



Москва, 29 сентября - 1 октября



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА  
**РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ 2021**

**Развитие РЗА в эпоху цифровизации: цели, задачи, решения**

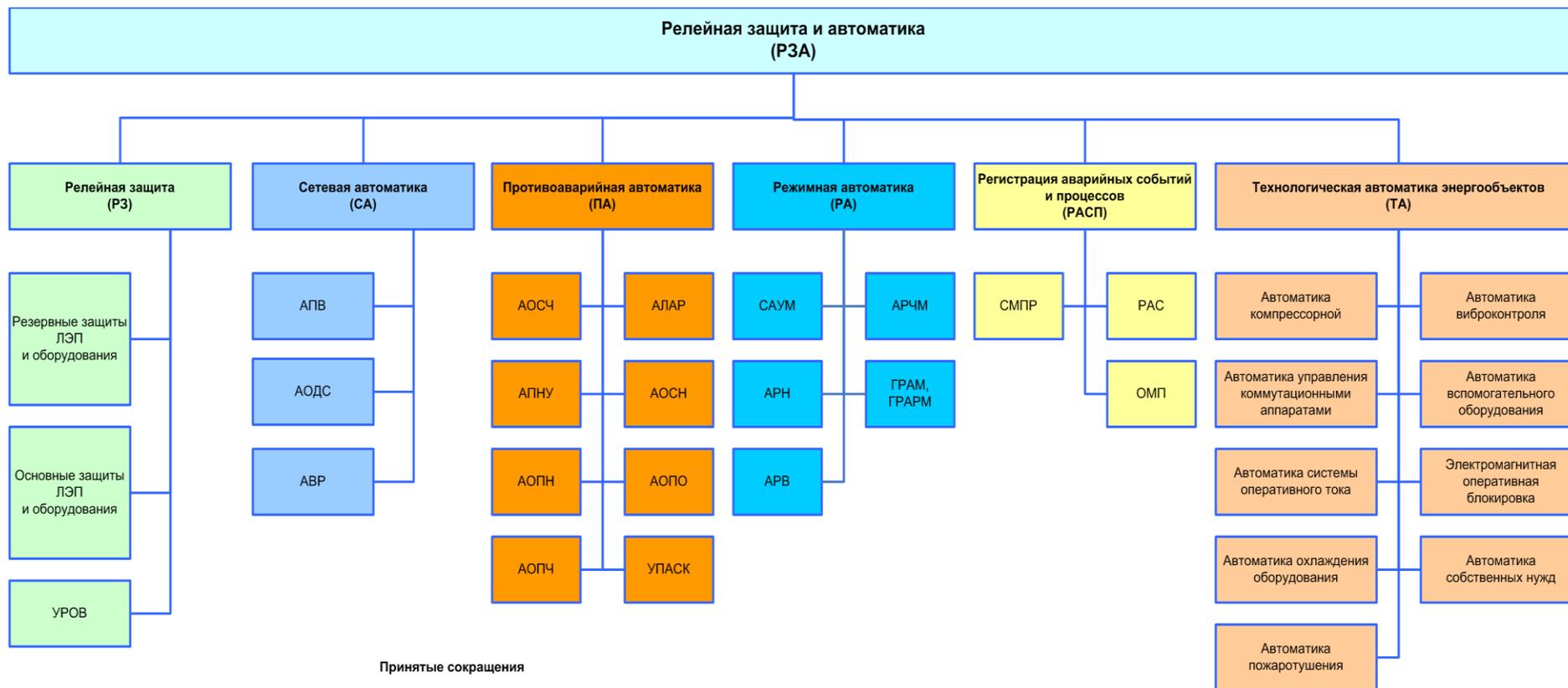
**Жуков Андрей Васильевич**

**АО «СО ЕЭС», НИК В5 РНК СИГРЭ**

**Россия**



## Классификация релейной защиты и автоматики (РЗА)



### Принятые сокращения

- АПВ • Автоматическое повторное включение
- АВР • Автоматическое включение резерва
- АЛАР • Автоматика ликвидации асинхронного режима
- АОДС • Автоматика опережающего деления сети
- АОПН • Автоматика ограничения повышения напряжения
- АОПЧ • Автоматика ограничения повышения частоты
- АОСН • Автоматика ограничения снижения напряжения
- АОСЧ • Автоматика ограничения снижения частоты
- АПНУ • Автоматика предотвращения нарушения устойчивости
- АРН • Автоматика регулирования напряжения

- АРВ • Автоматическое регулирование возбуждения
- АРЧМ • Автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности
- ГРАМ • Групповой регулятор активной мощности
- ГРАРМ • Групповой регулятор активной и реактивной мощности
- ОМП • Определение места повреждения
- РАС • Регистратор аварийных событий
- САУМ • Система автоматического управления мощностью энергоблоков
- СМПР • Система мониторинга переходного режима
- УПАСК • Устройство передачи аварийных сигналов и команд

ГОСТ Р 55438-2013



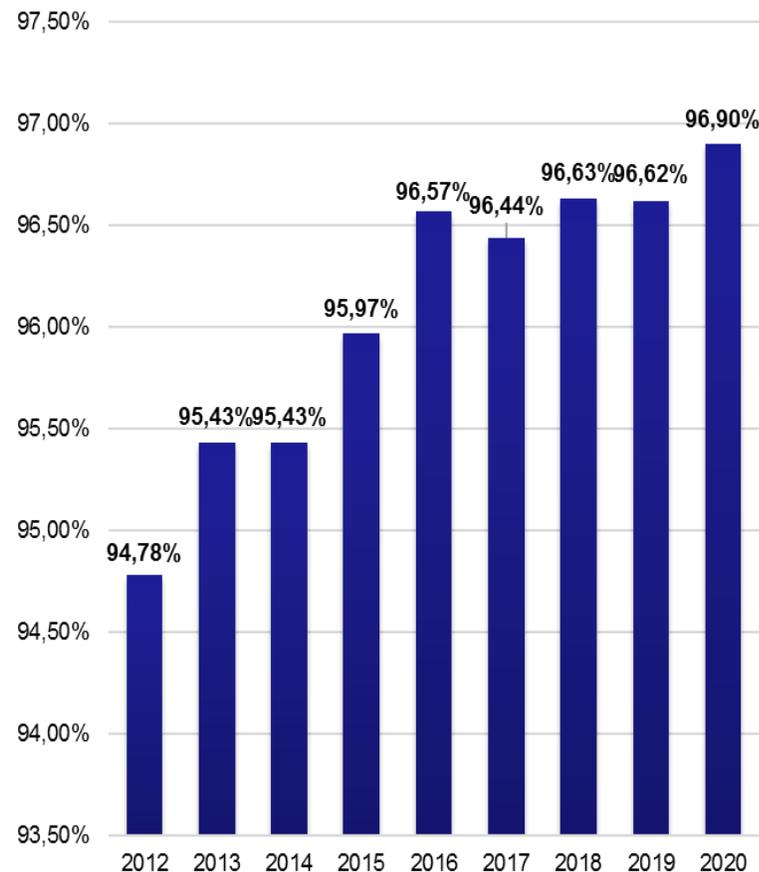
## Вопросы эксплуатации. Состояние комплексов РЗА сети 110-750 кВ ЕЭС России



### Аппаратное исполнение устройств РЗА

| ВИД ИСПОЛНЕНИЯ |         | на 01.01.2009 |         | на 01.01.2018 |         | на 01.01.2021 |         |
|----------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|---------------|---------|
|                |         | 110-220       | 330-750 | 110-220       | 330-750 | 110-220       | 330-750 |
| Эл.мех         | РЗ и СА | 86%           | 74%     | 68%           | 42%     | 65%           | 39%     |
|                | ПА      | 46%           | 53%     | 29%           | 23%     | 19%           | 17%     |
| МЭ             | РЗ и СА | 8%            | 11%     | 4%            | 9%      | 4%            | 8%      |
|                | ПА      | 36%           | 23%     | 10%           | 12%     | 11%           | 8%      |
| МП             | РЗ и СА | 6%            | 15%     | 28%           | 49%     | 31%           | 53%     |
|                | ПА      | 18%           | 24%     | 61%           | 65%     | 71%           | 74%     |

### Оценка правильной работы устройств РЗА



### Организационные причины неправильной работы устройств РЗА в 2020 году

Неправильная работа устройств РЗА, связанная с человеческим фактором, составляет **64%** от общего количества неправильных действий устройств РЗА:

- 33% - ошибки, связанные с недостатками эксплуатации и технического обслуживания;
- 11% - ошибочные (неправильные) действия персонала;
- 5% - ошибок при выполнении переключения с устройствами РЗА;
- 10% - ошибки в конструкции, изготовлении;
- 5% - дефекты (недостатки) монтажа.

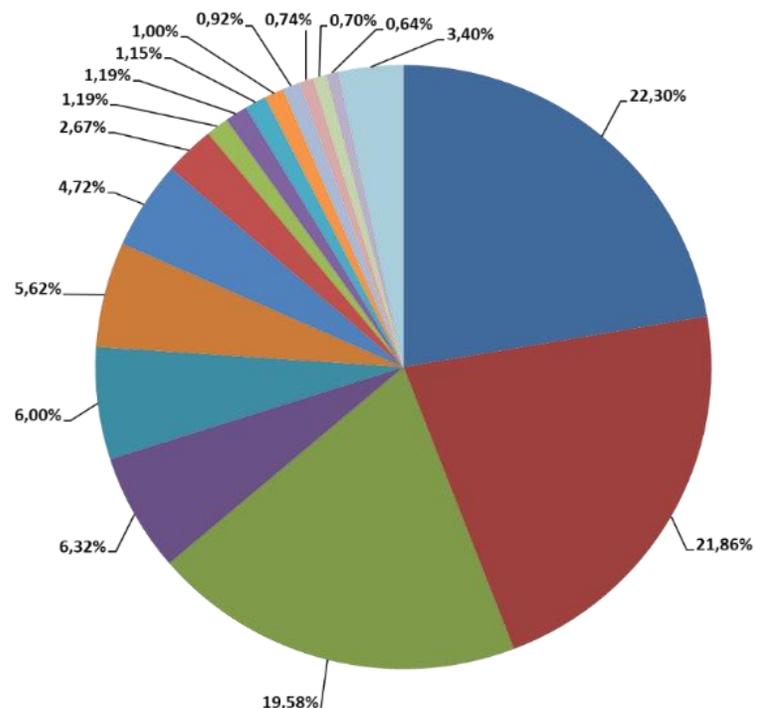
### Технические причины неправильной работы устройств РЗА в 2020 году

Наиболее часто неправильная работа устройств РЗА происходила вследствие:

