



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Год науки и технологий
Российской Федерации

VI Всероссийская научно-техническая конференция «Развитие и повышение надёжности эксплуатации распределительных электрических сетей»

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Илюшин Павел Владимирович

**д.т.н., руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических
систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических
исследования РАН»**

Москва, 29 июня 2021 г.

Основные тренды «энергетического перехода» из международной практики

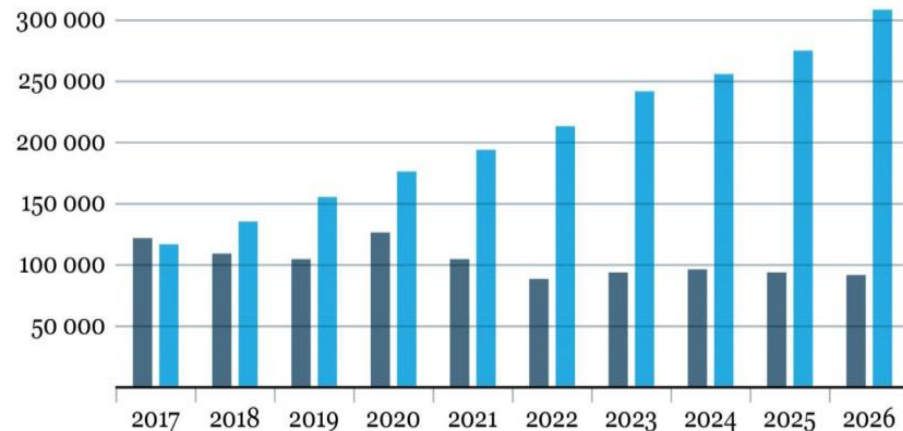
2

■ Децентрализация производства электроэнергии, включая технологии микрогенерации

■ Широкое внедрение генерации на основе возобновляемых источников энергии

■ Интеллектуализация электроэнергетики с созданием систем управления на основе концепции Smart Grid

■ Изменение моделей поведения потребителей, появление просьюмеров



Прогноз ввода новых мощностей
централизованной и распределенной
генерации в мире (МВт)

В распределительные сети интегрируются локальные интеллектуальные энергосистемы (ЛИЭС) созданные на основе распределенной генерации мощностью от 5 до 25 МВт



Приоритетные темы 49 сессии СИГРЭ (2022 г.) по направлению «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергоресурсы»

3

Решения и наработки в сфере распределенных источников энергии (РИЭ) для энергетического перехода и декарбонизации

- Конфигурирование и эксплуатация электрозарядной инфраструктуры
- Регулирование спроса и интеллектуальное конфигурирование нагрузок для расширения возможностей потребителей
- Электрификация транспорта, отопительных систем и промышленных процессов

Инновационное планирование и эксплуатация активных распределительных сетей

- Платформы агрегации и управления для активных распределительных сетей
- Стратегии и инструменты для интеграции РИЭ, определения максимальной мощности подключаемой РГ, управления перегрузками и предоставления системных услуг РИЭ
- Экологические аспекты электрификации сельских и неосвоенных районов, изолированные распределительные системы и промышленные системы с нулевым выбросом

Объединение РИЭ для повышения отказоустойчивости, надежности и энергетической безопасности распределительных сетей

- Конфигурация локальных систем накопления энергии для управления неопределенностями
- Координация многоресурсных энергосистем при поддержке современных технологий, включая интеллектуальные инверторные системы управления
- Индивидуальные микрогриды AC/DC, мультимикрогриды, управление виртуальными электростанциями и локальными энергосистемами и их интеграция в сети

Положения Энергетической стратегии РФ до 2035 года (утверждена Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 г. № 1523-р)

