
- Федеральный закон «Об электроэнергетике» №-35-ФЗ, 2012 г.
- Стратегия развития электросетевого комплекса РФ, 2013 г.

- Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью, 2012 г.
- Положение ОАО «Россети» о единой технической политике, 2013 г.
- Проект «Энергетической стратегии России до 2035 года», 2016 г.

Требования

Обеспечение надежного, качественного и экономически обоснованного снабжения потребителей электроэнергией

Инструменты

1. Внедрение управляемых электрических сетей нового поколения.
2. Внедрение источников распределенной генерации.

Создание РЭС среднего и низкого напряжений с автоматизированными узлами регулирования напряжения и потоков мощности

Решение:

Цифровая трансформаторная подстанция (ЦТП) с ТРНМ

Классы средств регулирования в рамках Smart Grid

Технологии Smart Grid в электрических сетях 0,4-20 кВ

Технологии D-FACTS

- Энергоэффективные силовые трансформаторы
- Устройства регулирования потоков мощности
- Автоматизированные трансформаторные подстанции с цифровым программным управлением
- Твердотельные регуляторы напряжения
- Устройства продольно-поперечной компенсации

Micro Grid

- Накопители электрической энергии
- Генерирующие установки на основе возобновляемых источников энергии (в том числе комбинированные)
- Устройства сопряжения разнородных источников энергии
- Виртуальные электростанции
- Система SCADA, EMS, DMS, Web-технологии, биллинговая система

Информационный уровень

Энергетический уровень

Классификация средств регулирования

Цифровая подстанция 10/0,4 кВ с ТРН

Технические характеристики

1 КТ-400/10

Диапазон регулирования напряжения:	±5 %
Время отклика на внешнее возмущение:	20 мс
Время срабатывания защиты:	20 мс
КПД, (не менее):	92 %
Способ регулирования напряжения:	дискретный импульсно-фазовый

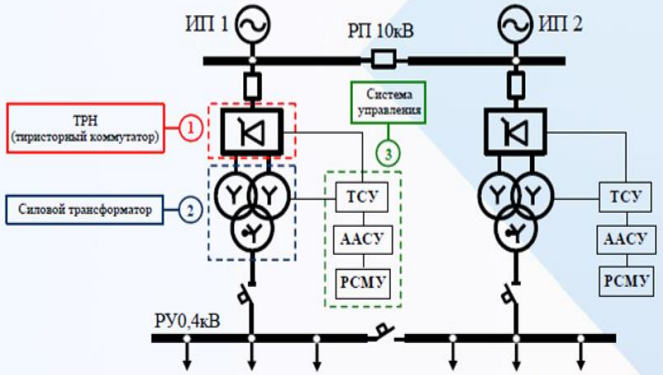
2 ТСЗН-400/10

Номинальная мощность:	$S_{ном} = 400$ кВ·А;
Номинальное напряжение ВН:	$U_{ВН} = 10{,}5$ кВ;
Номинальное напряжение НН:	$U_{НН} = 0{,}4$ кВ;
Потери холостого хода:	$\Delta P_х = 0{,}96$ кВт;
Потери короткого замыкания:	$\Delta P_к = 4{,}31$ кВт;
Напряжение КЗ:	$U_{к,\%} = 5{,}4$ %;
Ток холостого хода:	$I_х = 1{,}8$ %;
Схема соединения обмоток:	Y-Y/$Y_н$

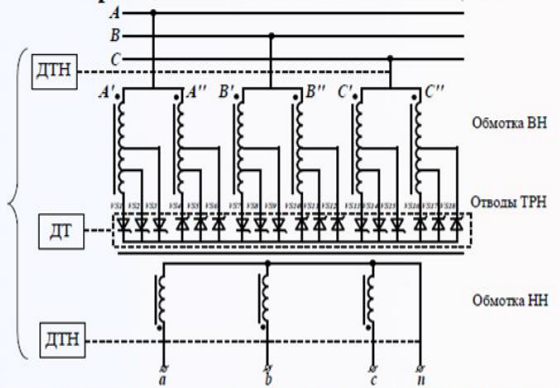
3 Система управления

- ✓ **ТСУ** – технологическая система управления;
- ✓ **ААСУ** – активно-адаптивная система управления;
- ✓ **РСМУ** – распределенная система мониторинга и управления

Однолинейная схема

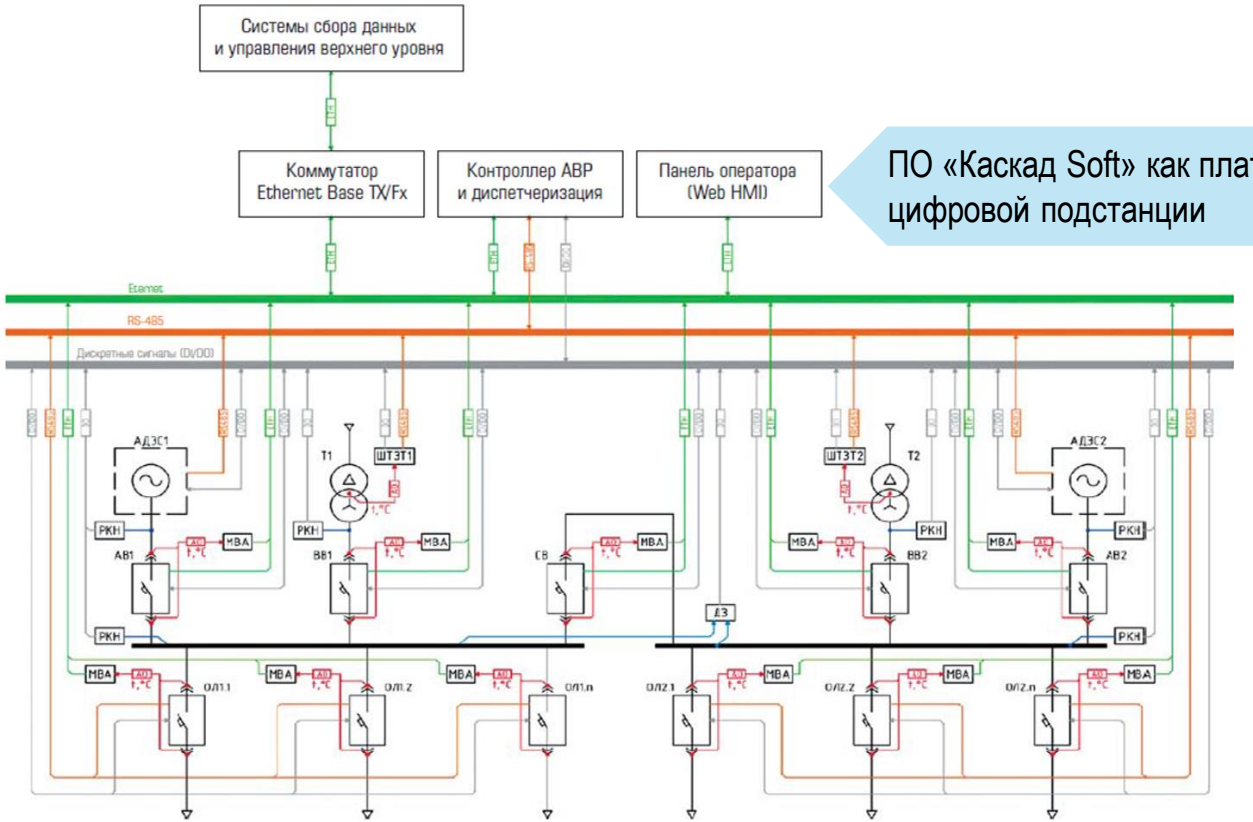


Принципиальная схема ТРНМ ЦТП



ДТ - датчик тока ДТН - датчик тока и напряжения

Системы диспетчеризации НКУ «Каскад»