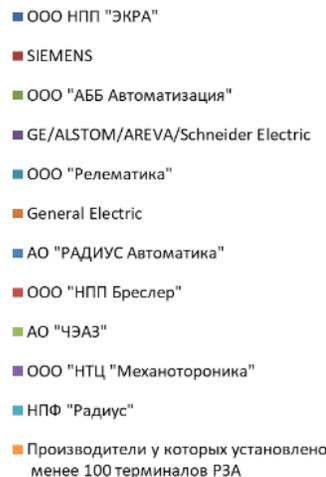
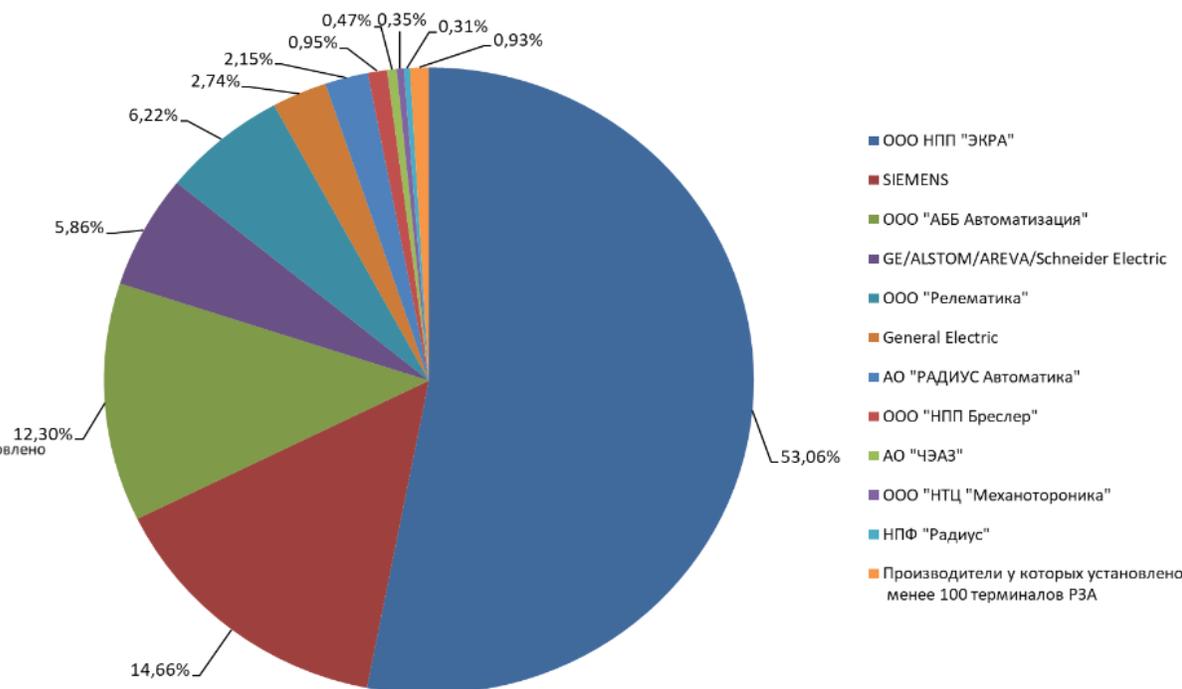
- 17% - дефектов и неисправностей во вторичных цепях РЗА;
- 16% - дефектов (неисправности) электромеханики;
- 10% - дефектов и неисправностей устройств РЗА из-за физического износа (старения);
- 5% - дефект или неисправность микросэлектронной и полупроводниковой аппаратуры;
- 4% - дефектов (неисправности) МП РЗА;
- 11% - по неопределенным причинам.



## Вопросы эксплуатации. Оснащенность сетей 110-750 кВ ЕЭС России МП РЗА



**В сетях ЕЭС России в эксплуатацию вводятся преимущественно МП РЗА отечественного производства**



**Разработка отечественных МП РЗА, внедрение в эксплуатацию зарубежных и отечественных МП РЗА в ЕЭС России стало возможным после проведения в 1996 году испытаний МП РЗА фирмы АБВ и отечественных МП РАС на ВЛ 750 кВ Калининская АЭС - Владимирская с натурными опытами КЗ.**



## Развитие технологий РЗА в эпоху цифровой трансформации электроэнергетики



Энергетическая стратегия России на период до 2035 года  
(утв. распоряжением Правительства РФ от 09.06.2020 №1523-р)

В условиях прогнозируемых изменений мировой и российской экономики требуется ускоренный переход к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике, способной адекватно ответить на вызовы и угрозы в своей сфере, предусматривающий:

- ❑ **структурную диверсификацию**, в рамках которой углеродная энергетика дополнится неуглеродной, централизованное энергоснабжение - децентрализованным, экспорт энергетических ресурсов - экспортом российских технологий, оборудования и услуг в сфере энергетики;
- ❑ **цифровую трансформацию и интеллектуализацию отраслей топливно-энергетического комплекса**, в результате которых новое качество приобретут все процессы в сфере энергетики, новые права и возможности получат потребители продукции и услуг отраслей топливно-энергетического комплекса;
- ❑ **оптимизацию пространственного размещения энергетической инфраструктуры**, в рамках которой в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и в Арктической зоне Российской Федерации сформируются нефтегазовые минерально-сырьевые центры, нефтегазохимические комплексы, расширится инфраструктура транспортировки энергетических ресурсов, Российская Федерация станет ведущим игроком на рынках Азиатско-Тихоокеанского региона;
- ❑ **уменьшение негативного воздействия отраслей топливно-энергетического комплекса на окружающую среду и адаптацию их к изменениям климата**, в результате чего Российская Федерация внесет существенный вклад в переход к низкоуглеродному развитию мировой экономики, в международные усилия по сохранению окружающей среды и противодействию изменениям климата



## Стратегическое направление развития - реализация преимуществ киберфизической системы



Киберфизическая трансформация систем автоматизированного и автоматического управления в электроэнергетике дает экономический эффект за счет:

- **дистанционного автоматизированного и автоматического управления**, которое позволяет быстрее и точнее управлять генерацией и электрической сетью, что сократит издержки на управление и повысит надежность системы;
- **систем мониторинга параметров электроэнергетического режима, состояния оборудования и функционирования системных регуляторов**, позволяющих осуществлять эффективное автоматизированное и автоматическое управление в реальном времени и верифицировать математические модели для всех видов расчетов электроэнергетических режимов;
- **применения совершенных математических моделей - цифровых двойников**, формируемых путем взаимосогласованного обмена фрагментами информационной модели, что позволит оптимизировать процессы поддержания информационных моделей субъектов электроэнергетики, повысить качество и согласованность данных в моделях с созданием логической Единой цифровой модели электрической сети (ЕЦМ), а также перейти к цифровому информационному обмену данными в привязке к элементам ЕЦМ и, в конечном счете, обеспечит повышение уровня точности и достоверности расчетов и анализа ретроспективных, прогнозных и перспективных электроэнергетических режимов.



## Ретроспектива развития ЦПС: 2017 – 2021 год

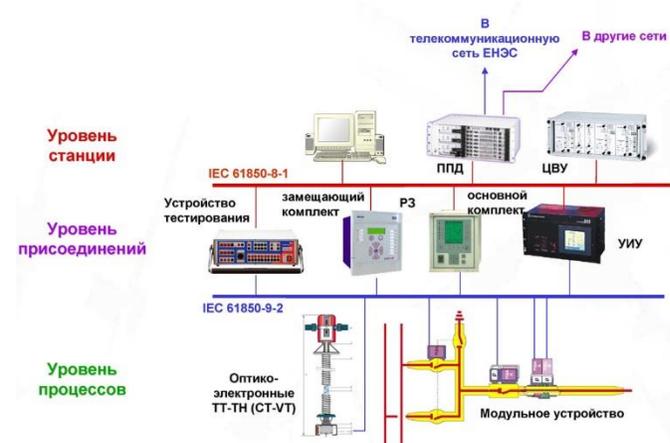


1. Национальный проект «Цифровая подстанция» ?
2. СТО Типовые решения: 1-ая , 2-ая, 3-я и 4-ая архитектуры?
3. Решения по «Шине процесса» все еще в стадии пилотных проектов
4. Разработка НТД
5. Аттестация устройств РЗА
6. Пилотные проекты
7. Разработка САПР?





## Разработка технологии цифровой подстанции (ЦПС)



Перечень объектов с использованием технологии ЦПС насчитывает 177 ПС 110 – 500 кВ

### Архитектура ЦПС 1 типа

- ✓ Обмен всей информацией между ИЭУ осуществляется дискретными и аналоговыми электрическими сигналами, передаваемыми по контрольному кабелю;
- ✓ информационный обмен с верхним уровнем (SCADA) осуществляется по цифровому протоколу MMS

### Архитектура ЦПС 2 типа

- ✓ Взаимодействие между ИЭУ выполняется при помощи объектно-ориентированных сообщений (протокол GOOSE), согласно стандарту МЭК 61850-8-1;
- ✓ измерения тока и напряжения передаются в виде электрических аналоговых сигналов с использованием контрольных кабелей
- ✓ информационный обмен с верхним уровнем (SCADA) осуществляется по цифровому протоколу MMS;

### Архитектура ЦПС 3 типа

- ✓ Взаимодействие между ИЭУ РЗА выполняется при помощи объектно-ориентированных сообщений (протокол GOOSE), согласно стандарту МЭК 61850-8-1;
- ✓ информация от измерительных устройств тока и напряжения передается в цифровом виде с использованием протокола передачи мгновенных значений (SV), согласно стандарту МЭК 61850-9-2;
- ✓ информационный обмен с верхним уровнем (SCADA) осуществляется по цифровому протоколу MMS.

### Архитектура ЦПС 4 типа

- ✓ Архитектура централизованной РЗА



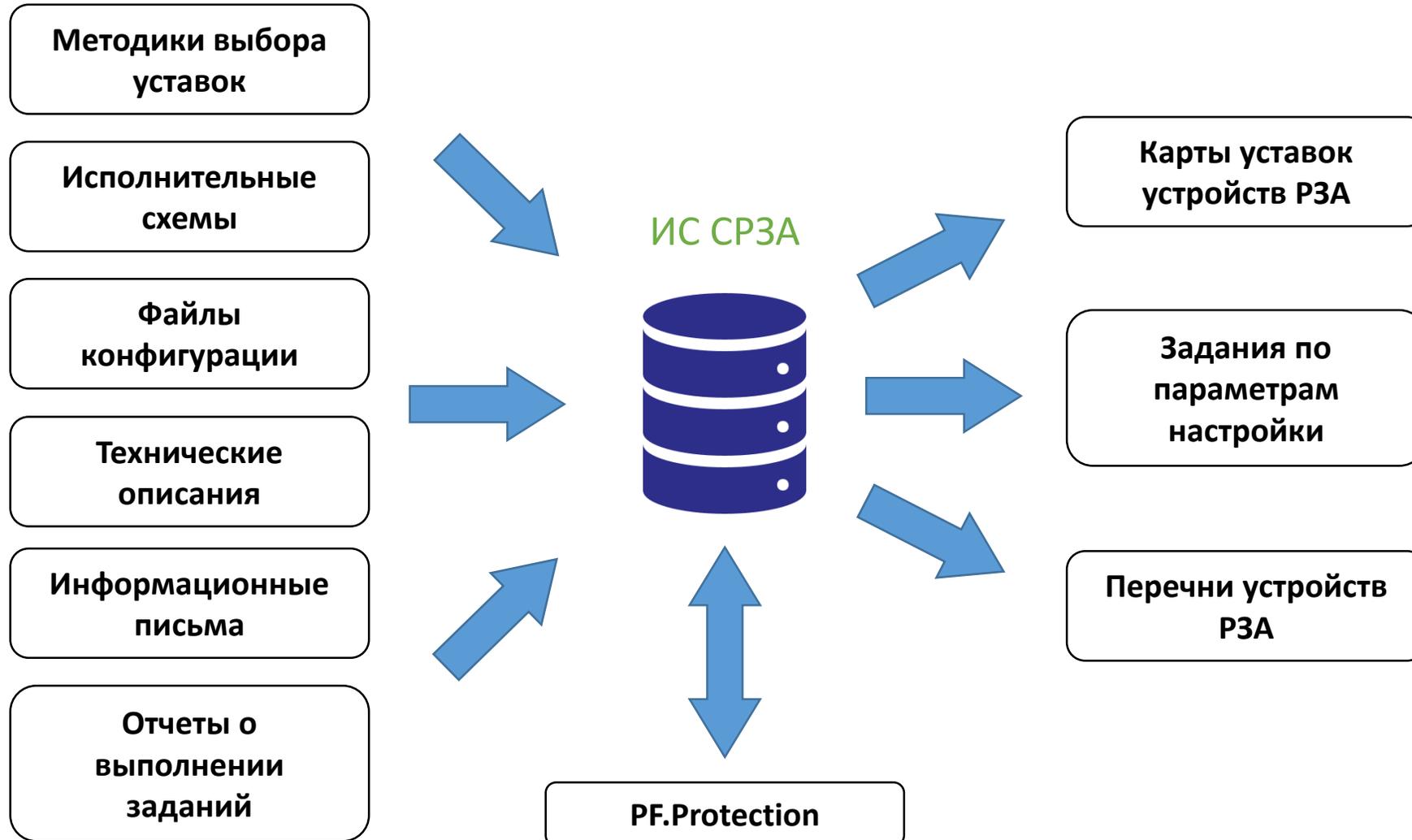
## Разработка и внедрение технологического программного обеспечения



| Автоматизируемый процесс   | Внедряемая ИУС             |
|--|----------------------------|
| Расчет токов КЗ и выбор параметров настройки устройств РЗА                                       | PF.Protection, ПВК АРУ РЗА |
| Расчет минимального состава генерирующего оборудования   | PF.МСГО, ПВК АРУ РЗА       |
| Проверка обеспечения требований селективности и дальнего резервирования                          | Модуль для PF.Protection   |
| Расширение CIM модели АИП для задач РЗА  | АИП                        |
| Синхронизация данных БММС с CIM моделью АИП  | PF.СИМбиоз, ПВК АРУ РЗА    |
| Контроль соответствия текущего состава генерирующего оборудования минимально допустимому составу | МСГО                       |
| Контроль состояния каналов противоаварийной автоматики   | СККПА                      |
| Оформление и выдача заданий по РЗА, формирование перечней и хранение документации в части РЗА    | ИС СРЗА                    |
| Технический учет устройств РЗА   | АС «Техучет РЗА»           |
| Анализ работы устройств РЗА  | АСА РЗА                    |