4

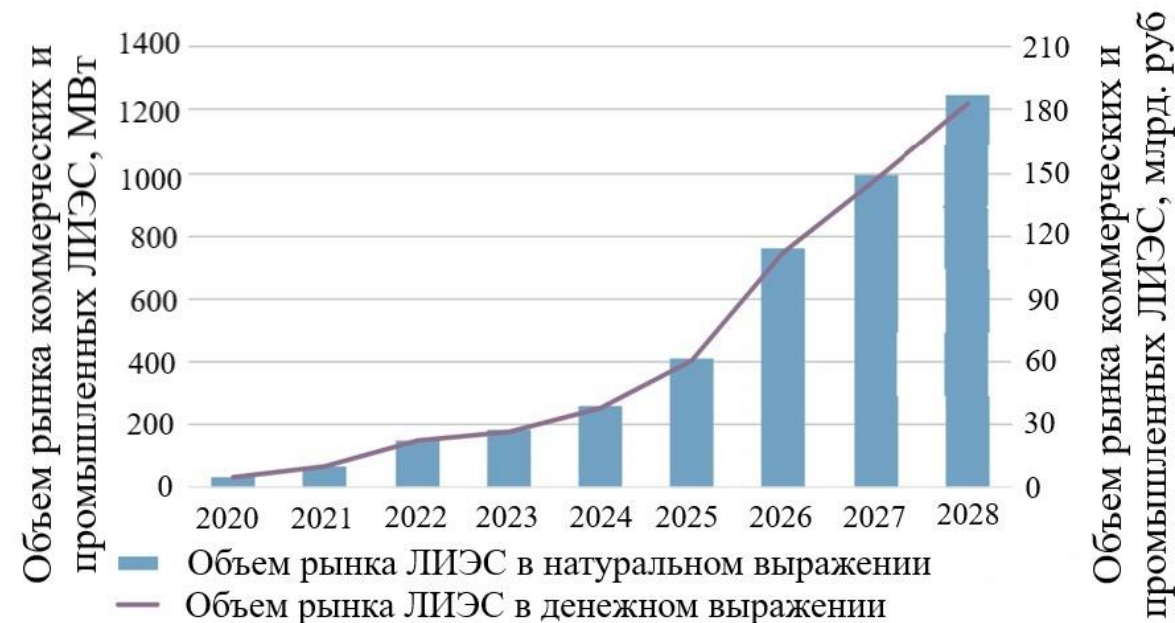
В рамках «дорожной карты» НТИ «Энерджинет» приоритетными являются **новые технические средства для создания интеллектуальных энергетических систем, в том числе локальных, как в изолированных энергорайонах, так и интегрируемых в ЕЭС России**

Новые технологии распределенного производства электроэнергии, микрогенерации, управляемого потребления, виртуального агрегирования ресурсов создают **новые условия для развития конкурентного розничного рынка электроэнергии на базе автоматизированных локальных торговых площадок**

Реализация пространственных приоритетов государственной энергетической политики предполагает **повышение устойчивости и надежности энергоснабжения макрорегионов с максимальным, экономически эффективным использованием местных энергетических ресурсов, ВИЭ и распределенной генерации, а также гарантированное обеспечение энергетической безопасности и развитие энергетической инфраструктуры для опережающего социально-экономического развития**

Текущее положение с объектами распределенной энергетики в России

5



**Объекты
распределенной
энергетики вынужденно
работают в
изолированном режиме
или параллельно без
выдачи мощности в
сеть**

Системы внутреннего электроснабжения промышленных предприятий:

ПАО «Сургутнефтегаз», Тепличный комбинат «ЛипецкАгро», Тепличный комбинат «Майский», Нижнетагильский металлургический комбинат (группа компаний Evraz) и другие

Активные энергетические комплексы: г. Тихвин (этап отборов пилотных площадок)

Коммунальные ЛИЭС: Мини-ТЭЦ «Березовая» 10 МВт (г. Новосибирск);
Мини-ТЭЦ «Сфера» 7,2 МВт (г. Южно-Сахалинск)