ПО «Каскад Soft» как платформа цифровой подстанции

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021662359

Программное обеспечение «Каскад Soft» для систем автоматического ввода резерва на базе программируемых логических контроллеров и автоматических выключателей

Правообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью «ТСН-электро» (RU)*

Авторы: *Кононенко Андрей Борисович (RU), Косоротов Андрей Александрович (RU), Крюков Олег Викторович (RU)*

Заявка № 2021661554

Дата поступления 21 июля 2021 г.

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 27 июля 2021 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

ПО «Каскад Soft» как платформа цифровой подстанции

Каскад Soft

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021662359

Программное обеспечение «Каскад Soft» для систем автоматического ввода резерва на базе программируемых логических контроллеров и автоматических выключателей

Правообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью «ТСН-электро» (RU)*

Авторы: *Кононенко Андрей Борисович (RU), Косоротов Андрей Александрович (RU), Крюков Олег Викторович (RU)*

Заявка № 2021661554
Дата поступления 21 июля 2021 г.
Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 27 июля 2021 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

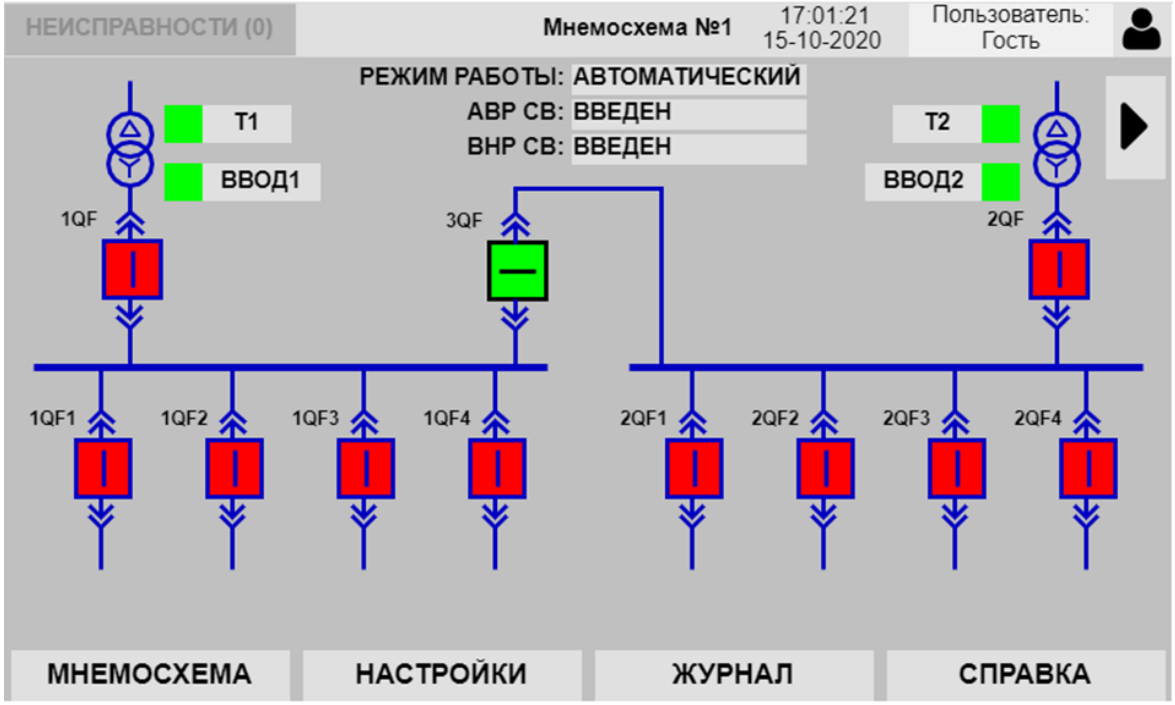
- Применение единой среды для разработки системы автоматизации позволяет легко переносить программные модули между платформами программируемых контроллеров разных производителей – **это ускоряет миграцию решений между ними, что позволяет разработать и внедрить систему, отвечающую всем требованиям клиента.**
- Широкие коммуникационные возможности позволяют **интегрировать АСУ в системы верхнего уровня по различным протоколам связи.**

Каскад Soft - универсальное, мультибрендовое, гибкое к будущим изменениям ПО

- при разработке можно реализовать требуемые алгоритмы системы АВР под различные схемы электроснабжения
- в любое время можно осуществить перенастройку или расширение системы автоматизации, дополнив необходимыми функциями.

Визуализация данных HMI средствами веб-технологий

Техническое состояние электрооборудования наглядно отображается на мнемосхеме



При этом можно отслеживать состояние и положение коммутационных аппаратов РУ, трансформаторов (температура и срабатывание защиты), наличие нормального напряжения на вводах и секциях.

Визуализация доступна как с панели оператора и на самом РУ, так и удаленно на ПК с любым веб-браузером.