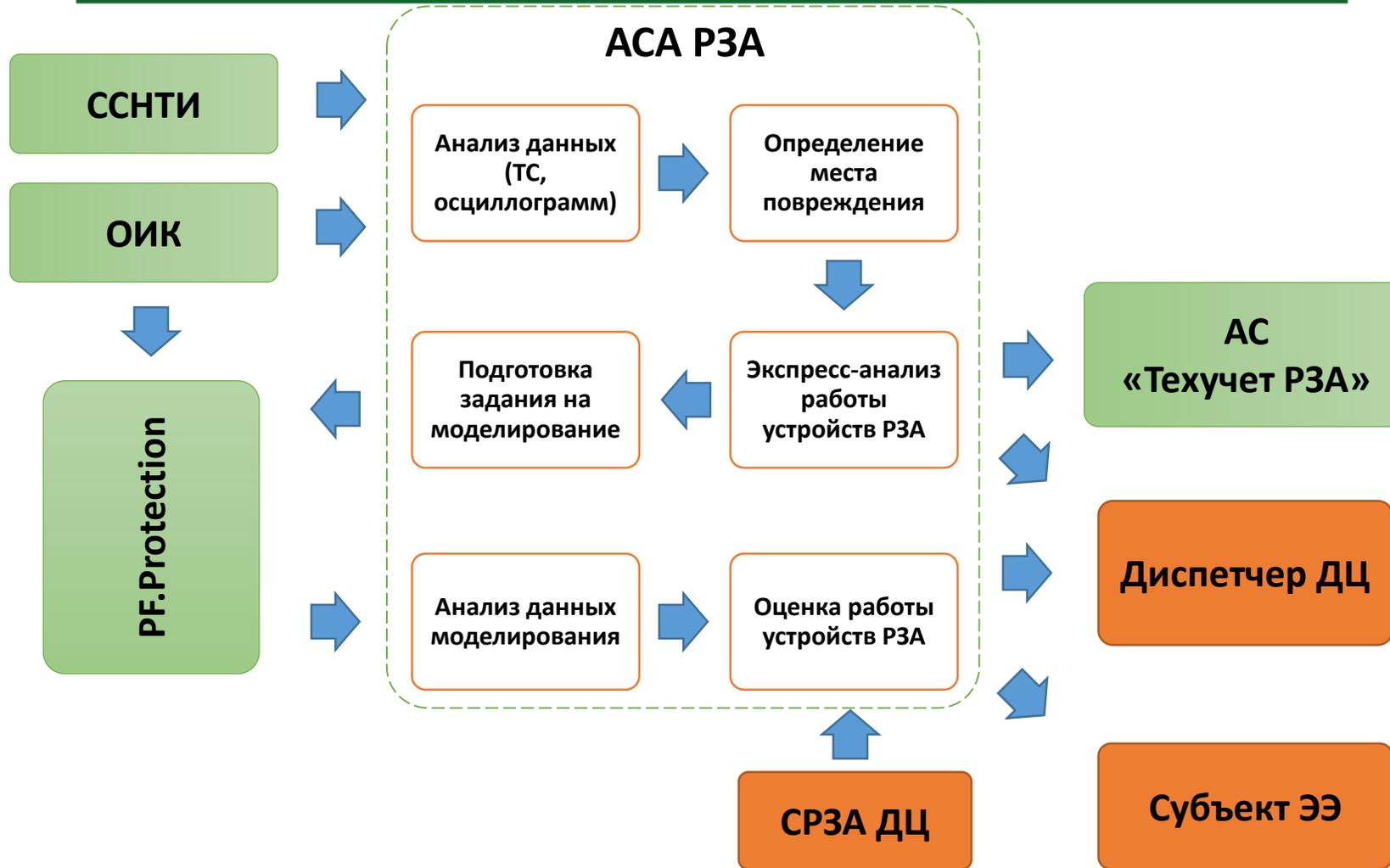


## Информационная система служб РЗА





## Автоматизированная система анализа работы устройств РЗА

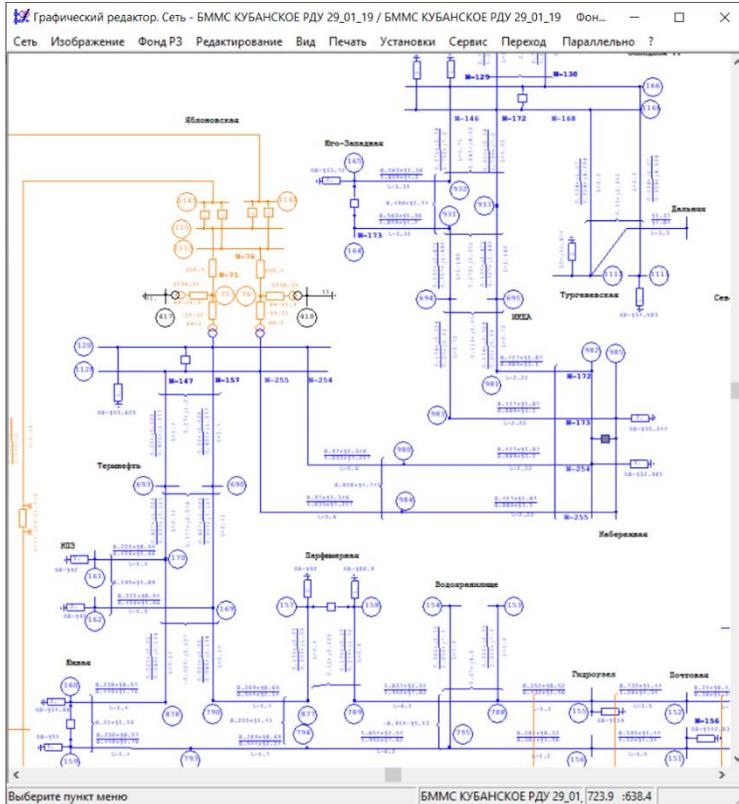




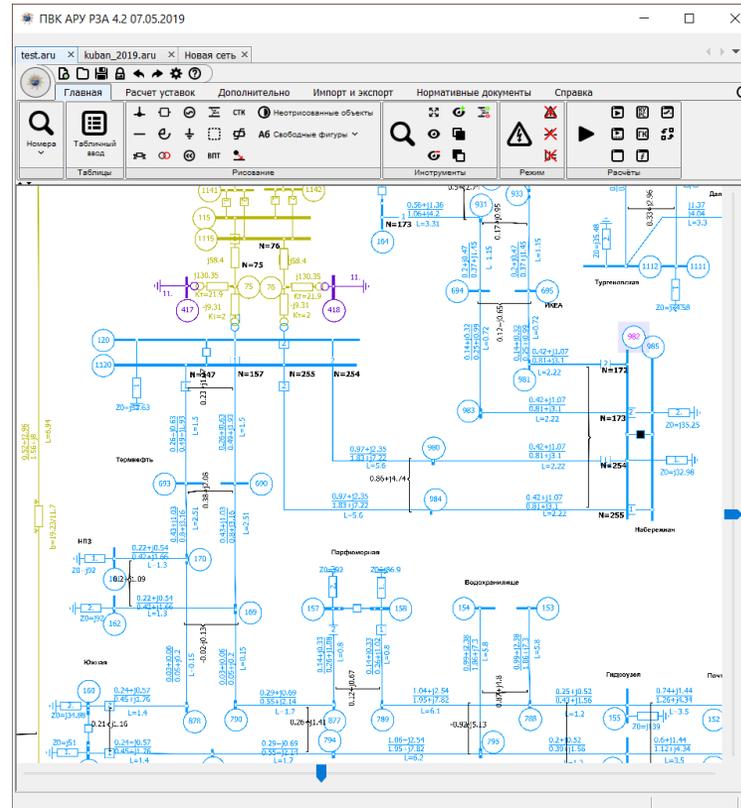
## Расчетные комплексы



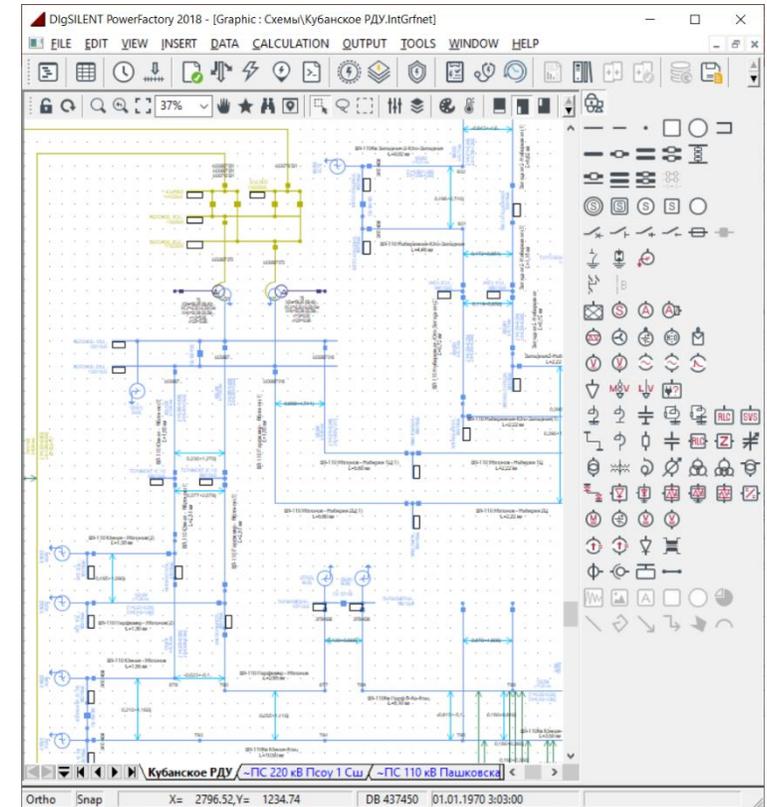
### АРМ СРЗА



### ПВК «АРУ РЗА»



### PF.Protection

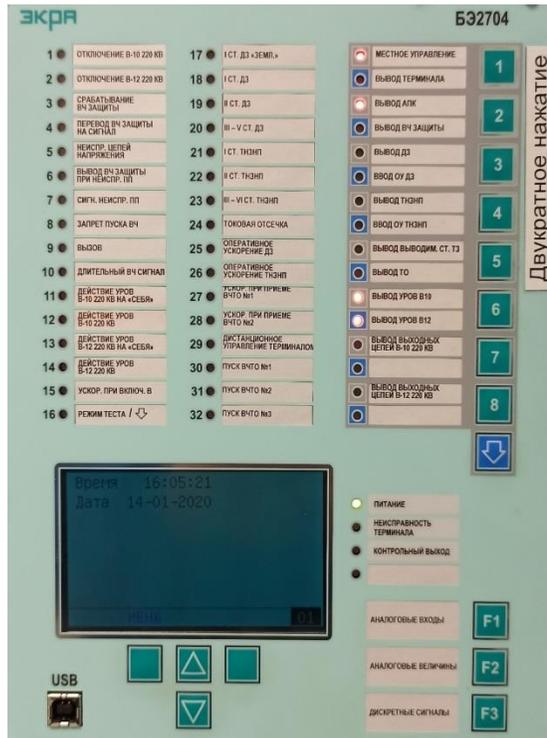




## Дистанционное управление устройствами РЗА (УРЗА)

Дистанционное управление УРЗА – управление функциями устройств РЗА путем передачи сигнала с АРМ оперативного персонала объекта, из ОИК ДЦ, ЦУС в процессе производства переключений.

