



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR



# Цифровые технологии диспетчерского управления

**Приходько Сергей Валерьевич**

Начальник Службы развития и сопровождения ОИК



## Цифровые инструменты и технологии



### СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Видеостены



### ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ (ИУС)

~200 ИУС и ПК



### СРЕДСТВА СВЯЗИ

Прямые каналы связи  
с энергообъектами

~ 2,6 млн ■ сигналов телеинформации о технологических режимах работы энергообъектов поступает в ДЦ

~ 10,8 тыс. ■ объектов электроэнергетики, с которыми организованы каналы связи диспетчерских центров

~ 3 600 ■ серверов, обеспечивающих деловые процессы диспетчерских центров

~ 170 ■ подсистем диспетчерской связи

~ 6 300 ■ единиц мультиплексирующего и сетевого оборудования

~ 2 млрд ■ первичных событий ежедневно обрабатывают системы информационной безопасности

~ 5 000 ■ внешних атак еженедельно предотвращают системы информационной безопасности

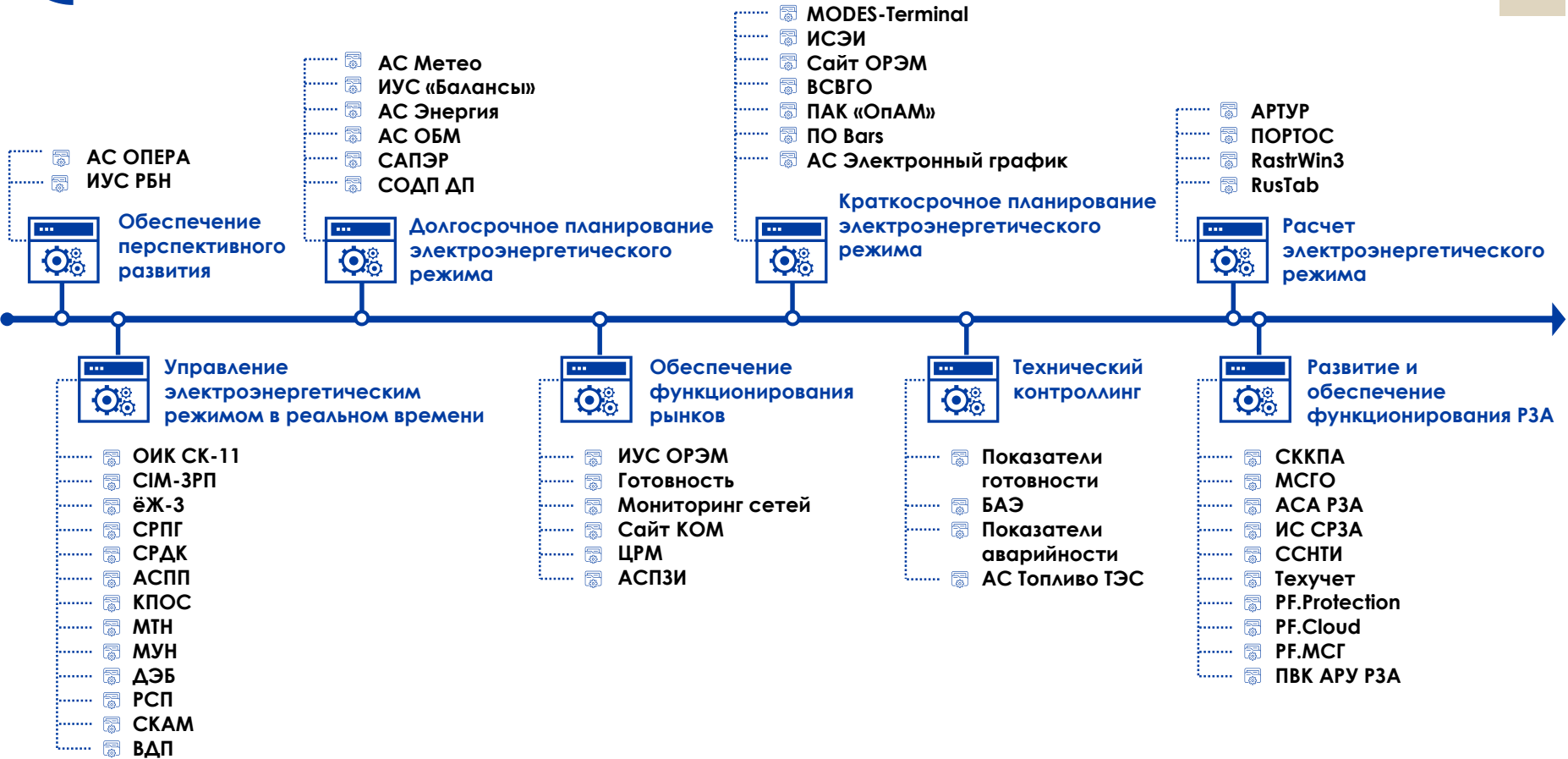
Серверная  
инфраструктура ЦОД

Телекоммуникационная  
инфраструктура

Информационная  
безопасность



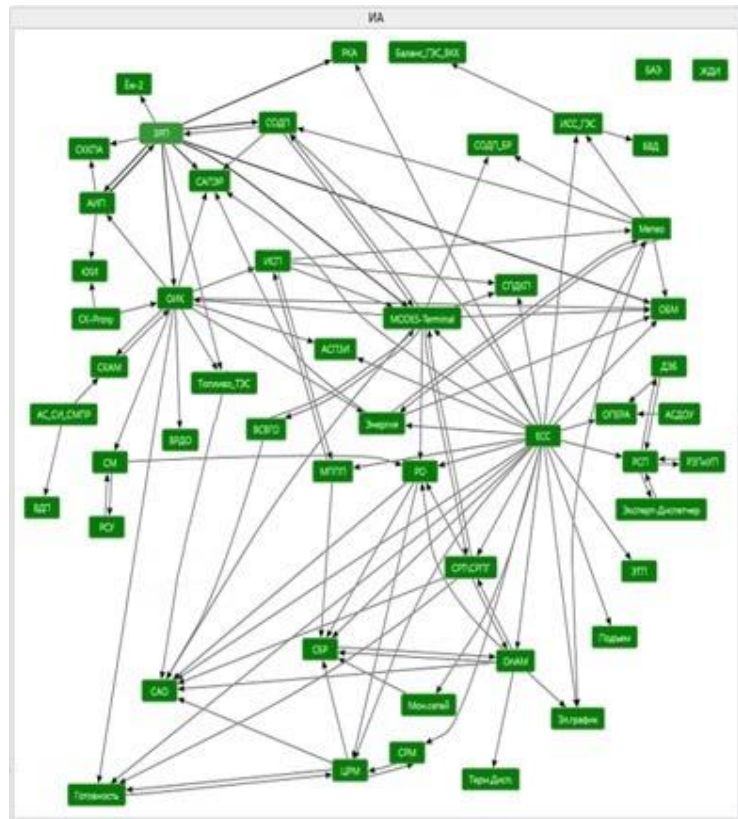
# Цифровые технологии в процессах СО ЕЭС





# Автоматизированные системы СО

Автоматизированные системы АО «СО ЕЭС»			
Технологические автоматизированные системы (АСДУ)			АС общего назначения
ОИК и интегрированные с ОИК АС		Прочие технологические АС	
<b>В составе ОИК</b>	<b>Интегрируются с ОИК</b>		