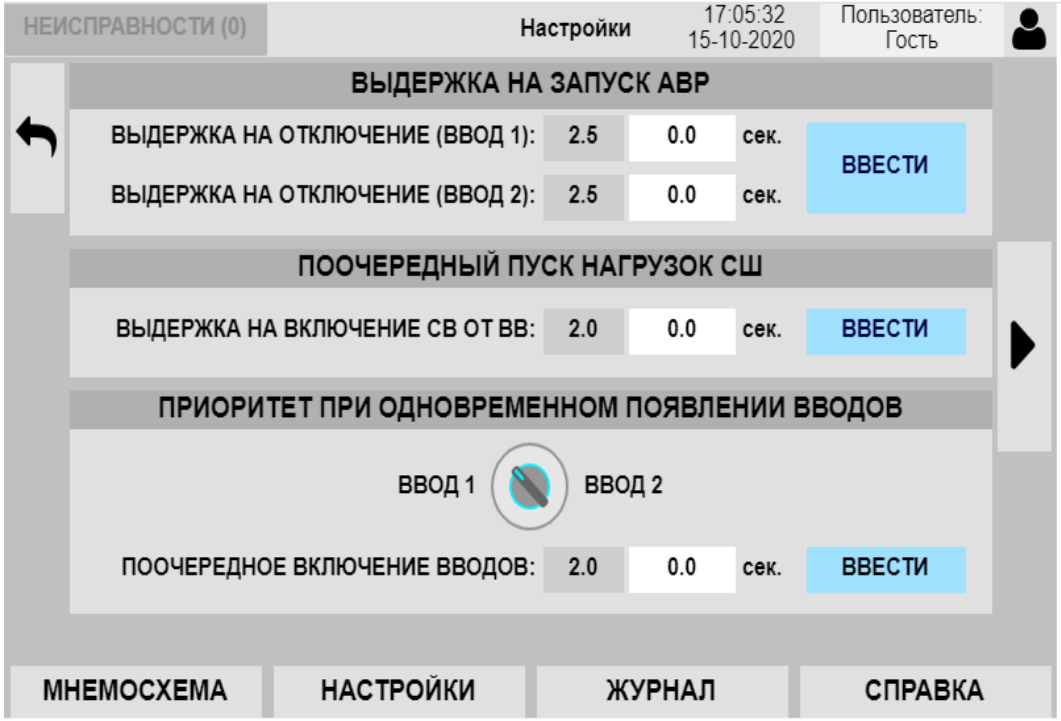
Это позволяет оптимизировать процесс эксплуатации высококвалифицированным инженерным составом.

Реализация алгоритмов системы АВР под существующие СЭС

ТСН ЭЛЕКТРО

Корректировка алгоритмов работы под конкретные нужды эксплуатационного персонала с минимальными временными затратами

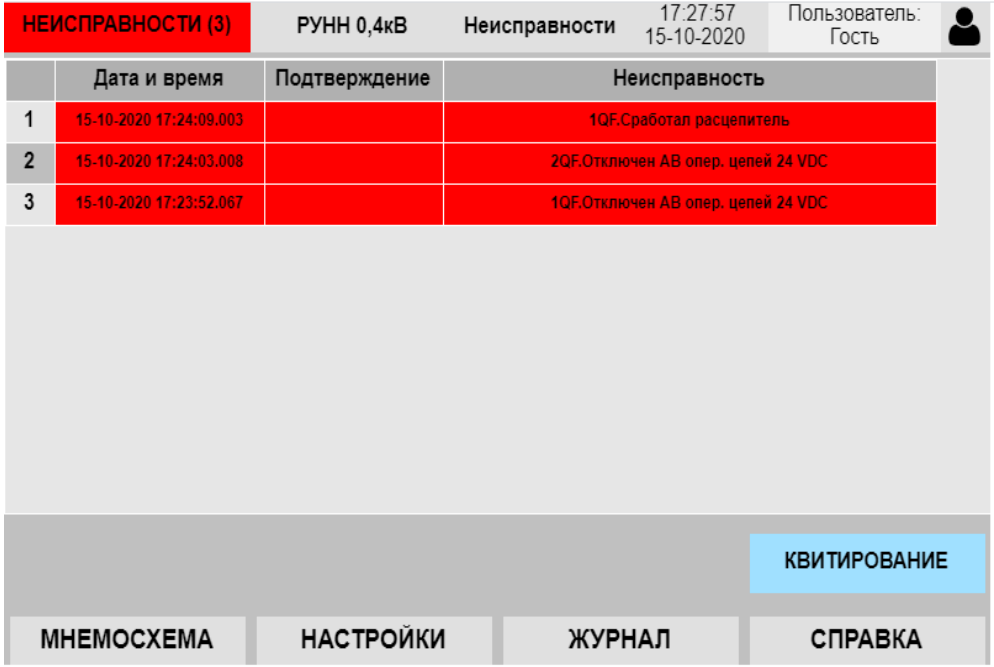
- Проработаны и проверены на практике алгоритмы, которые учитывают самые различные ситуации и схемы как АВР так и автоматического возврата нормального режима.
- Гибкие настройки позволяют адаптировать ПО контроллера АВР посредством установки режимов подключения, отключения и переключения основных и резервных вводов, режимов пуска и останова АДЭС, приоритетов вводов, а также определения реакции блока АВР на выявление неисправностей.



Контроль температуры контактных соединений

Система диагностики КТП «Каскад» может комплектоваться датчиками температуры, которые устанавливаются в контактных соединениях коммутационных аппаратов, с целью диагностики их состояния. Датчики подключаются к контроллеру системы диагностики посредством аналоговых модулей ввода-вывода.

Контроллер оценивает абсолютное значение и динамику изменения температуры, и в случае превышения критических параметров, рассчитывает время до отключения.



По истечении данного времени происходит отключение автоматического выключателя, для его защиты от теплового повреждения, а также недопущения пожара в шкафу РУ.

Журналы текущих неисправностей и журнал событий

Контроллер системы диагностики отслеживает и записывает во внутреннюю энергонезависимую память все события связанные с изменением состояния электрооборудования, настроек системы, сменой пользователя.

Каждому событию присваивается метка времени с точностью привязанной ко времени скана контроллера. В отличие от журналов основанных на базе стандартных HMI подобная реализация позволяет с высокой точностью отследить последовательность событий, которые привели к аварийной ситуации.

	Дата и время	Событие
1	15-10-2020 16:58:34.057	СШ1.Напряжение восстановлено
2	15-10-2020 16:58:34.057	1QF.Включен
3	15-10-2020 16:58:34.031	СШ1.Напряжение отсутствует
4	15-10-2020 16:58:34.031	3QF.Отключен
5	15-10-2020 16:58:29.017	ВВ1.Напряжение восстановлено
6	15-10-2020 16:58:06.009	СШ1.Напряжение восстановлено
7	15-10-2020 16:58:06.009	3QF.Включен
8	15-10-2020 16:58:06.009	Сработал АВР СВ
9	15-10-2020 16:58:06.004	1QF.Отключен
10	15-10-2020 16:58:03.008	СШ1.Напряжение отсутствует
11	15-10-2020 16:58:03.008	ВВ1.Напряжение отсутствует
12	15-10-2020 16:55:15.081	АВР СВ введен

Кроме журнала ведется и список текущих неисправностей, которые отображается в табличном виде, с моментом возникновения и квитирования.

Самодиагностика алгоритма АВР и выявление неявных неисправностей. Переназначение входов и выходов контроллера

В некоторых случаях может произойти ситуация при которой, контроллер АВР не выявил явных неисправностей оборудования, однако алгоритм отрабатывает некорректно или не полностью (как бы «зависает» на полпути). Это связано с тем, что на контроллер не приходит сигнал, который в нормальных условиях был.