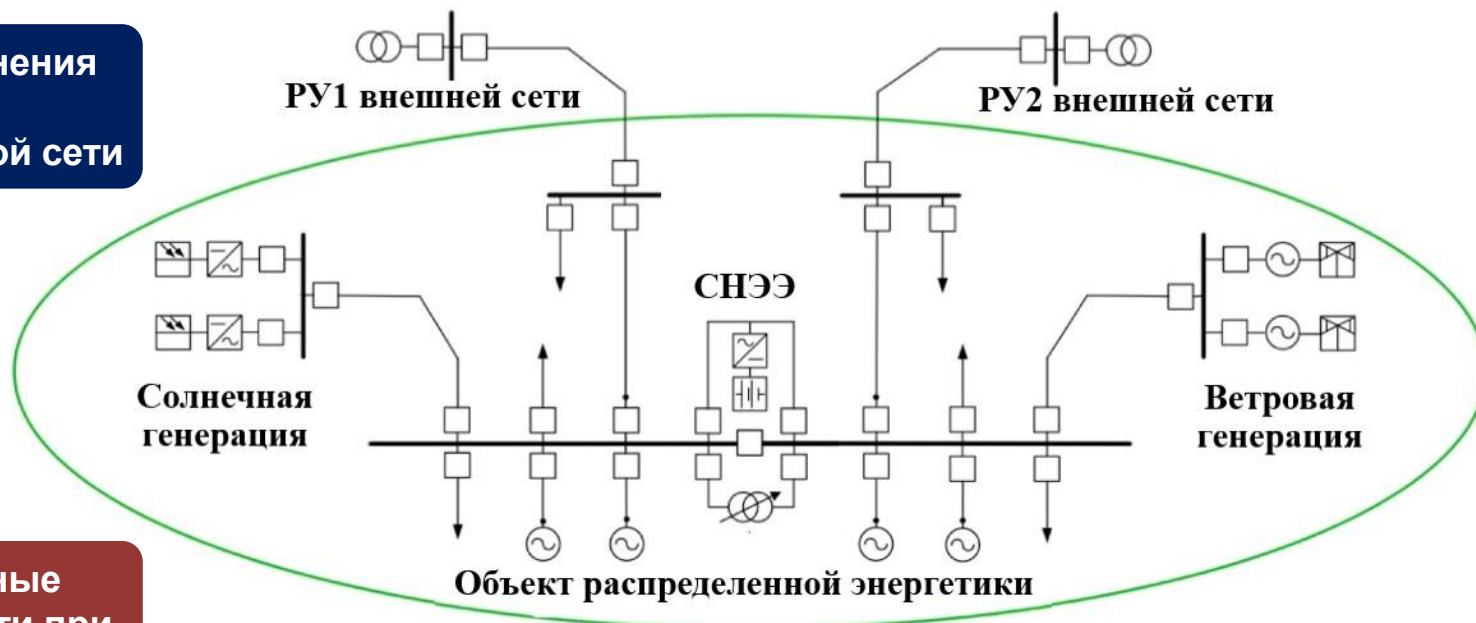
Развитие распределенной энергетики в России процесс малоуправляемый, слабо регулируемый и плохо прогнозируемый

- Содействовать развитию необходимо не столько распределенной генерации, сколько **распределенной энергетики**, которая является базовым элементом «энергетического перехода» при создании локальных интеллектуальных энергетических систем, с целью **соблюдения требований по повышению энергетической эффективности и снижению выбросов парниковых газов**
- Принципы создания локальных интеллектуальных энергосистем (ЛИЭС) в зоне централизованного электроснабжения с интеграцией в ЕЭС России и изолированных энергорайонах (Крайний Север и Дальний Восток) **быть универсальными и адаптироваться к местным условиям при проектировании**
- Для создания ЛИЭС на базе объектов распределенной энергетики необходимы **общие требования к ним, перечень технических решений на базе отечественных наилучших доступных технологий и методические рекомендации по их обоснованию и проектированию**