- ОИК СК-2007 - МТН - МУН - КПОС	- ПАК «Коммуникационный процессор СК-Розы»  - ЗРП - ПК «Заявки» - ПК «Перечень» - ПО «Ремонты»	- ПАК ЦППС SMART-FER  - ЦКС АРЧМ  - ПАК ОпАМ - ПАК СБР  - ПАК «MODES: Terminal» - Система мониторинга БР	- ПО СДПМ - АС ОПЕРА  - ПАК РодОС  - ПАК ВСВГО - ПАК АС «Метео»
- ПАК СРТ/СРПГ	- ПАК ЕСС	- ПАК «Контроль АВРЧМ»	- ПО «Библиотека типовых режимов ГЭС»
- ВЖ-2	- АС КОАНС	- ПАК «Анализ функционирования устройств РЗА»	- ПАК «БАЭ»
- ПАК «ЖДИ»	- ПАК АС «Энергия»	- ПАК EUROSTAG	- ПАК «ИСС карт-схем»
- ПАК «Терминал диспетчера»	- ПАК ЦРМ	- ПАК «RastrWin3»	- ПАК СПДКП
- ПО КЧК	- ПАК СМ	- ПК RuStab	- ПАК ДЭБ
- Подсистема интеграции ОИК ВЖ-2 с ПК Заявки	- ПАК СМ	- ПО СОДП БР	- ПО ИСС каскада
- Система управления мазанским диспетчерским щитом	- ПАК ИСП	- ПО СОДП	- ПО «Нагрузка ГЭС»
- Система управления видеостеной коллективного пользования диспетчерского зала	- ПК «Космос»	- ПО Vars	- ПАК Баланс ГЭС ВК каскада
	- АРМ СРЗА	- ИСС ГЭС	- Программа для ЭВМ «ПАРУС»
	- АС ОБМ	- ПК «Анализ функционирования устройств РЗА»	- ПАК «МППП»
	- ПО «Подъем»	- ПАК EUROSTAG	- ПО ИСЭИ
	- ПО «Готовность к регулированию»	- ПК «RastrWin3»	- ПК WINPROG
	- ПАК ТАС	- ПК RuStab	...
	- ПАК САQ	- ПО СОДП БР	
	- ПАК СЧХ	- ПО СОДП	
	- СКМТ		
	- АС СИ СМНР		
	- ПАК АСПЭИ		
	- СКМТ		
	- АС СИ СМНР		
	- ПАК АИП		
	- ПАК СККПА		
<b>Инфраструктурно и системное ПО</b>			
<b>Аппаратное обеспечение автоматизированных систем</b>			
<b>Сети связи</b>			

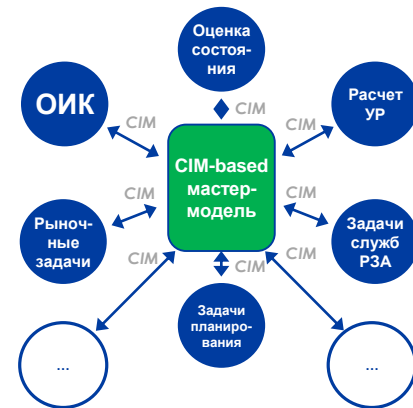
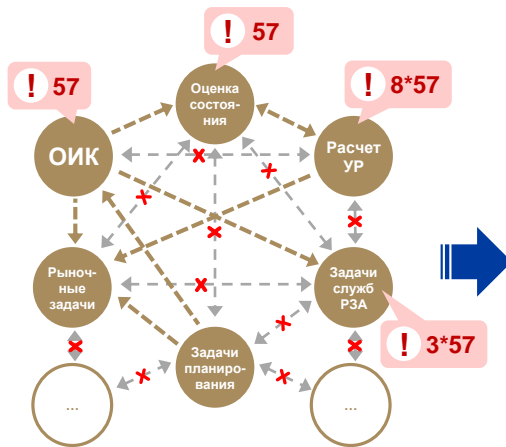
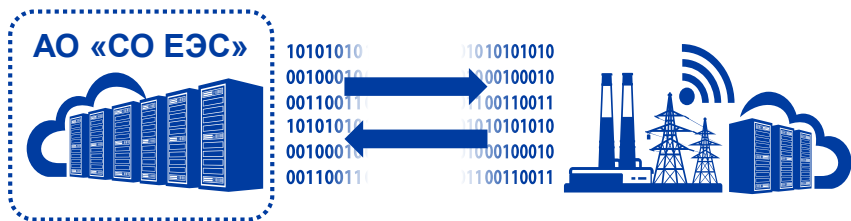