**Аварийная сигнализация**      **Электронные ключи управления**



### Ожидаемый эффект от реализации ДУ устройствами РЗА:

- ✓ Оптимизация переключений по времени
- ✓ Снижение нагрузки на персонал
- ✓ Снижение риска ошибочных действий персонала
- ✓ Интеграция идеи необслуживаемых подстанций в электроэнергетике

### Разработаны:

- ✓ Требования по автоматическому управлению функциями РЗА при переключениях в первичной схеме
- ✓ Минимальные технические требования, предъявляемые к УРЗА для возможности реализации ДУ
- ✓ Распределение функций ДУ УРЗА между ДЦ, ЦУС, АРМ ОП
- ✓ Требования по отображению состояния функций РЗ и ПА ЛЭП в ОИК
- ✓ Реализованы пилотные проекты ДУ УРЗА на ПС 220 кВ Зеленодольская (Татарстан), ПС 220 кВ Кожевническая, Белорусская, ПС 110 кВ Люблино (МОЭСК)

### ДУ УРЗА ЛЭП из ДЦ:

- ✓ ОСНОВНАЯ ЗАЩИТА
- ✓ РЕЗЕРВНАЯ ЗАЩИТА
- ✓ ОАПВ, ТАПВ
- ✓ ПАВ
- ✓ ЛОКАЛЬНАЯ ПА (ЛАПНУ, АОПО, АРПМ, АОСН, АЛАР, УПАСК)



## Развитие нормативного обеспечения



### ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

#### ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 13 августа 2018 г. № 937

МОСКВА

#### Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации

В соответствии с Федеральным законом "Об электроэнергетике" Правительство Российской Федерации **п о с т а н о в л я е т** :

1. Утвердить прилагаемые:  
Правила технологического функционирования электроэнергетических систем;  
изменения, которые вносятся в акты Правительства Российской Федерации.
2. Министерству энергетики Российской Федерации:
  - а) в 3-месячный срок привести в соответствие с настоящим постановлением правила разработки и применения графиков аварийного ограничения режима потребления электрической энергии (мощности) и использования противоаварийной автоматики;
  - б) в 6-месячный срок разработать и утвердить:  
методические указания по устойчивости энергосистем;  
правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем и объектов электроэнергетики;  
правила переключений в электроустановках;  
методические указания по определению объемов и размещению резервов активной мощности в Единой энергетической системе России при краткосрочном планировании электроэнергетического режима;

### ПРАВИЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(постановление Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 г. № 937)

1. Требования к оснащению линий электропередачи и оборудования объектов электроэнергетики классом напряжения 110 кВ и выше устройствами и комплексами релейной защиты и автоматики, а также к принципам функционирования устройств и комплексов релейной защиты и автоматики (приказ Минэнерго России от 13 февраля 2019 г. № 101)
2. Требования к участию генерирующего оборудования электростанций в общем первичном регулировании частоты (приказ Минэнерго России от 09.01.2019 № 2)
3. Правила взаимодействия субъектов электроэнергетики, потребителей электрической энергии при подготовке, выдаче и выполнении заданий по настройке устройств релейной защиты и автоматики (приказ Минэнерго России от 13.02.2019 №100)
4. Правила технического учета и анализа функционирования релейной защиты и автоматики (приказ Минэнерго России от 08.02.2019 № 80)
5. Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов (приказ Минэнерго России от 13.02.2019 № 98)
6. Правила технического обслуживания устройств и комплексов релейной защиты и автоматики (Приказ Минэнерго России от 13.07.2020 № 555)
7. Правила создания (модернизации) комплексов и устройств релейной защиты и автоматики в энергосистеме (Приказ Минэнерго России от 13.07.2020 № 556)
8. Требования к релейной защите и автоматике различных видов и ее функционированию в составе энергосистемы (приказ Минэнерго России от 10.07.2020 № 546)



## Развитие стандартизации



Технический комитет по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»  
Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта)

### ГОСТ Р - национальные стандарты по релейной защите и автоматике

#### 1. Общие требования

- **ГОСТ Р 55105** Противоаварийная автоматика энергосистем
- **ГОСТ Р 55438** Взаимодействие субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии при создании (модернизации) и эксплуатации
- **ГОСТ Р 55890** Регулирование частоты и перетоков активной мощности
- **ГОСТ Р 56969** Обеспечение согласованной работы ЦС АРЧМ и ГРАМ ГЭС
- **ГОСТ Р (проект)** Классификация РЗА

#### 2. Регистрация аварийных событий и процессов

- **ГОСТ Р 58601** Автономные регистраторы аварийных событий
- **ГОСТ Р 59364** СМПР, **ГОСТ Р 59365** УСВИ, **ГОСТ Р 59366** КСВД
- **ГОСТ Р 59550** Сбор, хранение и передача в ДЦ данных РАС

#### 3. Устройства ПА: **ГОСТ Р 59232** АЧР, **ГОСТ Р 59233** АРКЗ/ФТКЗ, **ГОСТ Р 59234** АРПМ, **ГОСТ Р 59371** АЛАР, **ГОСТ Р 59372** ФОЛ/ФОС, **ГОСТ Р 59373** АОПЧ, **ГОСТ Р 59384** АОПО

#### 4. Устройства РЗ: **ГОСТ Р 58886** и **ГОСТ Р 58887** – ДЗ и ТЗ, **ГОСТ Р 58978** и **ГОСТ Р 58979** ДЗЛ, **ГОСТ Р 58980** и **ГОСТ Р 58981** – ДФЗ, **ГОСТ Р 58982** НВЧЗ, **ГОСТ Р 58983** РЗА Т(АТ), ШР (УШР)

## Развитие технологии противоаварийной автоматики

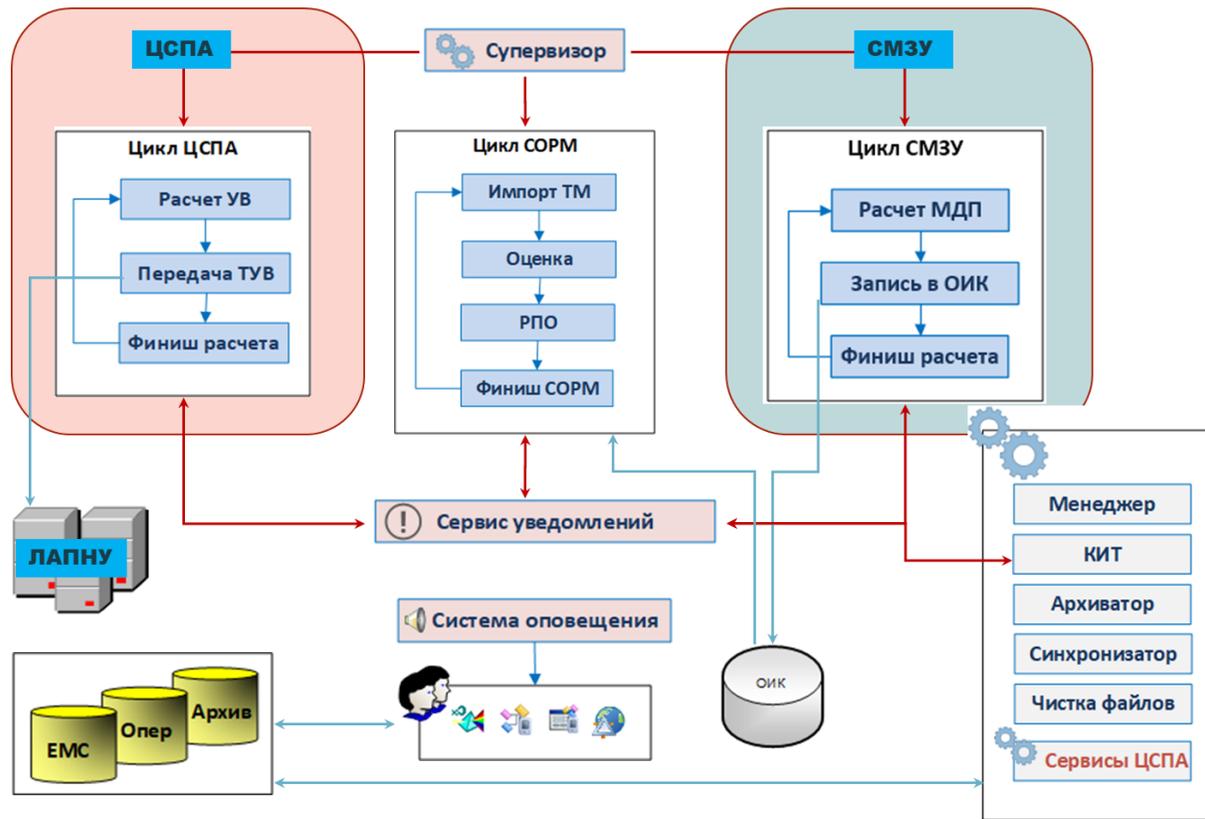
- Развитие ЦСПА с переходом на третье поколение осуществлялось в части:
  - ✓ Разработки алгоритма расчета и выбора УВ для обеспечения статической устойчивости с использованием традиционных расчетных методов
  - ✓ Разработки алгоритма расчета и выбора УВ для обеспечения устойчивости в динамической фазе переходного процесса
  - ✓ Разработки современной архитектуры ПТК верхнего уровня ЦСПА
- Разработка НПА и НТД

|   | ЗАДАЧА  | РЕШЕНИЕ   |
|---|---|---|
| 1 | Разработка НТД  | <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Требования к ПА</li> <li><input type="checkbox"/> Требования к устройствам ПА и методики испытаний</li> <li><input type="checkbox"/> Требования к устройствам ЛАПНУ при работе в составе ЦСПА</li> </ul>  |
| 2 | Развитие ЦСПА   | <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> В ОДУ Востока, ОДУ Северо-Запада внедрено третье поколение</li> <li><input type="checkbox"/> В ОДУ Средней Волги, ОДУ Юга, ОДУ Урала и Тюменском РДУ осуществлен переход на третье поколение</li> <li><input type="checkbox"/> Ведется создание ЦСПА-3 в ОДУ Центра</li> <li><input type="checkbox"/> В ОДУ Сибири осуществляется перевод ПТК ВУ ЦСПА на новую ОС с расчетом УВ для обеспечения динамической устойчивости и возможности расширения защищаемой зоны</li> </ul> |
| 3 | Создание централизованной системы ПА для изолированно работающих ЭС | В Калининградской ЭС внедрена двухуровневая система ПА (ПТК ВУ - в Балтийском РДУ, ЛАПНУ - на Прегольской ТЭС), и предназначенная для оптимизации выбора и реализации УВ с целью исключения недопустимого изменения частоты электрического тока при аварийном отключении генерирующего оборудования в изолированном режиме работы ЭС  |

| Энергосистема           | Год ввода ЦСПА-3   |
|-------------------------|--------------------|
| ОЭС Востока             | 2014               |
| ОЭС Сибири              | 2021               |
| ОЭС Урала               | 2021               |
| ОЭС Средней Волги       | 2018               |
| ОЭС Юга                 | 2018               |
| ОЭС Северо-Запада       | 2018               |
| Тюменская энергосистема | 2018               |
| ОЭС Центра              | Планируется в 2022 |