Интеграция ЛИЭС на базе объектов распределенной генерации

7

Схема присоединения
ЛИЭС к
распределительной сети



Двусторонние
перетоки мощности при
интеграция ЛИЭС

Интеграция взаимовыгодна электросетевым компаниям
и инвесторам ЛИЭС, так как позволяет обеспечить:

■ Присоединение потребителей

■ Надежность

■ Бесперебойность

■ Качество электроэнергии

■ Энергосбережение

■ Цифровизация

■ Наблюдаемость, управляемость

■ Энергоэффективность

Эффекты от интеграции ЛИЭС для распределительной сетевой компании (1 лист)

8

- **Сокращение необходимости в реконструкции ЛЭП и ЦП за счет использования объектов распределенной энергетики, позволяющих снять ограничения на присоединение новых потребителей к ЦП**
- **Выравнивания графиков загрузки ЦП за счет использования объектов распределенной энергетики в качестве компенсирующих устройств для повышения аппаратной надежности и долговечности оборудования**
- **Снижение индикативных показателей SAIDI, SAIFI за счет разгрузки ЦП и повышения бесперебойности электроснабжения потребителей за счет их питания от объектов распределенной генерации**
- **Повышение показателей качества электроэнергии в сети (нормализация уровней напряжения; симметрирование нагрузки; фильтро-компенсирующее устройство), сокращение затрат на установку СКРМ (бустеров), за счет привлечения АРВ генераторов для поддержания заданных уровней узловых напряжений и $\text{tg}\varphi$, что ведет к повышению устойчивости двигательной нагрузки и снижению потерь**
- **Снижение затрат на обеспечение требований потребителей 1-ой и 2-ой категории надежности к надежности внешнего электроснабжения от распределительных сетей, в том числе котельных, при их преобразовании в мини-ТЭЦ**

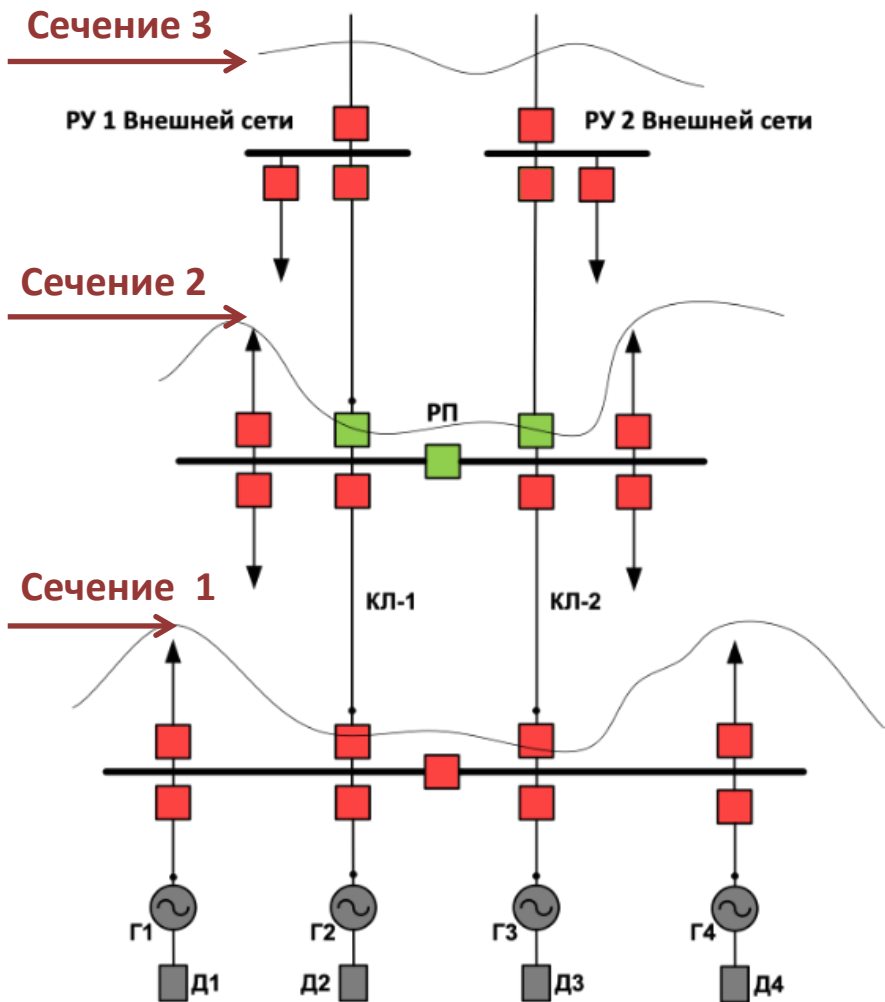
Эффекты от интеграции ЛИЭС для распределительной сетевой компании (2 лист)