# Единая информационная модель ЕЭС России

## ЕДИНЫЙ ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ

- Переход от интеграции «точка – точка» к **интеграционной платформе и единой «мастер»-модели**
- Для задач расчета режимов и управления в реальном времени используется **Единая CIM-based модель**, содержащая более 7 млн элементов
- Выстроен процесс актуализации параметров Единой информационной модели в 57 диспетчерских центрах. **Упорядочены и оцифрованы информационные потоки**
- Информация не просто собрана в одном месте, она **структурирована в унифицированном формате**



## НОВЫЙ УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ

- Переход от **периодических проверок локальных расчётных моделей** к **управлению качеством общих данных** посредством использования в сквозных деловых процессах
- Переход от «документа» как бумажной копии к оперированию **наборами данных в цифровой плоскости**

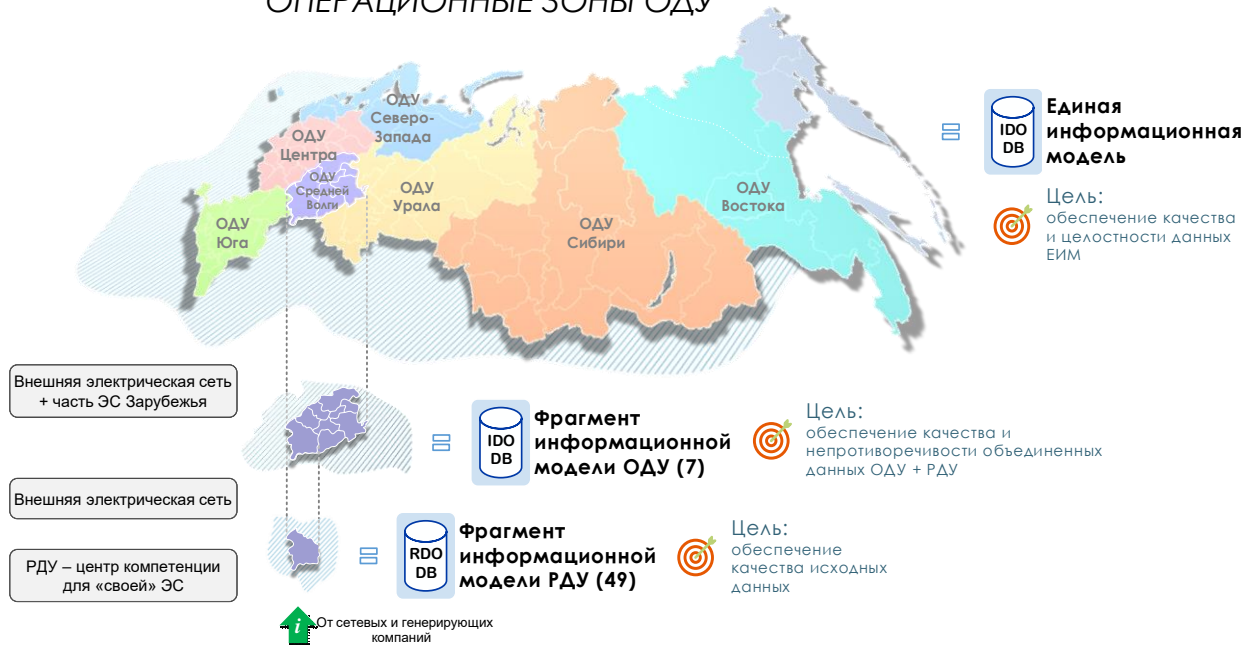


# Единая информационная модель ЕЭС России

## УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ

- **Автоматическая проверка** с использованием ~700 формализованных правил (более 1000 критериев)
- **Увеличение точности и подробности моделей**, всегда актуальная информация по «соседним» операционным зонам
- **Одна точка ввода данных** – центр уникальных компетенций (РДУ)
- **Обеспечение требований** к автономности диспетчерских центров

## ОПЕРАЦИОННЫЕ ЗОНЫ ОДУ



Единая информационная модель ЕЭС России и зарубежья: 9 246 000 именованных объектов



1 366 электростанций



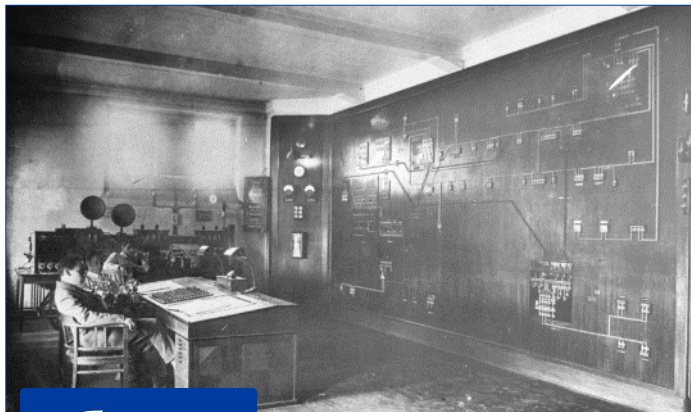
15 847 подстанций



20 738 ЛЭП



29 211 силовых трансформаторов



**было**

Первый диспетчерский щит Мосэнерго, конец 1920-х

- Первый диспетчерский щит сделан из фанеры
- Схема (ЛЭП, объекты, оборудование) изготовлена из карболита
- Использовались сигнальные лампы для отображения состояния оборудования