## Перспективы развития технологии противоаварийной автоматики



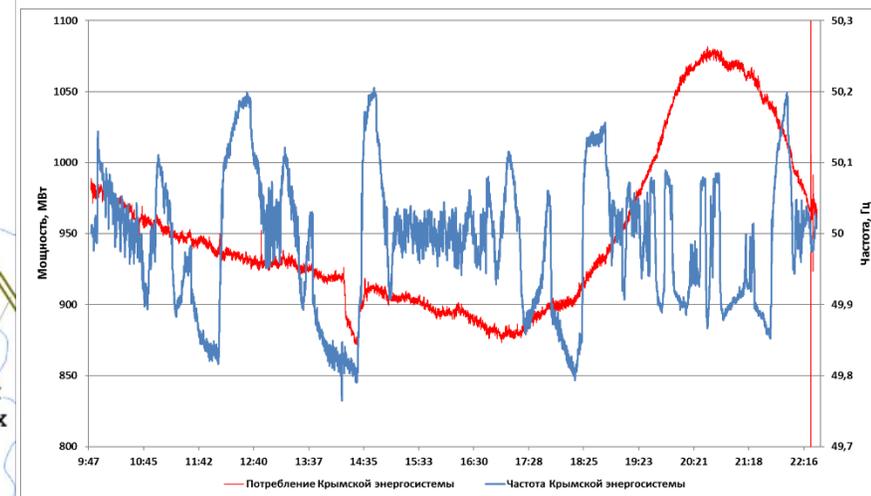
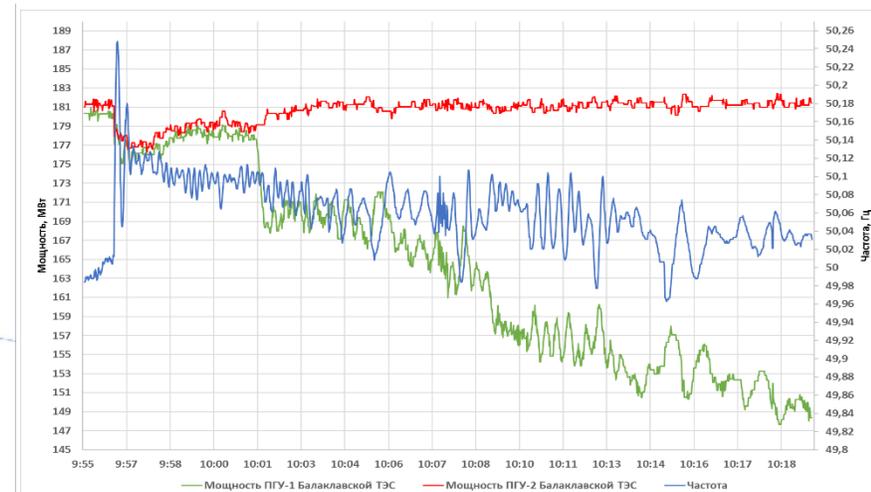
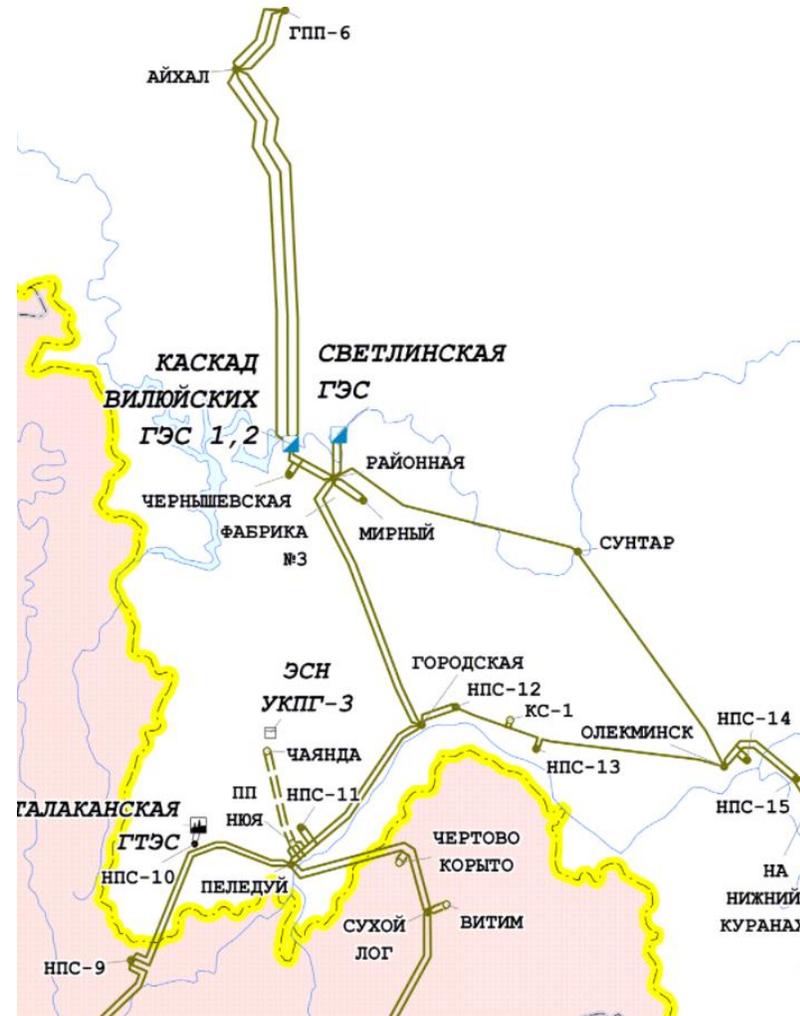
Целевая архитектура цифровой системы ЦСПА

- Развитие ЦСПА будет осуществляться в направлении оптимизации УВ, повышения быстродействия и надежности ее функционирования за счет
  - Оптимизации алгоритмов поиска расчетных сечений и выбора УВ с учетом обеспечения оптимальной работы локальной ПА
  - Применения современной архитектуры построения ПТК (новые интегральные оболочки, Супервизор, модифицированная база данных)
  - Распараллеливания циклов оценивания состояния и выбора УВ
- Расширение защищаемых ЦСПА зон
  - в ОЭС Северо-Запада (Кола-Карельский транзит)
  - ОЭС Юга (ЛАПНУ Волжской ГЭС)
  - ОЭС Сибири (на Восток и в сторону ЕНЭС Казахстана)
  - Разукрупнение в ОЭС Урала низового устройства на ПС 500 кВ Южная
- Модификация ПТК ПА для оптимизации УВ за счет учета резервов активной мощности для фактического состава генерирующего оборудования и для снижения рисков работы технологических защит генерирующего оборудования станций путем контроля динамического отклонения частоты
- Использование единой расчетной модели и базы данных для ЦСПА и СМЗУ
- Оптимизация автоматического противоаварийного управления путем применения технологии СМЗУ



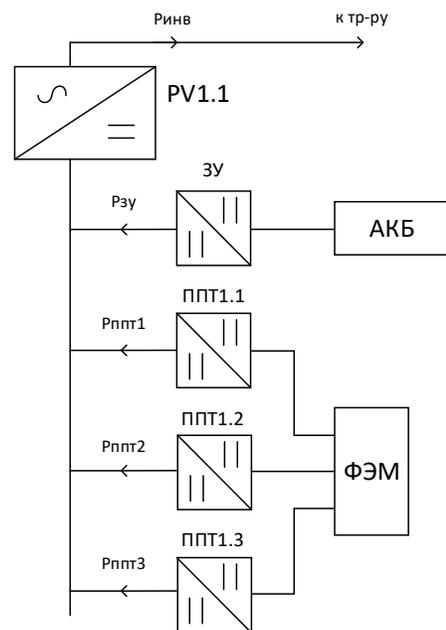
## Развитие режимной автоматики

- ❑ Создание ЦС АРЧМ в ЭС Республики Саха (Якутия)
- ✓ Проведены натурные испытания, подтвердившие эффективность регулирования ЦС АРЧМ частоты в изолированном режиме ЗЭР Якутии
- ❑ Обеспечение надежного функционирования ЭС Республики Крым и города Севастополя
- ✓ Проведены успешные испытания обеспечения ПГУ астатического регулирования частоты в изолированном режиме
- ❑ Проведены эксперименты по кратковременному объединению ОЭС Сибири и ОЭС Востока на параллельную работу с целью переноса точки деления без отключения потребителей

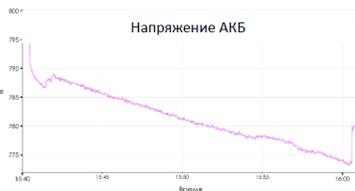
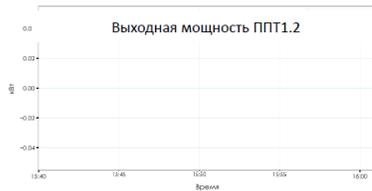
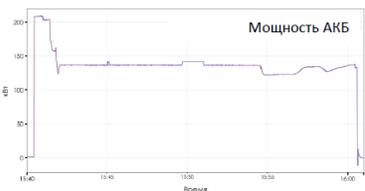
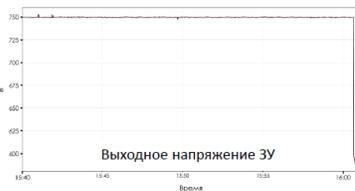




## Перспективы развития режимной автоматики



- ❑ В рамках Ведомственного проекта «Единая техническая политика – надежность электроснабжения» – внедрение СМСР на генерирующем оборудовании с УСВИ с целью обеспечения корректного функционирования АРВ при возникновении возмущений в энергосистеме (на 50 электростанциях до 2024 г);
- ❑ Подключение ВЭС и СЭС к АРЧМ с целью снижения объема ограничений выдачи мощности ВЭС и СЭС при действии на разгрузку регулирующих электростанций для обеспечения допустимых перетоков активной мощности в контролируемых сечениях;
- ❑ Разработка и внедрение АРЧМ на платформе SCADA нового поколения;
- ❑ Применение разработанных системных технических решений по РЗА ЭС Калининградской области для изолированные ЭС;
- ❑ Разработка НТД по системным требованиям:
  - ✓ для САРЧМ электростанций с целью повышения надежности функционирования ЕЭС России;
  - ✓ к системам накопления электроэнергии, внедряемых в ЕЭС России.



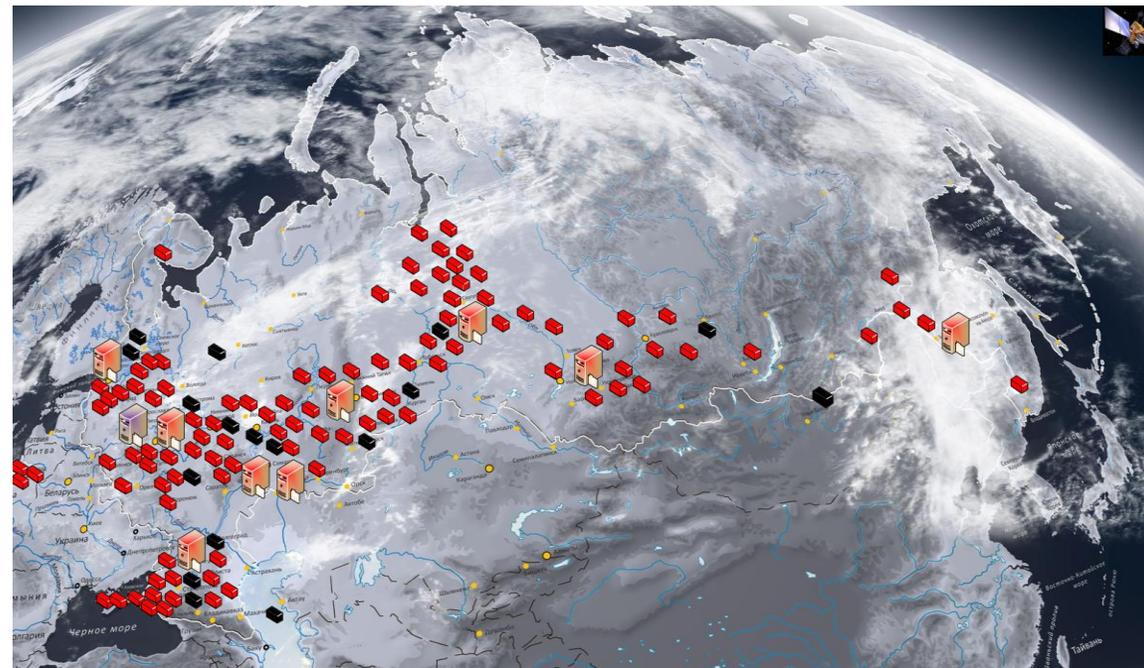


## Развитие технологии синхронизированных векторных измерений



- Начало развития технологии СВИ в ЕЭС России – 2005 год
- Концептуальный подход при создании СМПР ЕЭС России - ориентация на внедрение российских разработок и оборудования российских компаний
- Основная цель развития технологии СВИ – совершенствование технологий оперативного и автоматического управления ЭС:
  - получение информации нового качества о характеристиках и режимах работы ЭС,
  - развитие технологических задач мониторинга, управления и защиты,
  - внедрение систем мониторинга, управления и защиты на платформе СВИ в реальный контур управления ЭС.