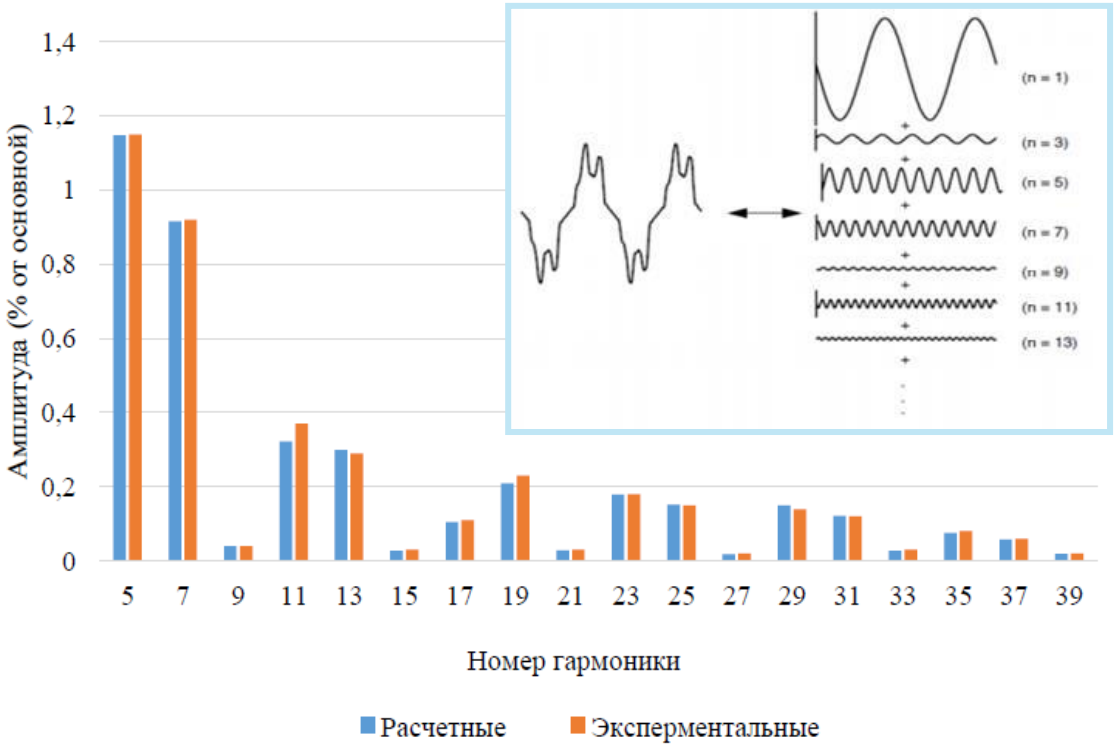
С целью упростить поиск подобных неисправностей для оперативного персонала, **реализована функция «умной» самодиагностики АВР – система подсказывает, каких условий недостаточно для перехода алгоритма на следующий шаг.**

Открыв данную таблицу персоналу прибывшему разобраться в ситуации гораздо легче понять, в чем проблема, что существенно сокращает время на ее поиск и устранение.

Линейчатый спектр высших гармоник составляющих напряжения в точке общего присоединения

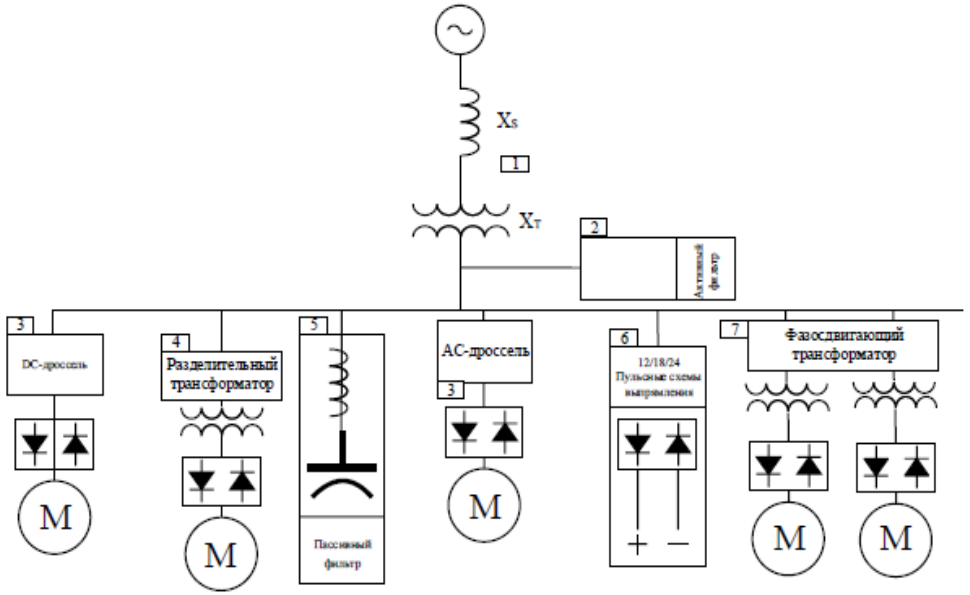
Проблема ЭС связана с применением в установках преобразовательной техники - массовым внедрением ЧРП на объектах нефтегазовой отрасли.

В узлах электрической нагрузки некоторых производств газопереработки доля мощности ЧРП достигает 50 % от общей мощности нагрузки.



Наиболее эффективные методы снижения несинусоидальности тока и напряжения в низковольтной СЭС

1- снижение полного сопротивления системы;
2- активный фильтр (АФ);
3 - AC/DC дросселями;
4 - разделительный трансформатор;
5- пассивный фильтр;
6- ПЧ повышенной пульсности;
7 - трансформаторы с различными группами соединения обмоток и многопульсными схемами выпрямления