Современный диспетчерский щит АО «СО ЕЭС»

- СКОИ на основе видеопроекционных панелей
- Схема (ЛЭП, объекты, оборудование) отрисована на основе Единой информационной модели (ЕИМ)
- Оперативно-информационный комплекс (ОИК) нового поколения

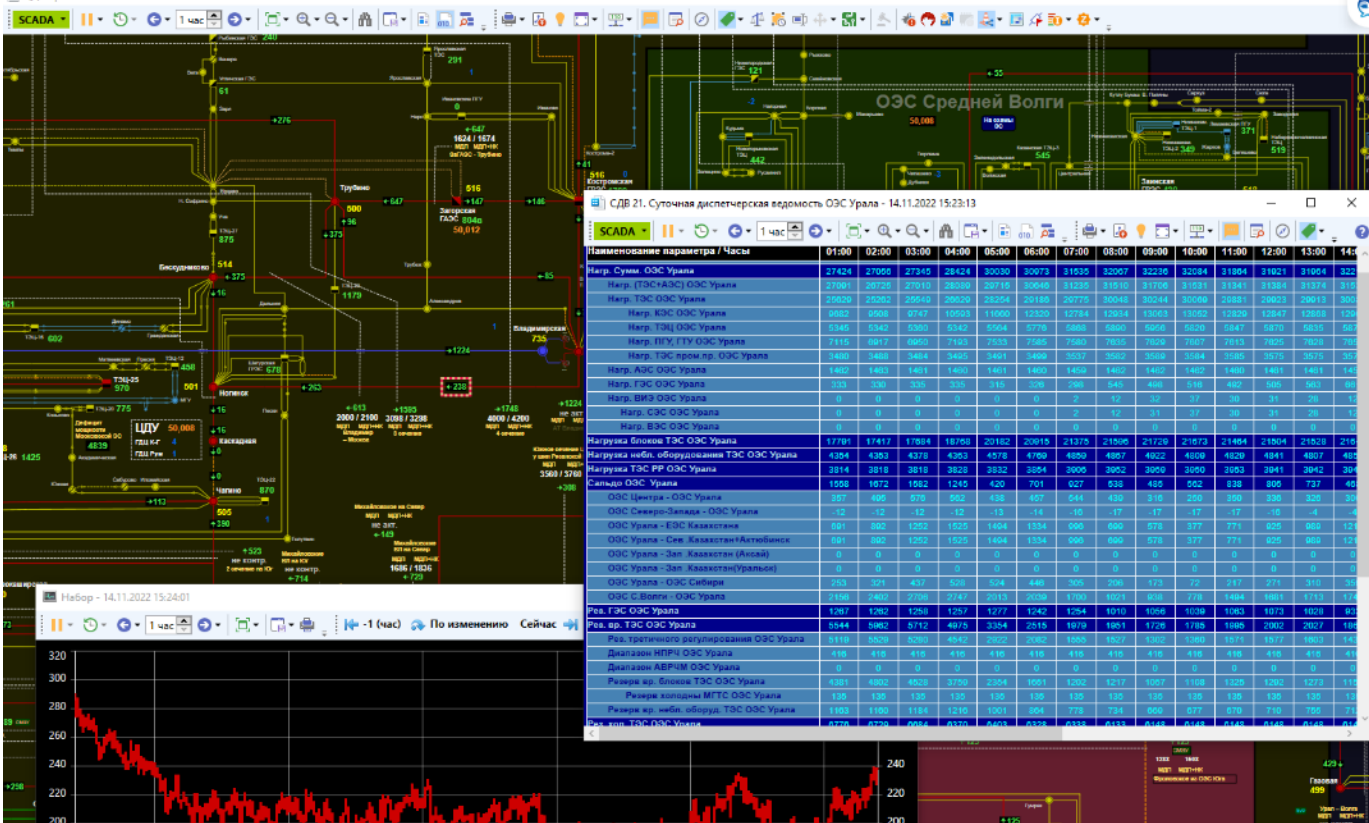


**стало**



# Базовая функциональность ОИК СК-11 (SCADA)

ЦДУ - режимная схема - 14.11.2022 15:24:01



Паспорт значений объекта

15:22:02.763

### Переток активной мощности

Фактическое значение

Имя	Факт РП ВЛ 500 кВ Ногинск - Владимирская (ПС 750 кВ Владимирская) [11617]
Значение	211.39
Единица измерения	МВт
Качество	достоверное
Источник	телеметрия
Способ формирования	репликация
Объект	ПС 500 кВ Ногинск - ПС 750 Владимирская
Идентификатор	38C5941F-2554-4d63-9239-7964d4902cd
Путь в модели	Географическое дерево / Российская Федерация / Центральный ФО / Московская область / ЛЭП 500 кВ ВЛ 500 Ногинск - Владимирская / ПК кВ Ногинск - ПС 750 кВ Владимирская / Измерный 750 кВ Владимирская
Время	14.11.2022 15:22:00.111
Время рождения	14.11.2022 15:21:59.448

### Переток реактивной мощности

Фактическое значение

Имя	Факт ОВ ВЛ 500 кВ Ногинск - Владимирская (ПС 750 кВ Владимирская) [3396]
Значение	-145.44
Единица измерения	Мвар
Качество	достоверное
Источник	телеметрия
Способ формирования	репликация
Объект	ПС 500 кВ Ногинск - ПС 750 Владимирская
Идентификатор	a22b6af-aad7-403e-a212-d27500a4950c
Путь в модели	Географическое дерево / Российская Федерация / Центральный ФО / Московская область / ЛЭП 500 кВ ВЛ 500 Ногинск - Владимирская / ПК кВ Ногинск - ПС 750 кВ Владимирская / Измерный 750 кВ Владимирская