|   | ЗАДАЧА  | РЕШЕНИЕ  |
|---|---|--|
| 1 | Разработана НТД для разработки, проектирования, производства, сертификации и эксплуатации устройств и комплексов СМПР | <ul style="list-style-type: none"> <li>□ требования к УСВИ и КСВД, методики испытаний,</li> <li>□ требования к СМПР (разработка, внедрение и эксплуатация)</li> <li>□ требования к составу передаваемой информации и т.п.</li> </ul>   |
| 2 | Критерии установки УСВИ и КСВД  | на эл. станциях Руст $\geq 500$ МВт и ПС $U \geq 500$ кВ на: <ul style="list-style-type: none"> <li>□ отходящих ЛЭП 330 кВ и выше;</li> <li>□ СГ – 200 МВт и более, ГГ – 100 МВт и более;</li> <li>□ присоединениях контролируемых сечений <math>U \geq 220</math> кВ</li> </ul> |
| 3 | Создание системы сбора данных СВИ   | Создана автоматическая система сбора данных СВИ, в режимах on-, off line   |
| 4 | Разработка отечественного оборудования и ПО   | 5 российских компаний-разработчиков и производителей УСВИ, КСВД и технологического ПО  |
| 5 | Сертификация устройств СМПР   | создание системы добровольной сертификации УСВИ, КСВД  |



|                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Главный КСВД (ЦДУ)                | 1                          |
| Региональные КСВД (РДУ, компании) | 22 (2025 г. – до 50)       |
| Объекты э/э, оснащенные УСВИ      | 140 (2025 г. – более 200)  |
| Количество УСВИ (PMU)             | 920 (2025 г. – более 1500) |

Уровень развития технологии в России позволяет совершенствовать технологии мониторинга и управления ЭС на платформе СВИ

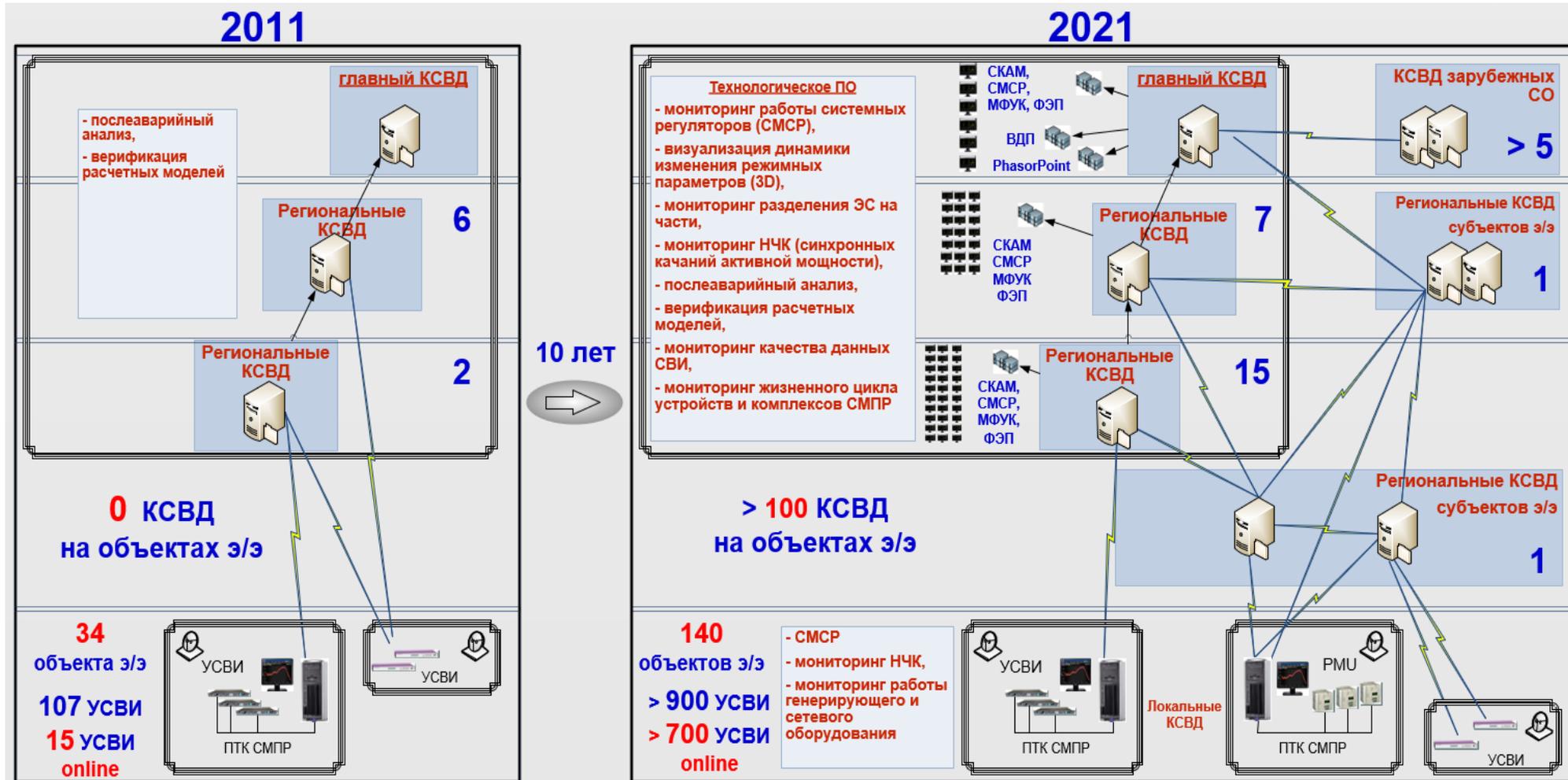


## Развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры (АССИ СВИ)



Создана информационная платформа **on,- off line** данных СВИ параметров электроэнергетического режима работы ЕЭС России, предназначенная для применения СВИ в задачах оперативно-диспетчерского и автоматического управления ЕЭС России

Количество онлайн-параметров СВИ: 400 000 в секунду в ДЦ.  
Количество оффлайн-параметров СВИ: 16 000 (в архивах каждые 20 мс)

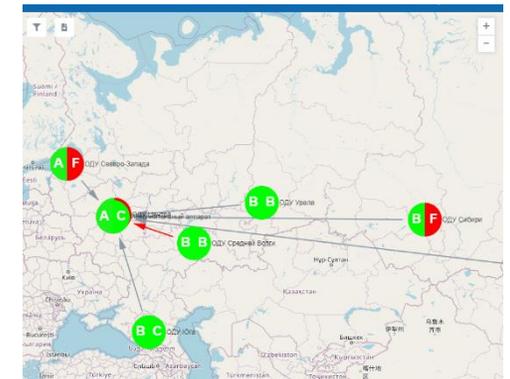
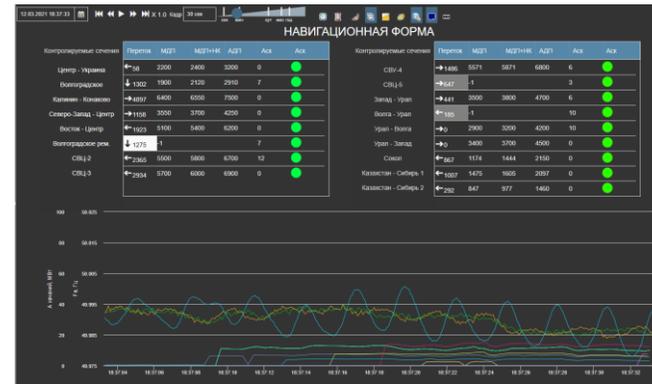
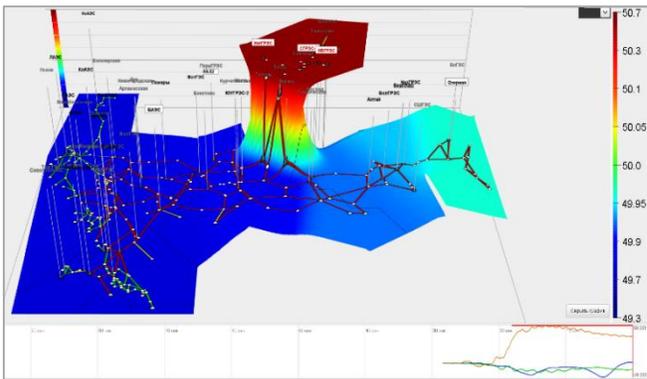
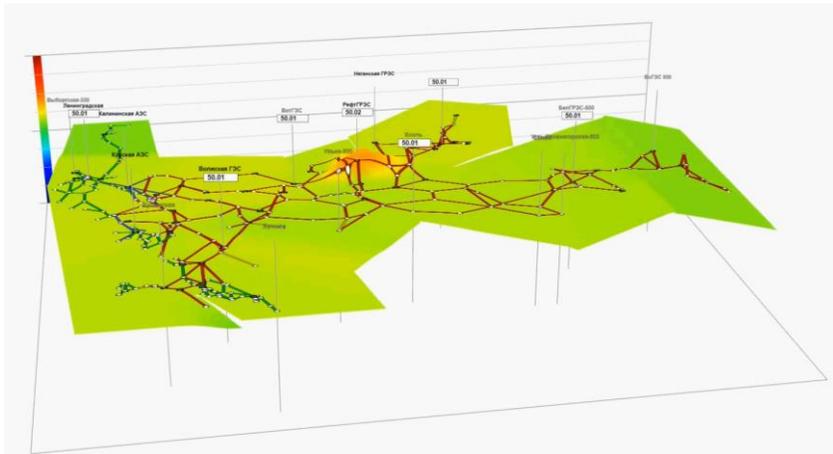




## Разработка и внедрение технологического ПО на базе данных СВИ



- ПО мониторинга работы системных регуляторов (в **22** ДЦ)
- ПО мониторинга синхронных качаний активной мощности (в **9** ДЦ)
- ПО визуализации динамики изменения параметров электрического режима в ЕЭС России (в главном ДЦ)
- ПО Phasor Point (в главном ДЦ)
- ПО мониторинга качества и достоверности данных СВИ в режиме реального времени (в **22** ДЦ)
- ПО мониторинга жизненного цикла устройств и комплексов СМГР (в **22** ДЦ)





## Перспективы развития задач на базе СВИ для задач оперативно-диспетчерского и автоматического управления

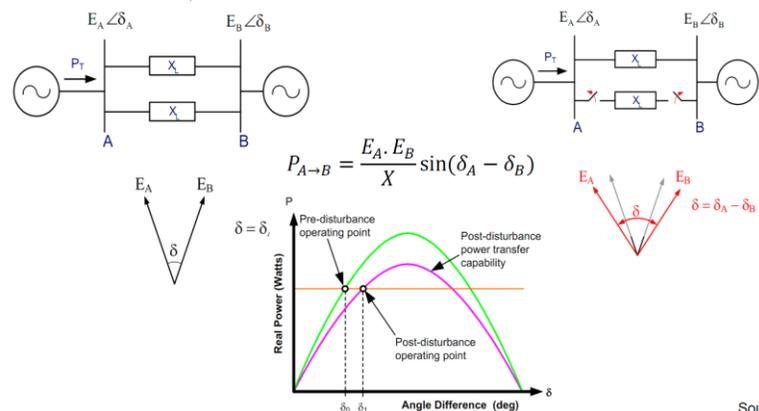
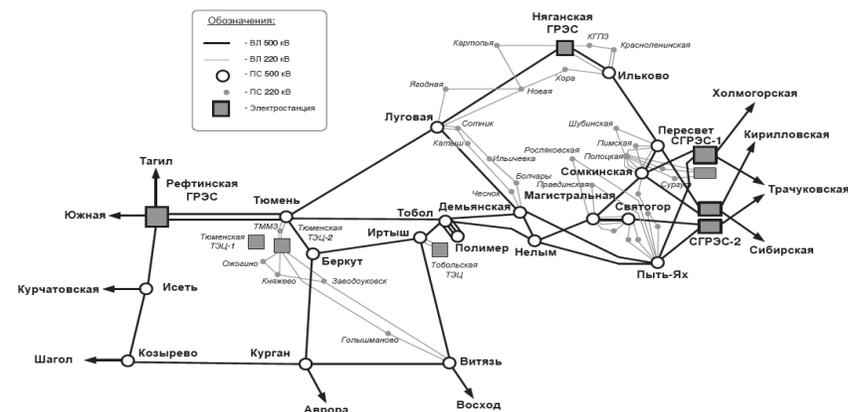