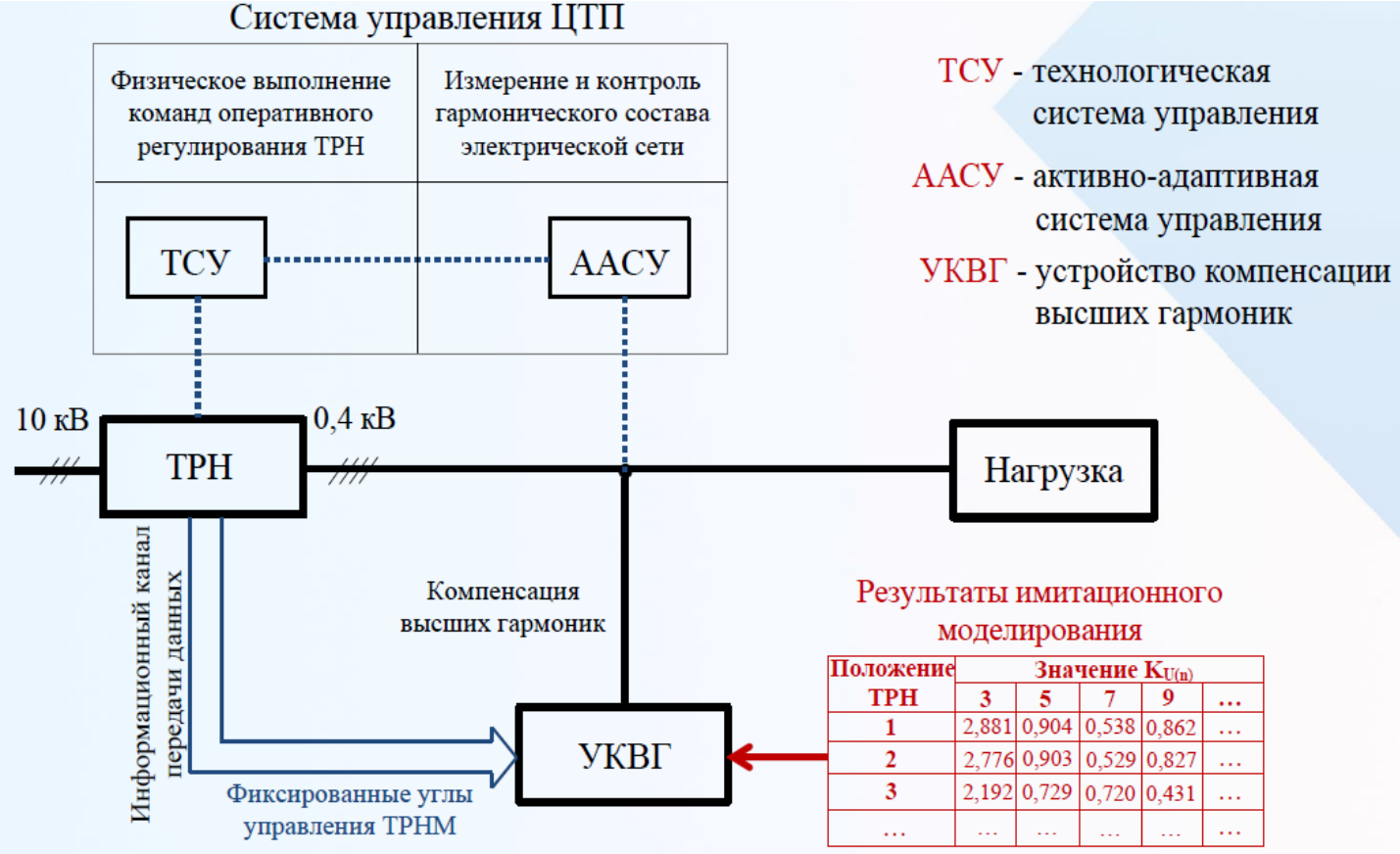
Электромагнитная совместимость

	ВЫСШИЕ ГАРМОНИКИ (канонические) $f = n \cdot f_1, n > 0, n \in \mathbb{Z}$	ИНТЕРГАРМОНИКИ (неканонические) $f = m \cdot f_1, m > 0, m \notin \mathbb{Z}$
Источники	– генерирующее, передающее и распределяющее оборудование (генераторы, трансформаторы и т.д.) – промышленные и бытовые нагрузки с нелинейной ВАХ – оборудование с фазовым управлением (тиристорные коммутаторы)	– потребители, работающие в переходном режиме (поочередная работа вентилей, преобразователей частоты) – асинхронные двигатели, сварочные аппараты, дуговые печи – тиристорные переключающие устройства (когда частота переключений отводов не синхронизирована с частотой сети)
Последствия	– неправильное действие регулирующих устройств – нарушение функций систем телемеханики, телеуправления, телесигнализации и других систем управления – дополнительные потери в конденсаторах и вращающихся машинах – износ изоляции трансформаторов и вращающихся машин – помехи в телефонной связи	– нарушение работы устройств, основанных на измерении моментов перехода напряжения через нуль – помехи в низкочастотных линиях питания управляющих сигналов – помехи в катушках индуктивности – нарушение работы приемников сигналов, передаваемых в электрических сетях – мерцание света (эффект фликера) – перегрузка фильтров высших гармоник
Нормы	ГОСТ 32144-2013, ГОСТ Р 51317.2.4-2000	IEC 61000-2-2; МЭК 61000-4-30:2008.

№ гармоники (n)	3	5	7	9	11	THD
$K_{U(n)}$, %	3	3	3	1,5	3	5

$K_{U(m)}$ не более 0,2% от $U_{ном}$

Способ компенсации высших гармоник при плавно-дискретном регулировании напряжения



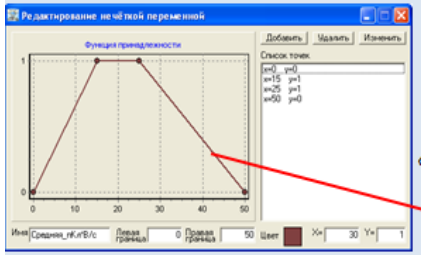
Положение ТРН	Значение $K_{U(n)}$				
	3	5	7	9	…
1	2,881	0,904	0,538	0,862	…
2	2,776	0,903	0,529	0,827	…
3	2,192	0,729	0,720	0,431	…
…	…	…	…	…	…

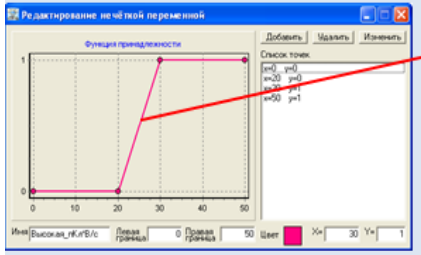
Сравнительная характеристика методов искусственного интеллекта

Метод	Особенности	Недостатки (для решаемой задачи)	Использование при оценке ТС
Нечеткая логика	Распознавание образов, принятие решений	Не могут решать задачи генезиса и прогнозирования технического состояния	Использование совместно с другими методами ИИ на этапе решения задач классификации
Генетические алгоритмы	Универсальная оптимизация	Напрямую не применимы к задачам диагностирования	Использование совместно с другими методами ИИ на этапе настройки параметров систем
Нейронные сети	Типовые элементы, параллельная обработка, аппроксимация, классификация, распознавание образов	От выбора оптимальной структуры НС зависит качестве решения поставленной задачи	Подходят для решения всех типов задач диагностирования

Мониторинг методом нечеткой логики

1. Фаззификация входных переменных



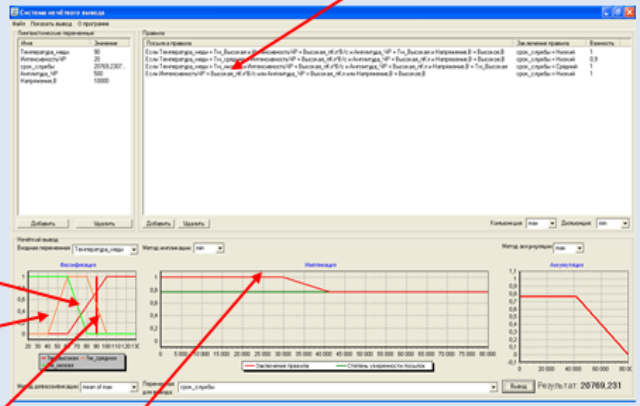


Лингвистическая переменная «Интенсивность ЧР» имеет термы «высокий», «средний», «низкий»