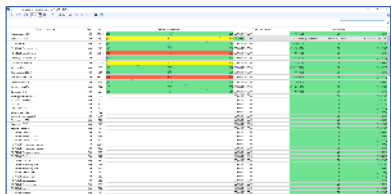
## Системы контроля режима Мониторинг токовых нагрузок (МТН)

- Контроль токовой загрузки
- Контроль несимметрии
- АОПО



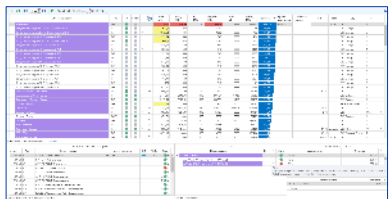
## Мониторинг уровней напряжения (МУН)

- Контроль выполнения графиков напряжения
- Контроль уровней напряжения
- Анализ повышения\снижения напряжения



## Контроль перетоков и ограничений в сечениях

- Контроль перетоков в КС
- Режим калькулятора
- Расшифровка ДП



## Синхронность значений

ДЦ1

73%

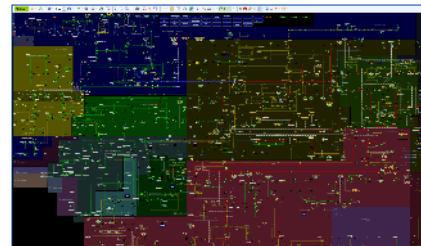
токовая  
загрузка  
оборудования

73%

ДЦ2

Унификация процесса управления режимами  
с расчётом установившегося режима

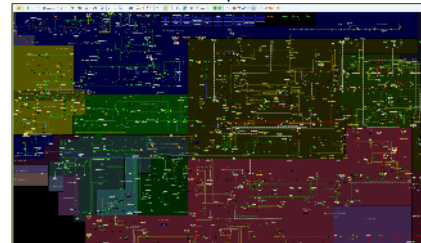
Режим  
слежения



бесшовный переход

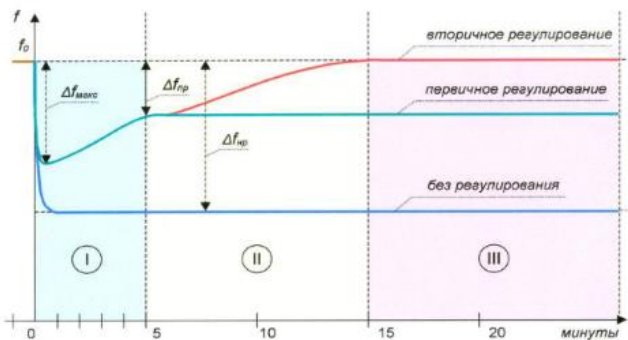


Режим  
исследования

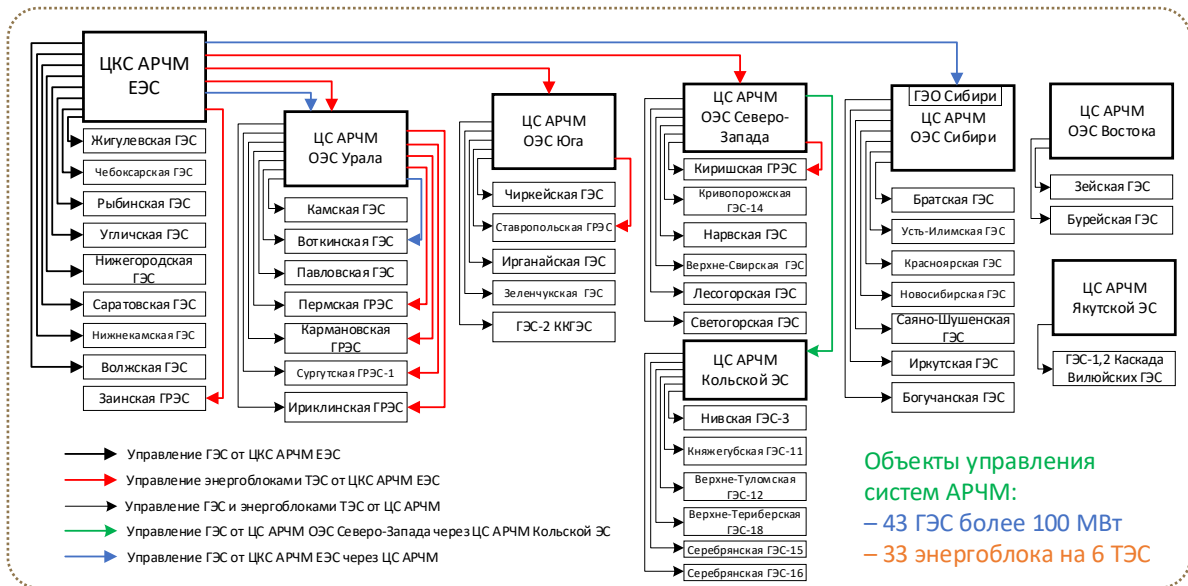




**Вторичное регулирование частоты и перетоков активной мощности** осуществляется для восстановления номинальной частоты, резервов первичного регулирования, восстановления заданных (плановых) значений внешних перетоков областей регулирования, а также для ограничения перетоков активной мощности в контролируемых сечениях



- I. Ограничение ( $\Delta f_{max}$ ) и снижение ( $\Delta f_{гр}$ ) отклонения частоты до безопасной величины первичным регулированием
- II. Восстановление нормальной частоты вторичным регулированием и ослабление действия первичного регулирования
- III. Восстановление истраченного вторичного резерва третичным регулированием