9

- **Приобретение электроэнергии по более низкой цене, чем у гарантирующего поставщика, для компенсации коммерческих и сверхнормативных технологических потерь, что при определенных условиях выгодно собственникам объектов распределенной энергетики**
- **Рост объема цифровизации распределительных сетей за счет сторонних инвесторов, финансирующих работы по технологическому присоединению объектов распределенной энергетики**
- **Повышение наблюдаемости и управляемости сети 0,4-35 кВ при технологическом присоединении объектов распределенной энергетики**
- **Усиление роли центров управления сетями (ЦУС) и оперативно-диспетчерских групп в управлении режимами распределительных сетей 0,4-35 кВ при выполнении ими функций оперативно-технологического управления объектами распределенной энергетики**
- **Повышение влияния и роли в росте показателей энергоэффективности и энергосбережения электроэнергетики субъектов РФ за счет включения в состав СИПР раздела, направленного на развитие объектов распределенной энергетики, придав этому процессу регулируемый и плановый характер, а также повысив инвестиционную привлекательность ЛИЭС и распределительных сетей**

Автоматика для интеграции ЛИЭС в сети

10



Сечения 3 для регулирования выдачи мощности из ЛИЭС в распределительную сеть

Сечение 2 для отделения ЛИЭС в островной режим (обеспечение надежности электроснабжения потребителей при работе на условии самобаланса)

Сечение 1 для отделения объекта распределенной генерации по технологическим условиям, с обеспечением питания потребителей ЛИЭС от распределительной сети

Основные контролируемые и управляемые сечения в ЛИЭС

Функционал интеллектуальной системы управления работой ЛИЭС

11

Автооперирование

- ▶ Ввод в работу/вывод энергоблоков
- ▶ Синхронизация подсистем
- ▶ Восстановление нормального режима
- ▶ Оперативный и аварийный перевод станции в островной режим
- ▶ Перевод в режим параллельной работы
- ▶ Перевод однородной группы энергоблоков в режим регулирования частоты
- ▶ Перевод группы энергоблоков в режим регулирования мощности
- ▶ Перевод полной электростанции в режим островной работы

Режимное управление

- ▶ Регулирование частоты в островном режиме
- ▶ Регулирование перетока в режиме параллельной работы
- ▶ Регулирование напряжения в островном режиме и при параллельной работе

Противоаварийное управление

- ▶ Опережающее сбалансированное деление
- ▶ Предотвращение и ликвидация нарушений всех режимных ограничений в стационарных режимах (по загрузке оборудования, напряжениям, частоте, статической устойчивости)

Контроль и измерение

- ▶ Контроль текущего коммутационного состояния схемы сети
- ▶ Измерение режимных параметров оборудования и проверка их допустимости
- ▶ Векторное измерение параметров в опорных узлах сети с выделением прямой и обратной
- ▶ Достоверизация коммутационного состояния схемы сети, измеряемых параметров