### Режимное и противоаварийное управление:

- **2021 – 2022** – применение СВИ для автоматизации распределительных сетей
- **2022 – 2023** – применение данных **СВИ** в задаче оценивания состояния электроэнергетического режима для расчетных задач (**СМЗУ, ЦСПА**)
- **2022 – 2023** – управление по параметрам фазового угла (**АРПМ, АЛАР**), разработка и тестирование пусковых органов и ПА: испытания на полигоне **ЦДУ** на реальных данных разработанного алгоритма

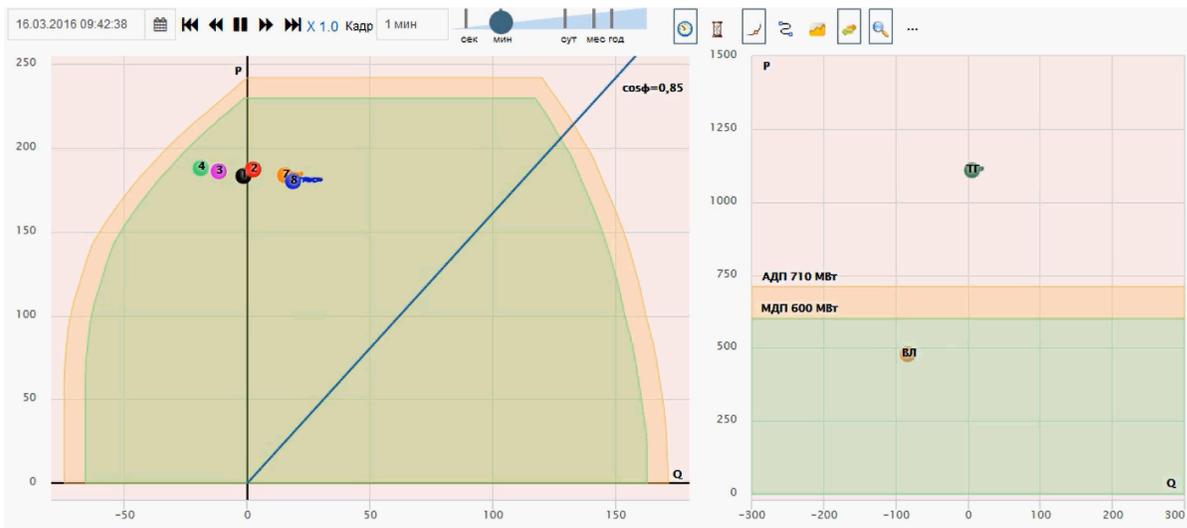
### Развитие ПО на основе данных СВИ:

- **2021** – разработка ПО мониторинга жизненного цикла устройств и комплексов **СМПР** (на основе рекомендаций **CIGRE**)
- **2021** – разработка ПО автоматического мониторинга качества и достоверности данных (отчетность, сигнализация)
- **2021-2023** – модификация ПО **ВДП** (разработка экспертных функций)
- **2022-2023** – модификация ПО **СКАМ** (внедрение новых алгоритмов поиска источника колебаний (станций, генераторов), интеграция ПО **СКАМ** ДЦ, интеграция с ПО **СКАМ** электростанций)
- **2022-2023** – разработка **УСВИ** нового поколения (модули для РЗА, измерение 20 точек в период при соблюдении нормированной точности)





## Перспективы развития технологических задач на базе СВИ уровня объектов электроэнергетики



Визуализация синхронных качаний активной мощности  
на P-Q диаграмме на основе данных СВИ

- ❑ Послеаварийный анализ режимов работы оборудования и систем регулирования
- ❑ Мониторинг технического состояния генерирующего и сетевого оборудования
- ❑ Мониторинг режимов работы генерирующего оборудования:
  - мониторинг синхронных качаний активной мощности (НЧК) и крутильных колебаний,
  - оценка корректности работы АРВ/СВ, систем регулирования,
  - статистический анализ режимов работы генераторов.
- ❑ Мониторинг режимов работы сетевого оборудования (несимметричного режима работы, мониторинг работы ТН, устройств РПН и т.п.)
- ❑ Мониторинг векторной погрешности трансформаторов напряжения
- ❑ Предупреждение персонала при приближении текущих параметров работы оборудования к их эксплуатационным пределам
- ❑ Автоматическая достоверизация данных СВИ, СОТИ АССО и АИИС КУЭ
- ❑ Информационная поддержка решений оперативного персонала
- ❑ Развитие функциональности систем РЗА на основе применения данных СВИ



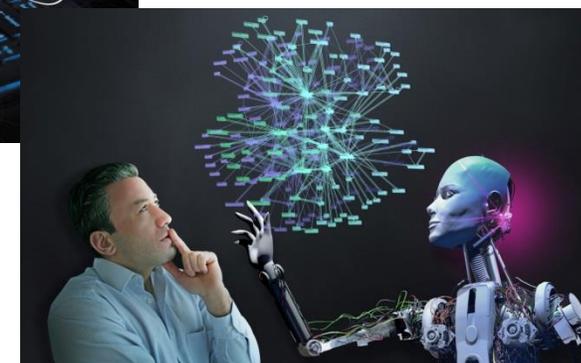
### Мировые тренды в области развития РЗА

1. Интеграция ВИЭ и СНЭЭ в ЭЭС;
2. Кибербезопасность;
3. Новые архитектуры систем РЗА. Поиск эффективных решений по внедрению «Шины процесса»;
4. Обеспечение надежности цифровых решений по РЗА;
5. Управление эксплуатацией РЗА.



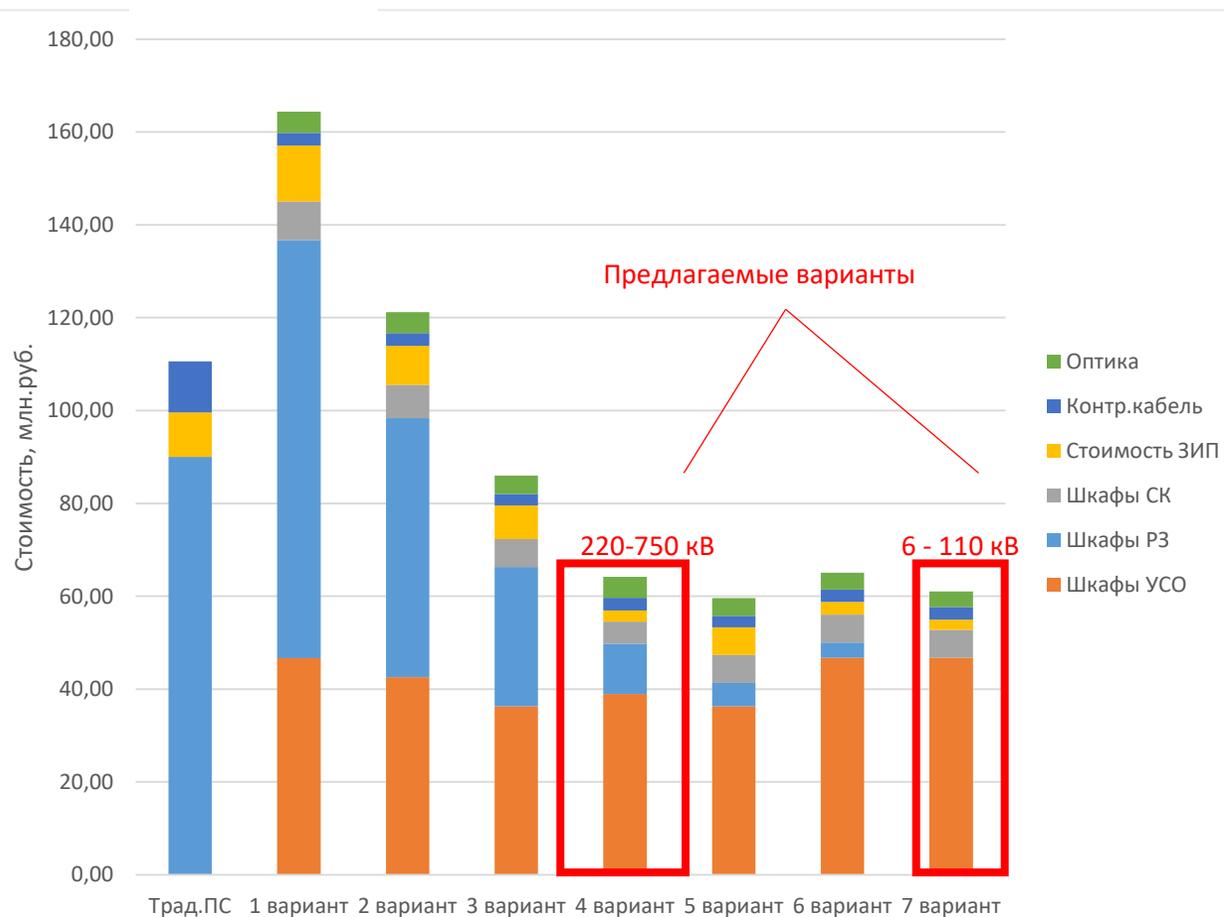
### Вызовы и задачи развития отечественной РЗА:

1. Импортзамещение (микроэлектронной базы и ПО);
2. Обеспечение информационной безопасности;
3. Переход на «безлюдные» технологии (интеллектуализация и автоматизация)
4. Адаптивность РЗА к характеристикам энергосистемы будущего (ВИЭ, СНЭЭ, управляемая нагрузка,..);
5. Риск ориентированное управление.





## Концептуальные вопросы развития РЗА



### Традиционные ПС

– традиционная архитектура РЗА без применения «шины процесса». (2-ая арх.)

#### 1 вариант

– традиционная (3-я типовая) архитектура РЗА с применением «шины процесса».

#### 2 вариант

– установка двух взаиморезервирующих МП терминалов РЗА для каждого защищаемого элемента с полным набором основных и резервных функций (типа Siprotec 5, близко к 4-ой типовой арх. ).

#### 3 вариант

– установка одного МП терминала РЗА на каждый защищаемый элемент с полным набором основных и резервных защит и централизованной защиты для всей ЦПС на базе высокопроизводительного сервера. (пилот НПП Бреслер, гибридная арх.)

#### 4 вариант – ИС РЗА ЦПС (220-750 кВ)

– установка одного специализированного промышленного компьютера на каждый защищаемый элемент с полным набором основных и резервных функций с автоматическим перераспределением функций при отказе.

#### 5 вариант

– централизованная архитектура РЗА ЦПС (Лисис, Экра, Релематика, PLC Technologies)