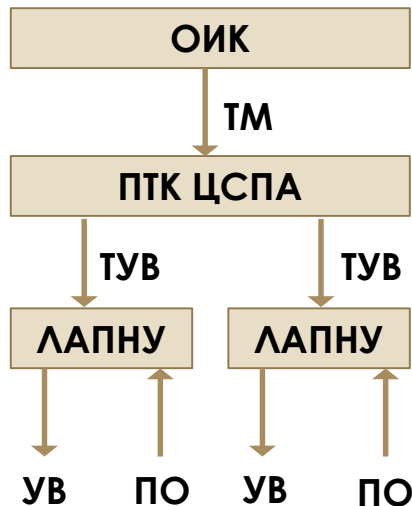
**Объекты управления систем АРЧМ:**  
 – 43 ГЭС более 100 МВт  
 – 33 энергоблока на 6 ТЭС



# Централизованная система противоаварийной автоматики



**ЦСПА** предназначена для повышения точности и сокращения избыточности управляющих воздействий ПА (снижение ущерба) и расширение области допустимых режимов работы энергосистемы при ограниченном объеме УВ



## Функционирование ЦСПА:

- ОЭС Востока
- ОЭС Сибири (ЦСПА АО «ИАЭС»)
- ОЭС Урала
- ОЭС Средней Волги
- ОЭС Юга
- ОЭС Северо-Запада
- ОЭС Центра (ОЭ)
- Тюменская энергосистема
- ПТК ПА Балтийского РДУ



## Эффективность ЦСПА:

- Оптимизация (снижение объема) управляющих воздействий
- Ограничение генерации ГЭС 300 МВт вместо 1000 МВт
- Отсутствие реализации ограничения нагрузки
- Отсутствие реализации ограничения генерации



# Система мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ)

**СМЗУ** предназначена для автоматического расчета максимально допустимых перетоков (МДП) активной мощности в контролируемых сечениях энергосистемы в режиме реального времени

Расчет производится на основе телеинформации ОИК и в соответствии с критериями НТД (МУ)

Использование СМЗУ позволяет повысить пропускную способность электрической сети в среднем на 10-20%

**Сравнение величин МДП, определенных в ПУР и рассчитанных СМЗУ для контролируемого сечения Кузбасс-Запад 18.07.2019**



## До ОИК | Внедрение ОИК и КПОС | Внедрение СМЗУ

До ОИК

Внедрение ОИК и КПОС

Внедрение СМЗУ



**МДП:  
1000 МВт**



№ п/п	Схема сети	Количество блоков на Березовской ГРЭС	Максимально допустимый переток, МВт	
			МДП без ПА <sup>2</sup>	МДП с ПА <sup>2</sup>
		0	Минимальный из: 1) 1550; 2) 2000-0,6*Р <sub>аб.лаг</sub>	Минимальный из: 1) 1550+0,6*Р <sub>ог.ар</sub> ; 2) 1700; 3) 2000-0,6*Р <sub>аб.лаг</sub>
243.	Регионт: ВЛ 500 кВ Назаровская ГРЭС – Ново-Алджерская	1	Минимальный из: 1) 1700; 2) 2100-0,6*Р <sub>аб.лаг</sub>	Минимальный из: 1) 1700+0,6*Р <sub>ог.ар</sub> ; 2) 1800; 3) 2100-0,6*Р <sub>аб.лаг</sub>



Определение МДП **в режиме online (СМЗУ)** на основании фактических режимно-балансовых условий функционирования энергосистем

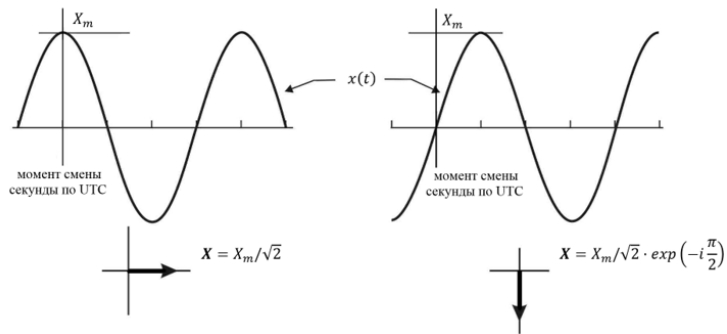
Наиболее тяжелые режимно-балансовые условия