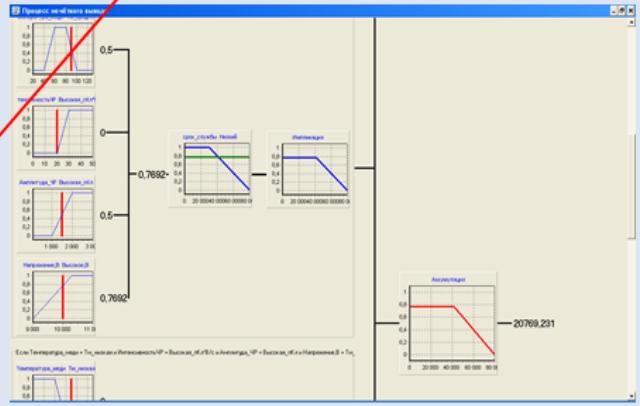
Определение степени уверенности измеренных значений существующим термам

Импликация. Расчет посылок правил на основе законов нечеткой логики

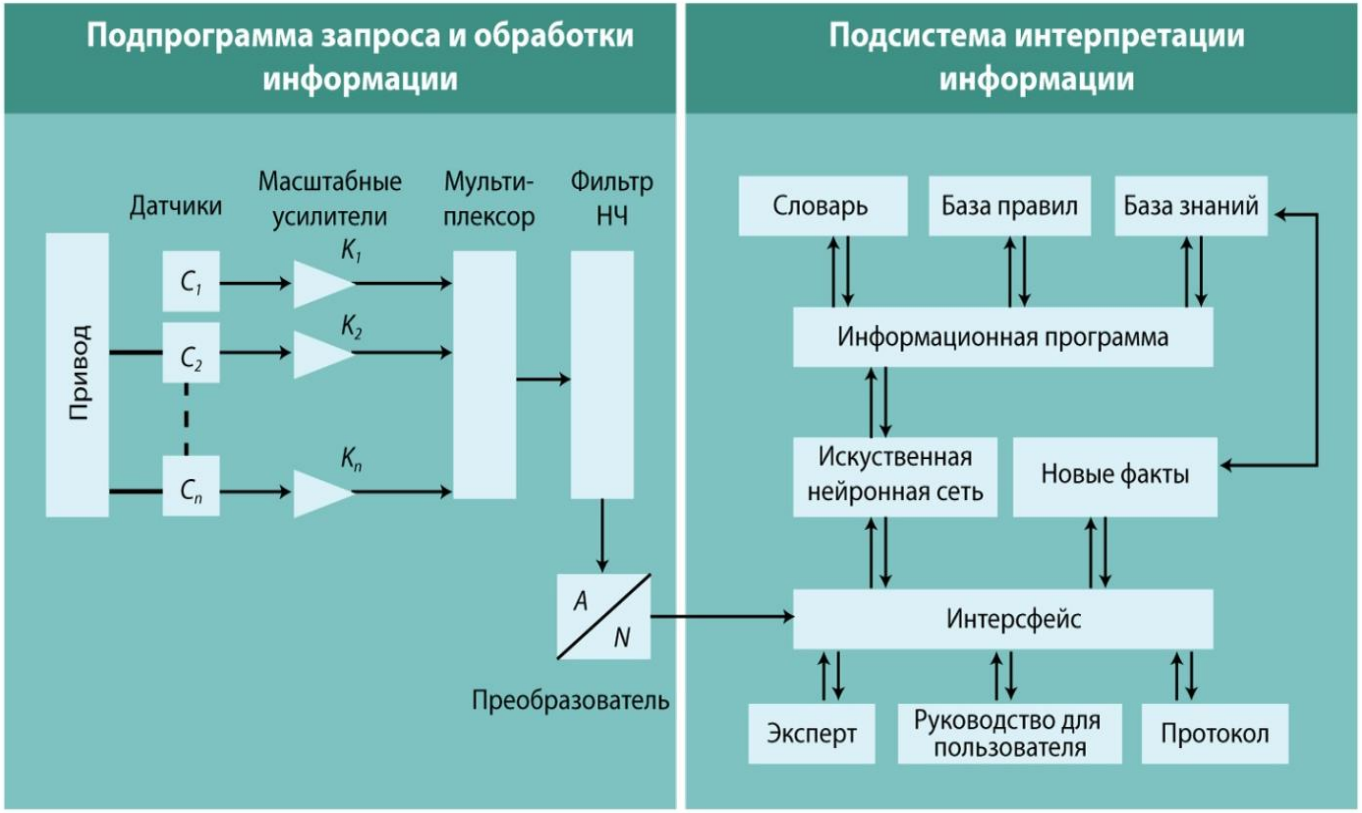
2. Создание нечетких правил (нечеткой базы



3. Построение нечеткой импликации



Архитектура автоматизированной ИНС



Порядок построения нейронной сети

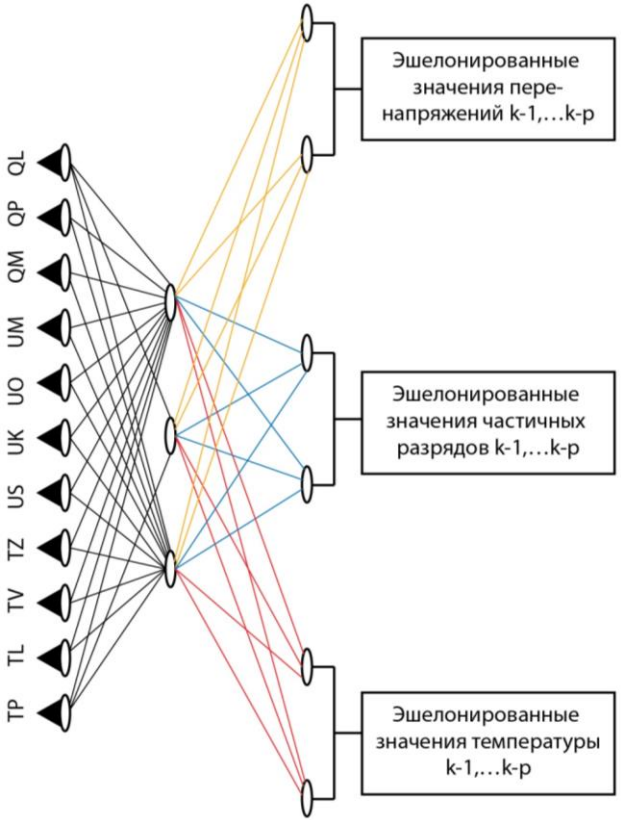
1. Окончательный выбор диагностируемых переменных - наиболее информативных входных переменных.

2. Создание оптимальной конструкции НБЗ - модели, описывающей исправное/неисправное состояние с достаточной информацией о дефектах в режимах.