Блокировка и превентивные действия

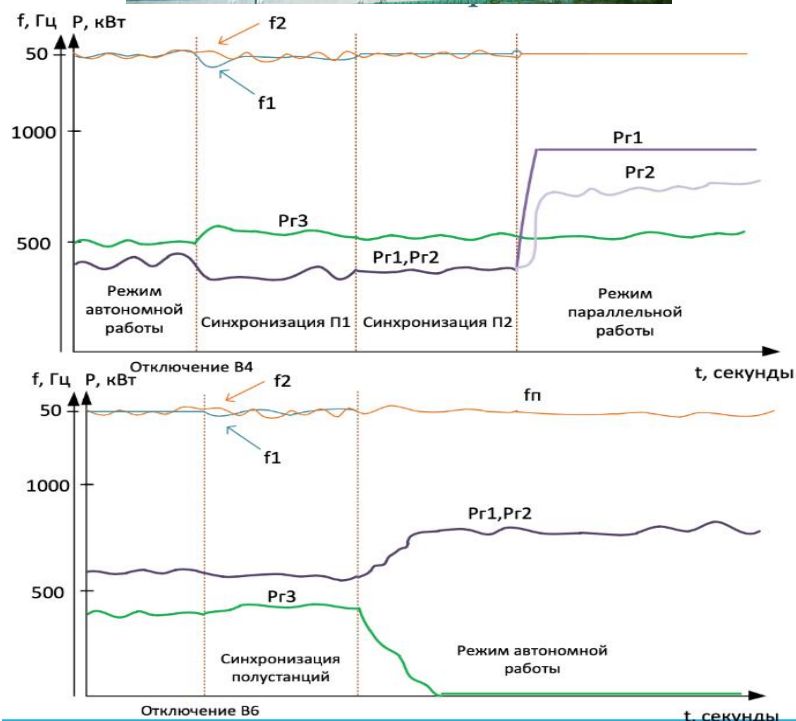
- ▶ Блокировка включений на параллельную работу по всем сечениям сети
- ▶ Перевод подсистем в островной режим работы при технологических нарушениях
- ▶ Блокировка оперативных включений/отключений с недопустимыми набросами/сбросами мощности в островном режиме