#### 6 вариант

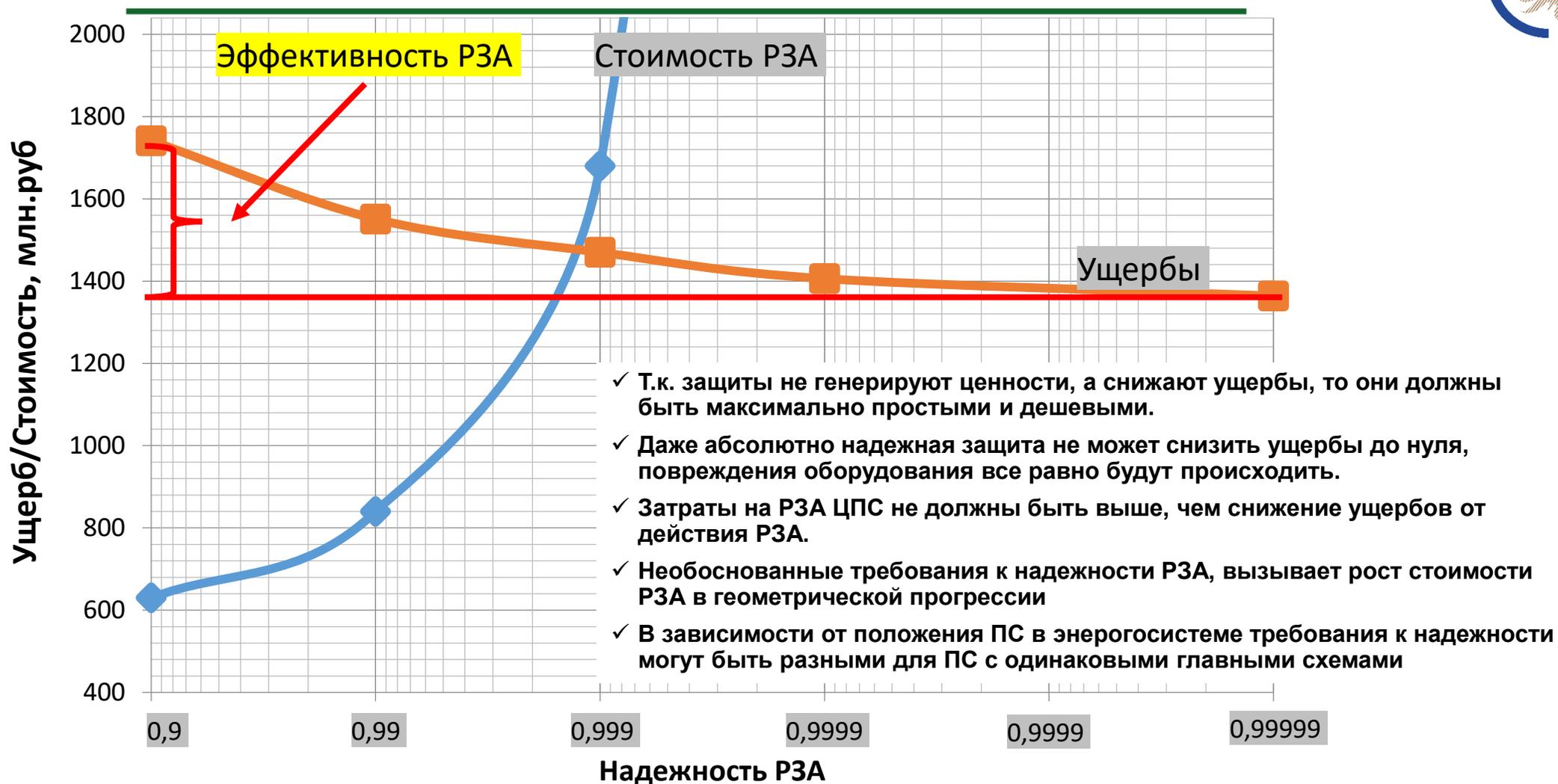
– установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит и централизованной защиты для всей ЦПС на базе высокопроизводительного сервера. (пилот НПП Бреслер, гибридная арх.)

#### 7 вариант – ИС РЗА ЦПС (6-110 кВ)

– установка интеллектуальных УСО с полным набором основных и резервных защит с автоматическим перераспределением функций при отказе.

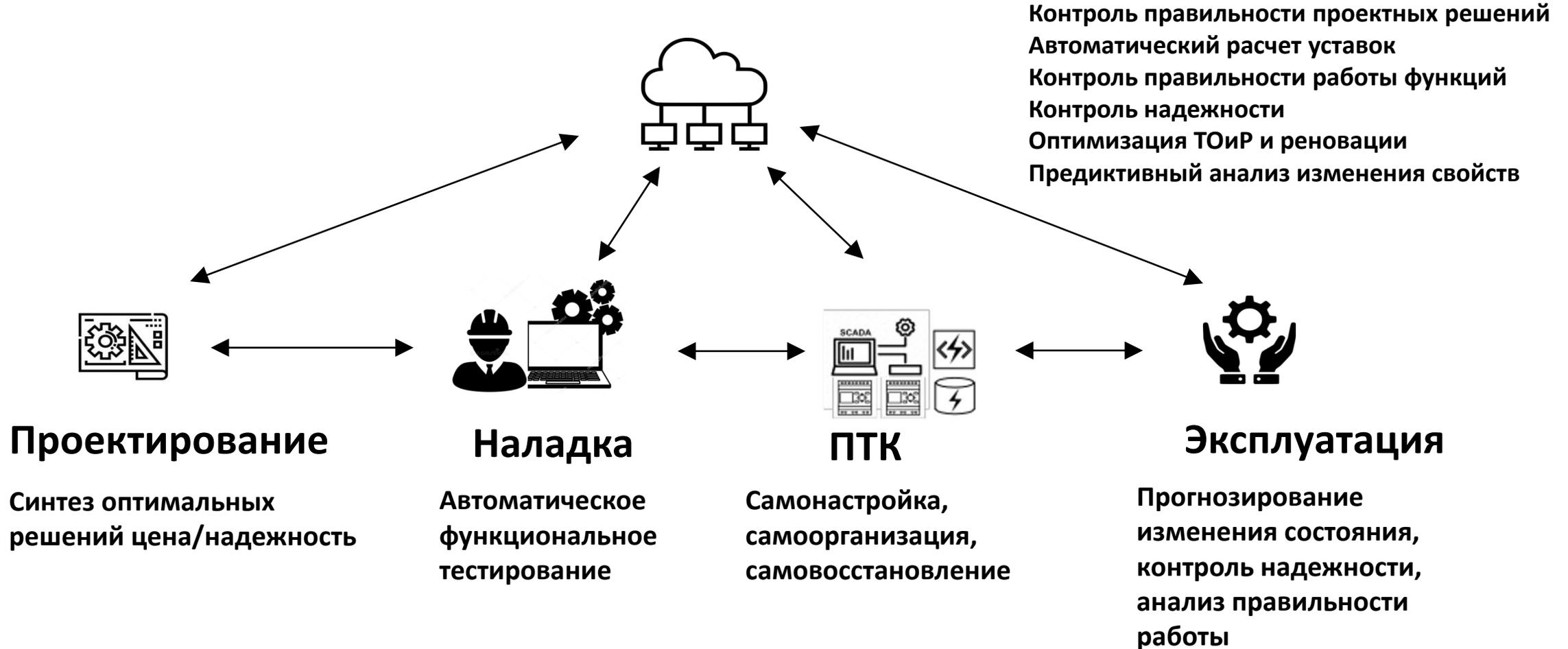


## Концептуальные вопросы развития РЗА





## Цифровая трансформация РЗА = интеллектуализация





## Цифровая трансформация РЗА = Интеллектуализация



### Автоматическое взаимодействие субъектов





## Цифровая трансформация РЗА = Интеллектуализация

---



- ❑ Автоматический сбор всех необходимых исходных данных от силового оборудования и устройств защиты и автоматики без участия человека;
- ❑ Единая информационная модель данных для всех цифровых сервисов;
- ❑ Семантическое (смысловое) описание объектов, их параметров и технологических процессов, обеспечивающее выполнение процедур логического вывода и разметки данных;
- ❑ Набор общих системных сервисов для самоорганизации и самонастройки;
- ❑ Набор специальных протоколов передачи данных, начиная с полевого уровня до центра управления сетями;
- ❑ Формализованные регламенты управления информационными моделями и данными на всех стадиях жизненного цикла: от планирования развития до вывода из эксплуатации;
- ❑ Возможность эволюционного развития (модернизации) сервисов, технологий и информационных моделей данных без необходимости перепроектирования, перепрограммирования и переналадки смежных цифровых подсистем сервисов.



## Цели и задачи развития РЗА в эпоху «цифровизации»



- ❑ Порождающее проектирование на основе цифровых двойников;
- ❑ Отделение функционального программного обеспечения РЗА от аппаратной части, - бесконечный жизненный цикл софта, «железо» – расходный материал;
- ❑ Гибкая архитектура устройств (комплексов) РЗА – возможность автоматической миграции функций и реконфигурации алгоритмов функционирования при изменении условий работы энергосистемы и/или отказах отдельных элементов комплекса РЗА - изменение принципа аппаратного резервирования ;
- ❑ Адаптивность (интеллектуальный софт) и автономность, самонастройка и самоорганизация РЗА;
- ❑ Управляемая деградация, сохранение критически важной функциональности РЗА на всех этапах жизненного цикла;
- ❑ Прозрачная автоматическая информационная интеграции РЗА-АСУТП-ЦУС-ДЦ;
- ❑ Киберзащищенность устройств РЗА (интеллектуальный софт, иммунитет на этапе разработки);
- ❑ Изменение стратегии эксплуатационного обслуживания;
- ❑ Дифференцированное управление надежностью – целесообразный экономический критерий требуемого уровня развития РЗА.



## Программа международной конференции РЗА-2021 предусматривает

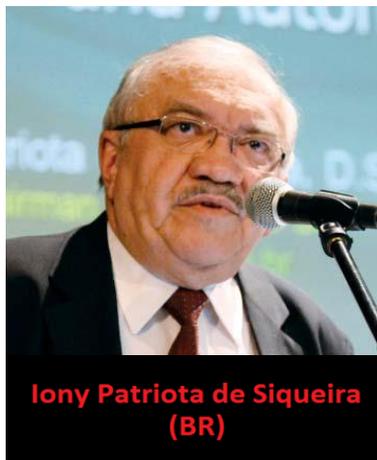
---



- ❑ Проведение обучающего семинара SC B5 CIGRE (4 доклада по результатам работы международных рабочих групп)
- ❑ Работу участников по 7 тематическим секциям (134 доклада):
  - Секция 1. Разработка, проектирование, наладка и эксплуатация РЗА ЦПС: опыт и практические результаты.
  - Секция 2. Перспективы развития и применения стандарта МЭК 61850.
  - Секция 3. Кибербезопасность – драйвер или тормоз развития?
  - Секция 4. Применение СВИ для повышения эффективности управления ЭЭС.
  - Секция 5. Концептуальные вопросы развития технологий РЗА.
  - Секция 6. Релейная защита и автоматика распределительных сетей с ВИЭ и СНЭЭ.
  - Секция 7. Надежность РЗА и влияние человеческого фактора.
- ❑ Проведение 2 круглых столов:
  - Вызовы, опыт разработки и внедрения цифровых подстанций.
  - Надежность РЗА и влияние человеческого фактора
- ❑ Обсуждение представленных материалов и подведение итогов конференции



## Сотрудничество НИК В5 РНК СИГРЭ и SC В5 CIGRE



Iony Patriota de Siqueira  
(BR)



Rannveig S.J. Loken (NO)  
Chair SC B5

- НИК В5 РНК СИГРЭ и SC В5 CIGRE активно участвовали в подготовке и проведении в России 7 научно-технических конференций по вопросам современного развития систем РЗА: 2007 – Чебоксары, 2009 – Москва, 2011 – С.Петербург, 2013 – Екатеринбург, 2015 – Сочи, 2017 – С.Петербург, 2021 – Москва.
- Вклад SC В5 CIGRE – участие в формировании программ конференций, привлечение к участию ведущих зарубежных специалистов, проведение обучающих семинаров, участие в работе тематических секций и круглых столов конференций по актуальным современным вопросам развития РЗА.
- Тесное взаимодействие комитетов предоставляет возможность техническому сообществу:
  - обсудить мировые тренды развития технологии РЗА
  - сформировать актуальную базу знаний: оценить эффективность современных научных методов исследований и применяемых в РЗА инновационных технологий
  - познакомить мировое сообщество с достижениями российской школы релейщиков
  - сформировать концептуальные взгляды на модернизацию и развитие системы РЗА в России
  - открыть для российских специалистов возможность участия в работе SC В5 CIGRE, других технических комитетов и международных организаций
  - знакомиться и применять в России лучшие мировые практики и достижения в области РЗА, активно влиять на развитие современных технологий в РЗА на международном уровне



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

---

Контакты: [zhukov@so-ups.ru](mailto:zhukov@so-ups.ru)



## Объект управления - Единая энергетическая система России

- 71 региональная энергосистема, 7 объединенных энергетических систем
- параллельно с ЕЭС России работают ЭС 12 государств (Беларуси, Украины, Казахстана, Латвии, Литвы, Эстонии, Азербайджана, Абхазии, Грузии, Узбекистана, Киргизии, Молдавии и Монголии); через ВПТ осуществляется работа с ЭС Финляндии и Китая
- протяженность линий электропередачи 110 - 750 кВ – более 490 тыс. км
- линий электропередачи 110 - 750 кВ – более 13 тысяч
- электростанций установленной мощностью свыше 5 МВт – 880
- подстанций напряжением 110 – 750 кВ – более 10 тысяч
- установленная мощность электростанций ЕЭС России – более 245 тыс. МВт
- оперативно-диспетчерское управление всеми объектами в составе ЕЭС России на территории 81 субъекта Российской Федерации от Калининграда до Дальнего Востока