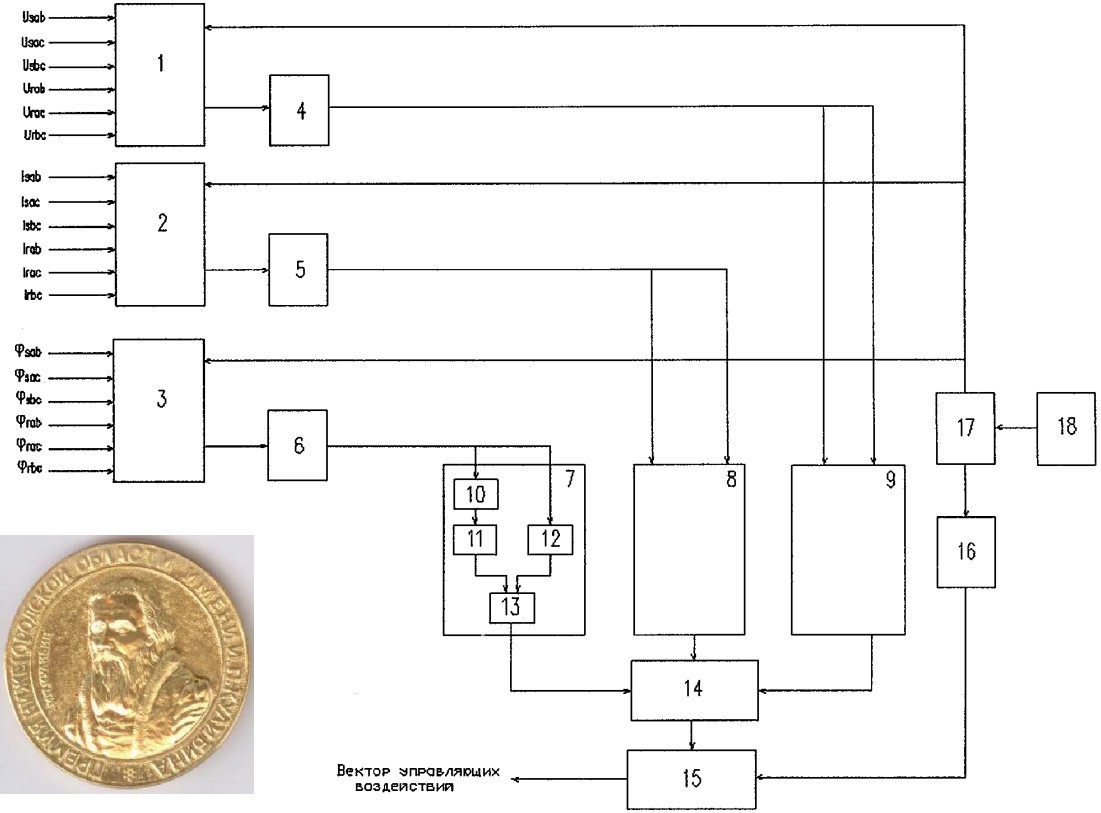
3. Создание и встраивание блока ИНС в ВСМП с многоуровневыми оптимальным алгоритмом своего обучения (выбор из вариантов реализации).

4. Определение тестов селекционированных сетей. При числе используемых входов блока ИНС p = 10 для каждой контролируемой переменной приведены результаты тестирования

№ ИНС	Число нейронов			
	Входной слой	Внутренний слой	Выходной слой	Среднеквадратичная ошибка
1	10	13	11	3,24221 e^{-15}
2	20	8	11	3,71314 e^{-16}
3	30	6	11	3,26580 e^{-17}

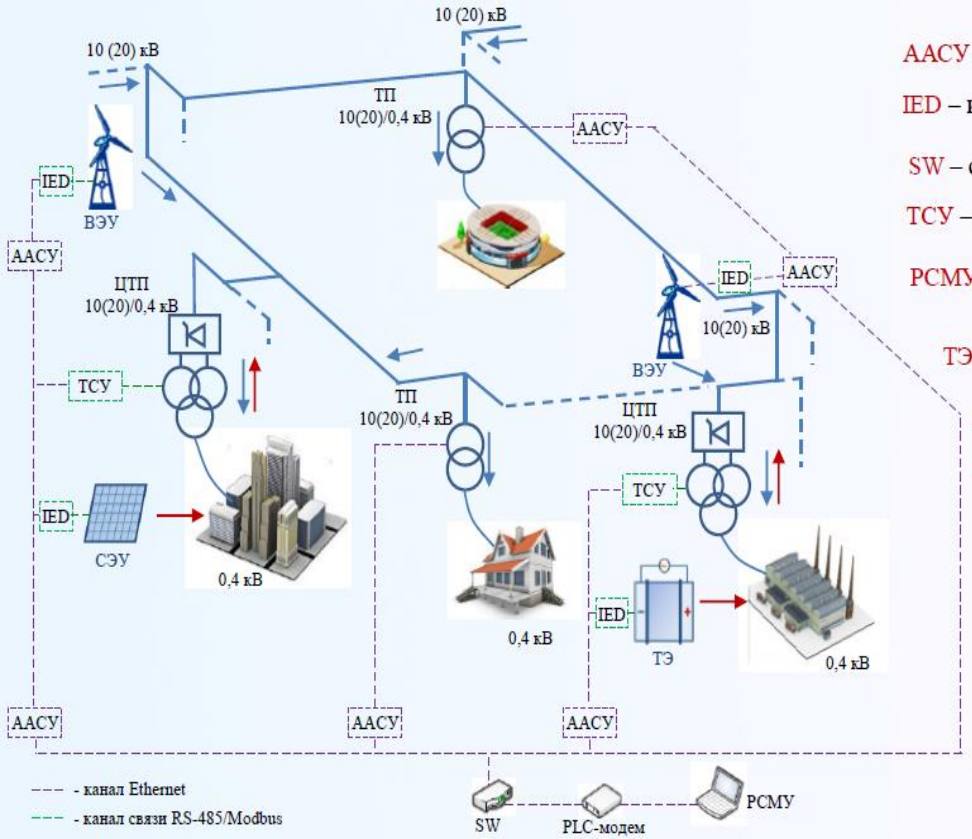


Интеллектуальный датчик прогнозирования технического состояния



1,2 – входные мультиплексоры; 3,4 – блоки выделения; 5,6 - блоки прогнозирования; 7- счетчик; 8 - дешифратор; 9 – ГТИ; 10 - ассоциативная оценка терм-значений; 11- память;12-дефференциатор; 13-оценка скорости изменения; 14- оценка модуля; 15 - оценки терм-значений

Применение ЦТП в составе Интеллектуальной распределенной электрической сети 10(20)/0,4 кВ