Сигнализация и визуализация

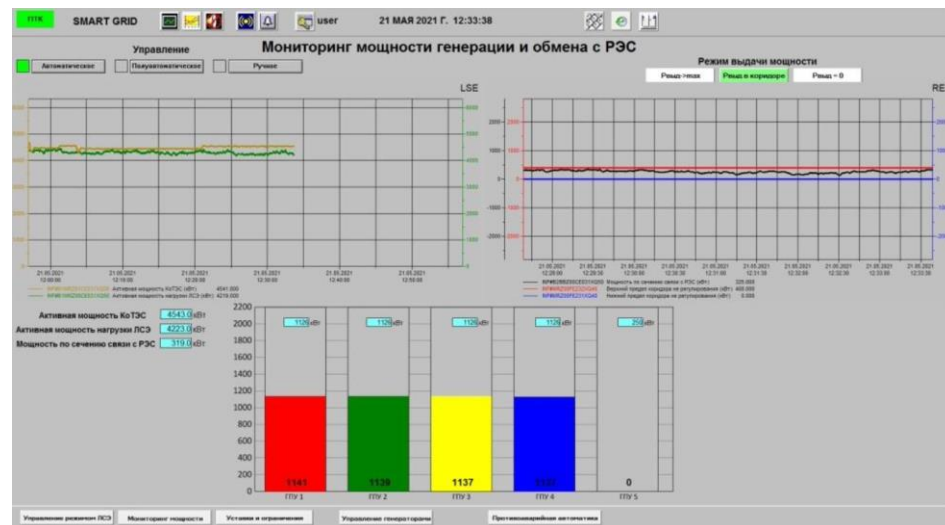
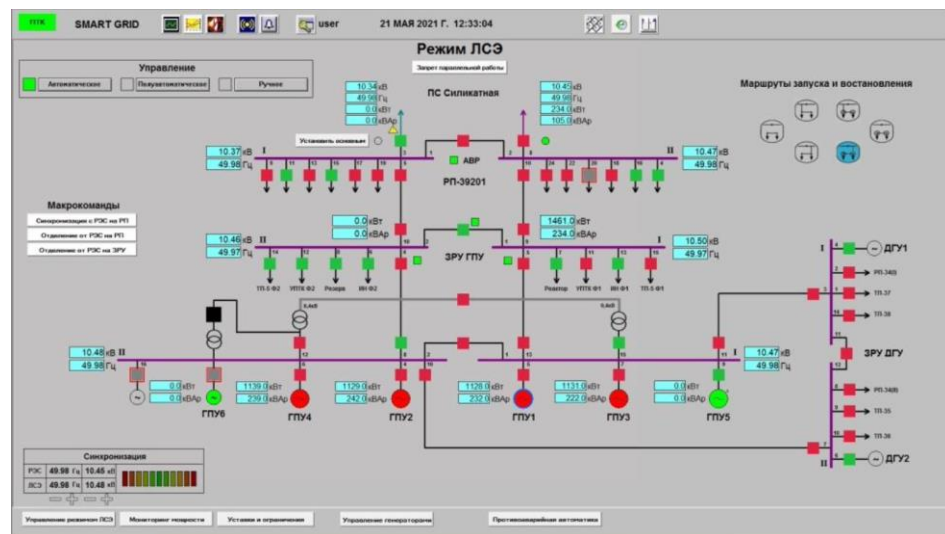
- ▶ Визуализация коммутационного состояния схемы с цветовым выделением синхронных подсистем
- ▶ Визуализация режимных параметров и ограничений
- ▶ Визуализация функциональной готовности (неготовности) подсистемы управления
- ▶ Сигнализация о нарушениях в ЛИЭС и системе управления

Опытно-промышленная эксплуатация ЛИЭС «Березовое» в Первомайском районе г. Новосибирска

12



Процессы автоперехода из автономного режима работы в параллельный и обратно с управлением нагрузкой генераторов



Фрагменты интерфейса автоматики ЛИЭС



- Перераспределение затрат ТПиР на цифровизацию электросетевого комплекса

- Минимизация затрат на ТОиР электросетевого оборудования и устройств РЗА

- Получение дополнительной надбавки к тарифу на передачу электроэнергии за счет повышения надежности и качества услуг (до + 2%)

- Минимизация затрат на компенсацию коммерческих и сверхнормативных технологических потерь

- Сокращение затрат на установку компенсирующих устройств, необходимых для снижения технологических потерь в сетях

- Снижение собственных расходов на цифровизацию сетей низкого и среднего напряжения при обеспечении роста наблюдаемости и управляемости в сетях за счет присоединения ЛИЭС

- Диверсификация бизнес-процессов и выполнение новых функций (например, агрегатора управления спросом)

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

14

- Создание ЛИЭС на базе распределенной генерации, распределительных сетей и интеллектуальных систем управления предусмотрено Энергетической стратегией РФ до 2035 г.
- Международные научные исследования нацелены на решение вопросов создания ЛИЭС мощностью 5-25 МВт и интеллектуальных систем управления ими, развитие которых будет ускоряться
- Развитие распределенной энергетики в России на текущий момент процесс малоуправляемый, слабо регулируемый и плохо прогнозируемый
- Интеграция ЛИЭС сопровождается получением значимых технических и экономических эффектов для всех участников, в особенности электросетевых компаний
- Распределительные сети могут возглавить процесс развития ЛИЭС, определяя целесообразность создания ЛИЭС, их мощности и места интеграции исходя из получаемых положительных эффектов
- Реализация «энергетического перехода» обеспечит взаимовыгодное функционирование распределительных сетей и создаст благоприятные условия для развития ЛИЭС



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !

Илюшин Павел Владимирович
ilyushin.pv@mail.ru