Учёт влияющих факторов и формульные зависимости



## СВИ – синхронизированные векторные измерения:

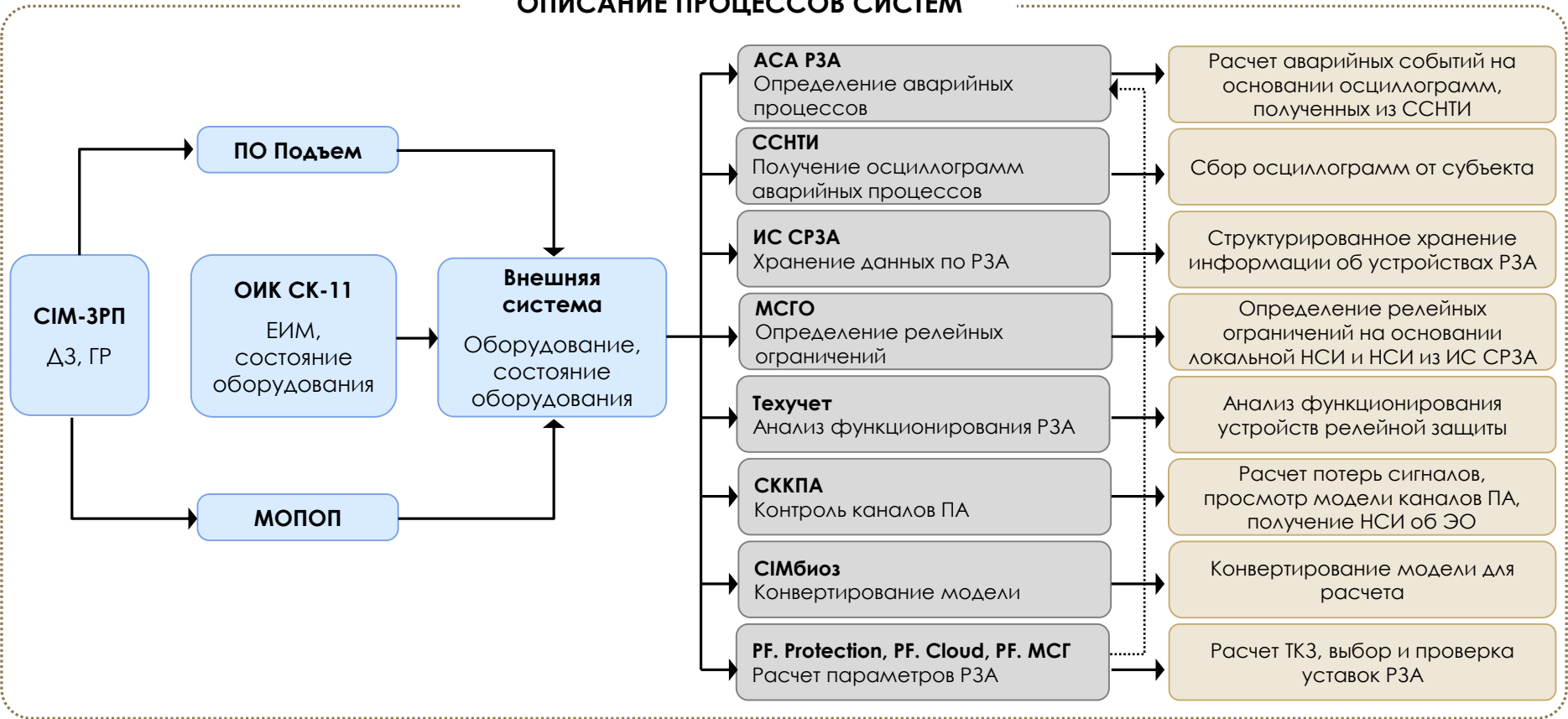
- Измеряются раз в 20 мс
- Синхронизированы по времени



- **АССИ СМПР** – автоматизированная система сбора информации с регистраторов системы мониторинга переходных режимов.
- **СКАМ** – система мониторинга синхронных качаний активной мощности по данным СМПР в режиме реального времени. Мониторинг и оповещение о возникновении качаний в контролируемых сечениях
- **ВДП** – система мониторинга динамики изменений режимных параметров ЕЭС
- **СМСР** – система мониторинга функционирования автоматических регуляторов возбуждения и систем возбуждения синхронных генераторов электрических станций. Мониторинг и своевременное выявление неисправных или некорректно настроенных АРВ и СВ
- **МФУК** – система мониторинга устройств и комплексов СМПР. Ведение комплексов СМПР, хранение НСИ
- **ФЭП** – система формирования экспресс-протокола о достоверности и качестве данных СМПР. Мониторинг качества и достоверности данных СМПР



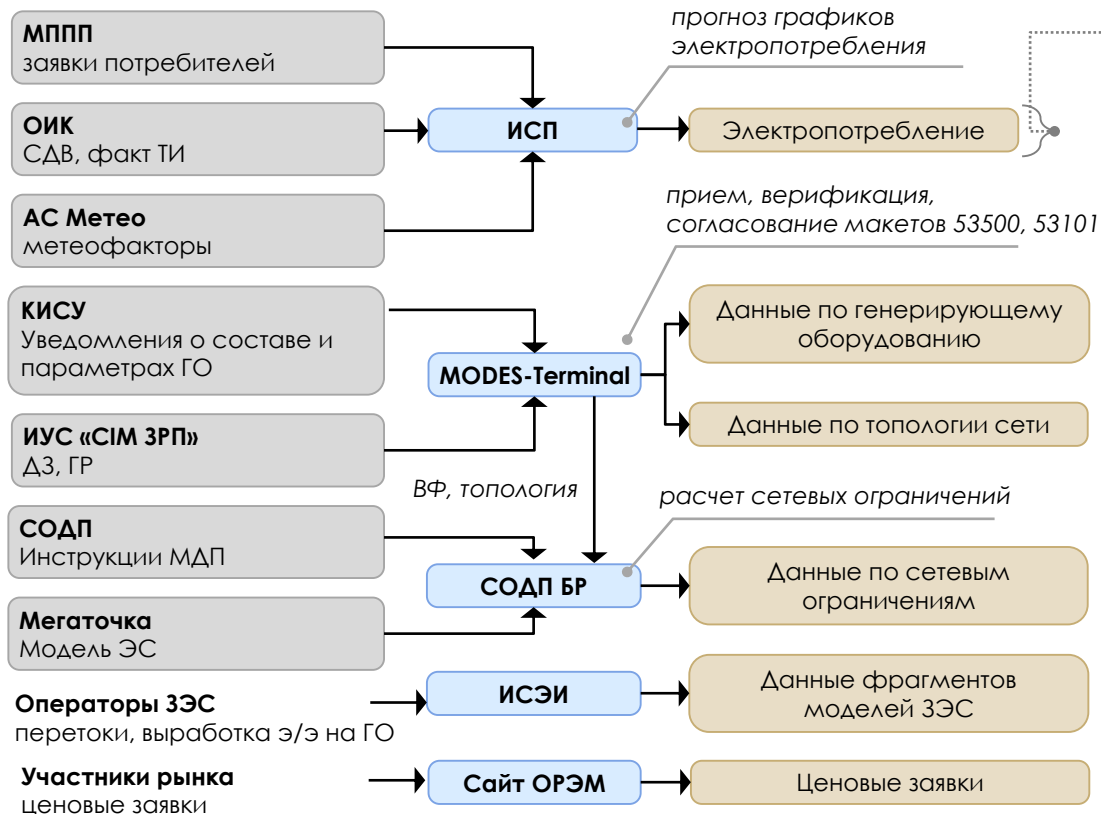
## ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМ



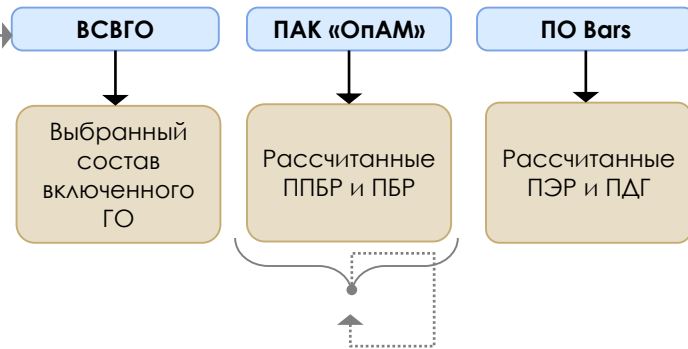


# ПАК в краткосрочном планировании режимов

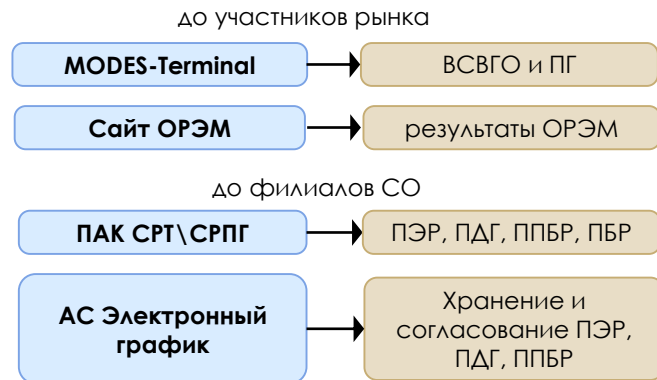
## 1. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИОННОГО РАСЧЕТА



## 2. ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ

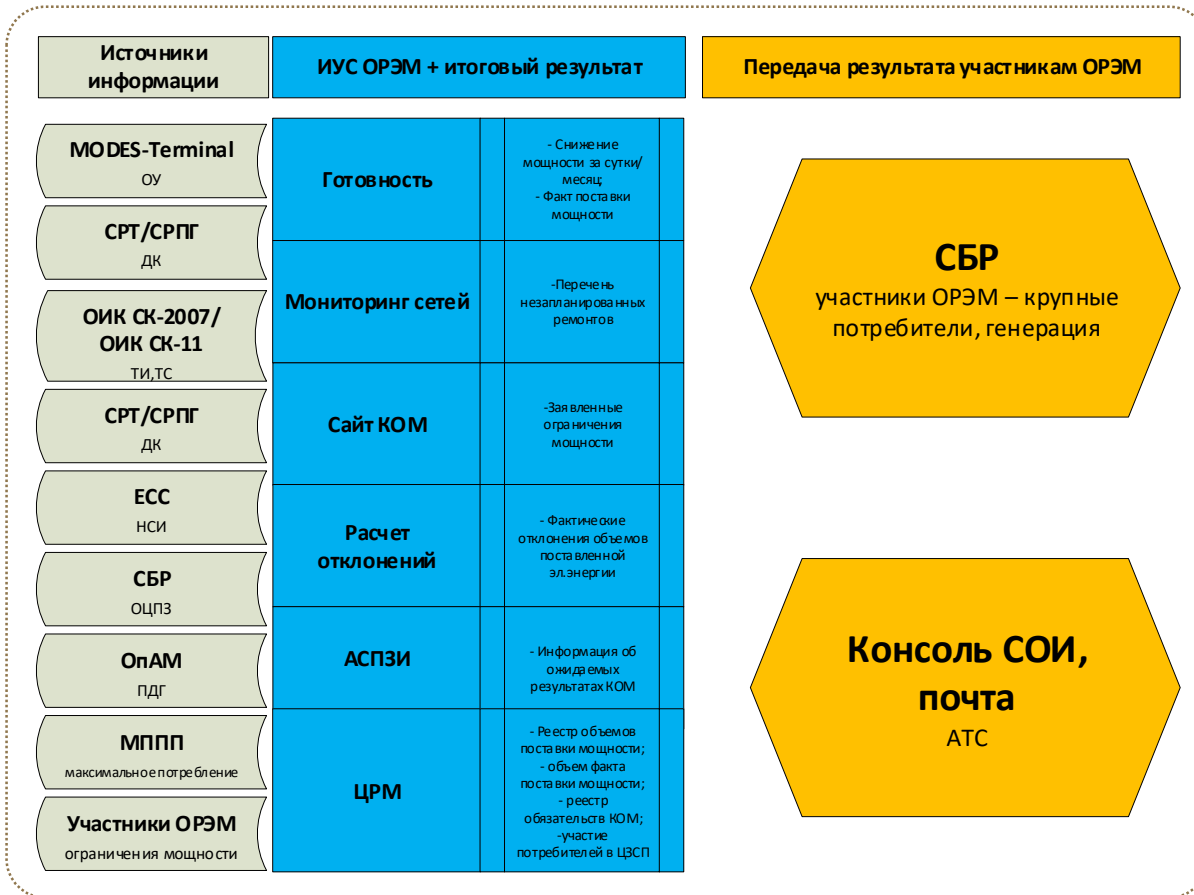


## 3. ДОВЕДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ





# ИУС для обеспечения функционирования рынка э/э и мощности







СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR



[www.so-ups.ru](http://www.so-ups.ru)

Оперативная информация о работе ЕЭС России

Спасибо за внимание!

**Приходько Сергей Валерьевич**

[Prikhodko-sv@so-ups.ru](mailto:Prikhodko-sv@so-ups.ru)