ААСУ – активно-адаптивная система управления

IED – интеллектуальное электронное устройство

SW – сетевой информационный коммутатор

ТСУ – технологическая система управления

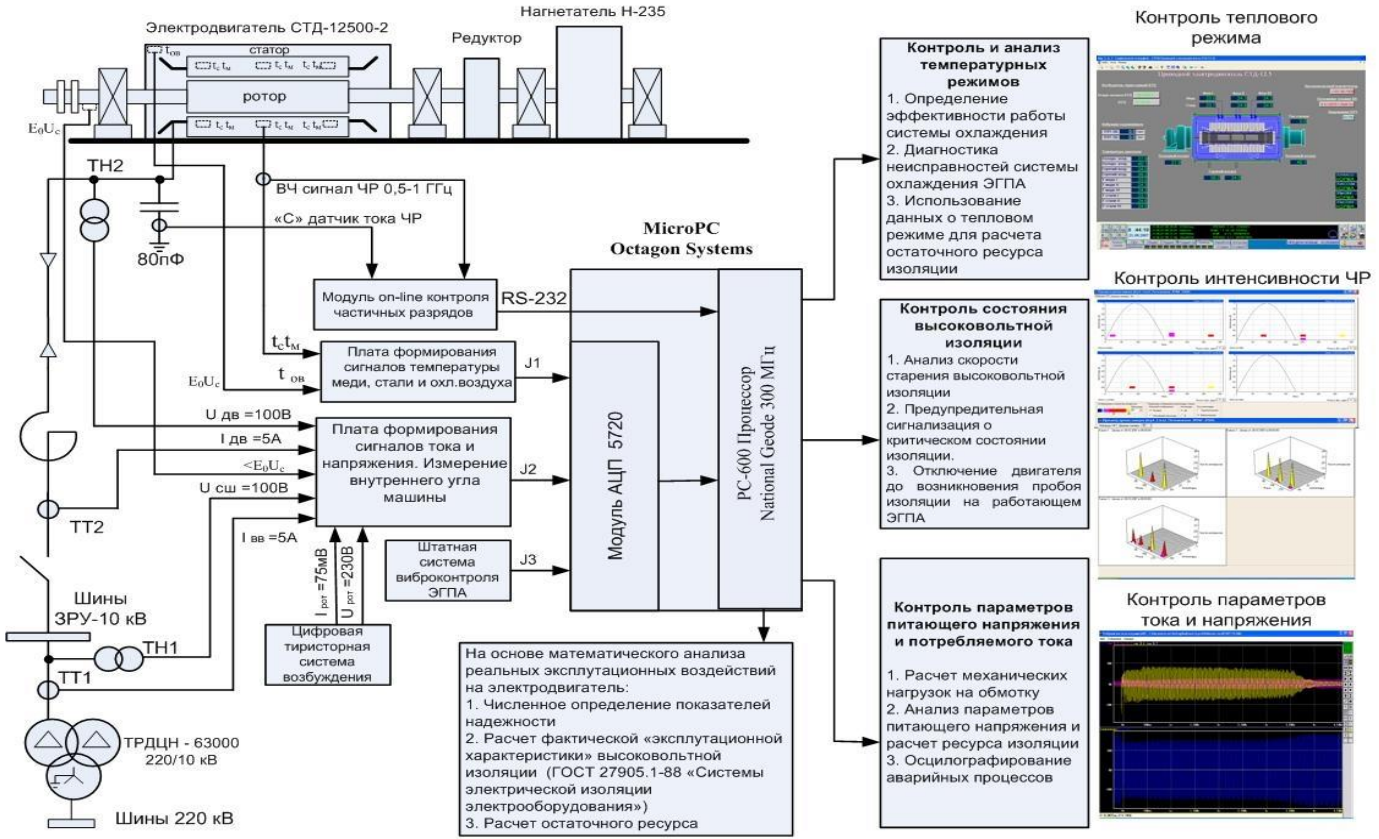
РСМУ – распределенная система мониторинга и управления

ТЭ – установки на основе топливных элементов

ВЭУ – ветровые энергетические установки

СЭУ – солнечные энергетические установки

Система диагностики и прогнозирования состояния ЭГПА



Направления деятельности компании

ТСН ЭЛЕКТРО

20+ лет успешной работы

500+ человек штат сотрудников

10+ штук собственных разработок

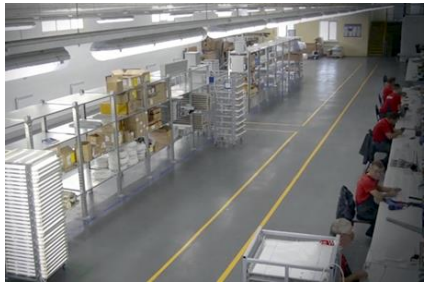
20'000+ объектов введено в эксплуатацию

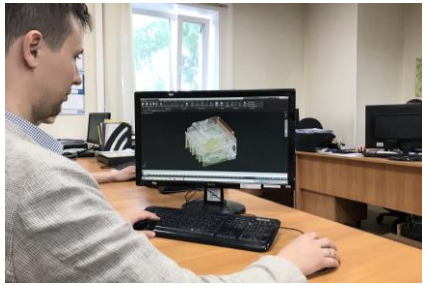
Производство электрооборудования напряжением до 35 кВ

Производство светодиодных светильников LEDeo

Электромонтажные, пуско-наладочные и сервисные работы

Проектирование систем электроснабжения и освещения, АСУ ТП





Компания «ТСН-электро» является генеральным подрядчиком по строительству систем электроснабжения и освещения

Контроль качества изделий на всех этапах производства

Изделия проходят приемо-сдаточные испытания в полном объеме согласно требованиям

Гарантийное и сервисное обслуживание

ТСН ЭЛЕКТРО

Актуальные и экономически выгодные решения

Комплектные трансформаторные подстанции

Распределительные устройства высокого напряжения

Распределительные устройства низкого напряжения

Оборудование, сконструированное на собственной системе решений «Каскад»:

- отвечает всем современным требованиям и тенденциям
- сертифицировано и апробировано в отраслях
- мультибрендовое - комплектация под индивидуальные, особые требования клиента
- имеет возможность для будущего расширения и ремонтопригодно

Промышленные партнеры компании - ведущие мировые производителей электротехнической продукции. Партнерство с данными компаниями позволяет удовлетворить любые требования клиентов

Schneider Electric

SIEMENS

КЭАЗ ОСНОВАН В 1945

legrand

HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD.

ABB

Преимущества компании

ТСН ЭЛЕКТРО

Опыт	Опыт работы более 20 лет
Производство	Полный цикл производства на собственных производственных мощностях, которые постоянно расширяются
	Использование передовых новаторских технологий
	Обширная география поставок
Продукция	Опыт работы в качестве генерального подрядчика сложных объектов
	Апробирование решений и продукции во всех ключевых отраслях промышленности
	Признание ведущими мировыми производителями электротехнической продукции
Услуги	Полный комплекс энергоуслуг: проектирование, монтаж, шефмонтаж, ПНР, лаборатория, сервис

Спасибо за внимание!

ТСН ЭЛЕКТРО
603108, Россия, г. Нижний Новгород
ул. Электровозная, д. 7А
Тел./факс: +7 (831) 275-88-89
E-mail: info@tcn-nn.ru