



ОТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ К ИНТЕРНЕТУ ЭНЕРГИИ



ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

Энергосистема будущего определяет особую роль электросетевого комплекса - технологического интегратора энергосистемы

ДРАЙВЕРЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ – новые технические решения, меняющие технологические и бизнес-процессы в электросетевом комплексе

- ▶ Распределенная генерация различных мощностей, в т.ч. на базе ВИЭ
- ▶ Новые технологии накопления и возврата электроэнергии из накопителей в сеть
- ▶ Регулирование режимов средствами силовой электроники
- ▶ Автоматическая реконфигурация сети
- ▶ Прямые взаиморасчеты между участниками рынка электроэнергии

БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ

- ▶ Сохранение единства, наблюдаемости и управляемости сети
- ▶ Замена и/или модернизация существующего оборудования
- ▶ Интеграция новых цифровых технологий обработки информации и Industry 4.0 с первичным и вторичным оборудованием электросетевых объектов

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ

Технологический подход ("от технологий")	Стоимостно ориентированный подход ("от бизнес-задач")
1. Выбор прорывных технологий	1. Постановка бизнес-задач
2. Изучение и пилотирование технологий	2. Изучение вариантов создания ценности для бизнеса
3. Определение ценности для бизнеса и формирование технической политики	3. Выбор технологий, пилотирование и формирование технической политики

Степень распространения распределенной генерации





ЗАДАЧИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

Энергосистема будущего –
глубоко интегрированная, цифровая,
самоподобная «горизонтальная»
энергосистема



- ▶ Оптимизация капитальных и операционных затрат
- ▶ Снижение потерь электроэнергии
- ▶ Повышение надежности и качества электроснабжения потребителей
- ▶ Сдерживание темпов роста тарифов
- ▶ Сокращение сроков технологического присоединения
- ▶ Повышение открытости и прозрачности работы электросетевого комплекса
- ▶ Общедоступный, надежный, прозрачный и проверяемый интеллектуальный коммерческий учет электроэнергии
- ▶ Простое и эффективное взаимодействие потребителей и поставщиков электроэнергии



ЭВОЛЮЦИЯ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

Реализация стоящих перед российской электроэнергетикой задач может быть эффективно осуществлена эволюционным путем с применением инновационных, прорывных технологий и решений, в том числе посредством полного перехода к цифровым сетям, цифровым подстанциям и цифровому управлению компанией

Эволюция реализации технологий "Цифровой подстанции" в ООО НПП "ЭКРА"



МЭК61850-8-1

Освоен серийный выпуск терминалов РЗА и ПА

Реализована поддержка МЭК61850-8-1 без использования дополнительных преобразователей и конвертеров протоколов



Пилотные проекты

ПС Чистополь и ПС Магистральная

1. Проверка взаимодействия с ПАС
2. Проверка взаимодействия с оптическими ТТ и ТН



Испытания и сертификация

Сертификат КЕМА

Подтверждено и сертифицировано соответствие устройств РЗА и ПА ООО НПП "ЭКРА" требованиям МЭК61850



Реализация проектов

ПС Медведевская

Ввод в промышленную эксплуатацию оборудования РЗА, ПА, АСУ ТП и НКУ ПАО "Транснефть" Выполнение СМР и ПНР ЦПС

2010

Лабораторные испытания

1. Прототипы устройств РЗА и ПА с МЭК61850-9-2LE
2. Прототипы устройств ПАС (АМУ)

2012

Проверка устройств КП, ПАС и ПДС с выносными УСО по МЭК61850

ПС Венец

1. Формирование опытного полигона ЦПС ПАО "РУСГИДРО"
2. Комплексные и испытания оборудования для ЦПС

Нижегородская ГЭС

Создание полигона ООО НПП "ЭКРА" для тестирования решений по ЦПС

Опытная эксплуатация

МЭК61850-9-2LE



2014

ПП 500кВ Тобол (МЭС Западной Сибири)

1. Применение устройств РЗА и РАС с МЭК61850-9-2LE для двух линейных ячеек 500 кВ

Опытная эксплуатация



2015

2017

1. Централизованное устройство защиты и автоматики ЦПС
2. Децентрализованная система защиты и автоматики ЦПС

Опытная эксплуатация



2018

ПАО "Транснефть"

2019

1. Серийный выпуск устройств для ЦПС
2. Типизация технических решений ООО НПП "ЭКРА" для ЦПС
3. Разработка специализированных технических решений для ЦПС для ПАО "РОССЕТИ" и ПАО "ФСК ЕЭС"

Реализация проектов





ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВИЗВЦИИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА

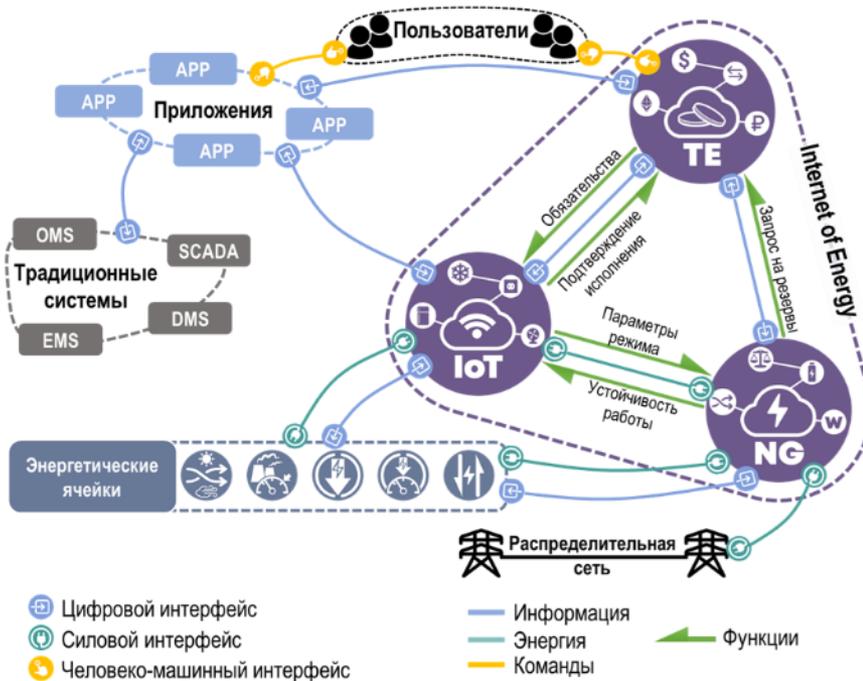




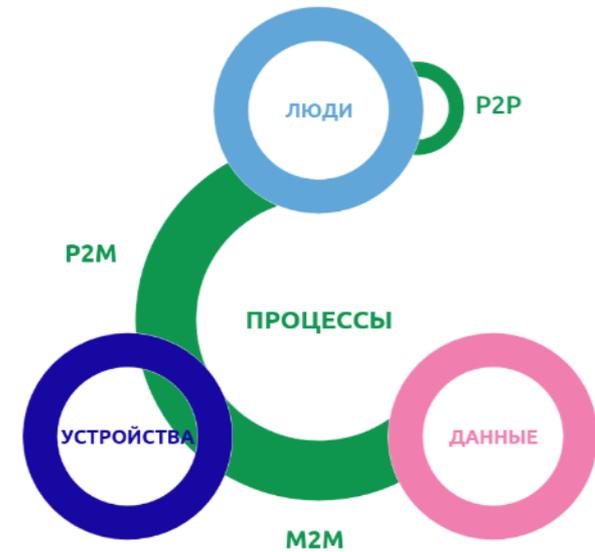
IoT - КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Компоненты киберфизической системы

1. Электрическая сеть – распределенный объект, имеющий ряд ограничений и выполняющий функцию передачи потоков энергии
2. IoE – IT система, работающая с потоками данных, энергии и обеспечивающая мультиагентное функционирование энергосистемы на всех уровнях: P2P, P2M и M2M



Источник: ЦСР Северо-Запад





ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ IoT



IoT:

Любая информация в любое время

ЦЭС:

Только для квалифицированных абонентов
Для всех остальных - с учетом прав доступа



IoT:

Доступность для каждого

ЦЭС:

Для энергии
Информация - только для квалифицированных абонентов



IoT:

Любой необходимый сервис

ЦЭС:

Только сертифицированные на безопасность для сети сервисы



IoT:

Любая информация на любом заявлении

ЦЭС:

Только для сертифицированных устройств



IoT:

Доступность в любом месте

ЦЭС:

Информация - только для квалифицированных абонентов
Энергия - только при наличии силовой сети



IoT:

Любые удобные пути доставки

ЦЭС:

Информация - только по сертифицированным каналам связи
Энергия - с учетом режимных и экономических ограничений



ИЗМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ IоE

ТРЕБУЮЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИЗНЕС-МОДЕЛИ

- определение новой модели рынка
- определение выгодоприобретателей
- выбор новых бизнес-технологий
- определение ответственных за проблемы в сети (DSO/TSO, ...)
- определение необходимых изменений в НПА и НТД

ТРЕБУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЫНКА И УСЛОВИЙ ПОСТАВКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

- развитие мультиагентного рынка, с широким вовлечением потребителей, непосредственно или через других участников рынка
- отработка взаимодействий и взаимозависимости между различными частями сложных многосвязных энергосистем на всех уровнях напряжения (ВН, СН, НН):
 - генерация
 - хранение
 - передача
 - распределение
 - потребители/просьюмеры
- новые профили потребления электроэнергии:
 - гибкое ценозависимое потребление
 - электротранспорт
 - накопители электроэнергии

ТРЕБУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ

- повышение наблюдаемости и управляемости сетей НН И СН
- повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии
- минимизация технологических и исключение коммерческих потерь электроэнергии
- снижение эксплуатационных затрат
- возможность работы с генерацией стохастического характера
- возможность работы с генерацией широкого диапазона мощностей, начиная с нескольких кВт
- возможность работы с двунаправленными потоками энергии
- повышение информационной безопасности всей инфраструктуры электросетей

ТРЕБУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ АКТИВОВ

- обновление и расширение пределов технологических возможностей активов
- широкая интеграция новых решений:
 - РГ, главным образом на основе ВИЭ
 - накопители электроэнергии
 - тепловая генерация с повышенной маневренностью
 - устройств силовой электроники для управления режимами работы энергосистем и оборудования
 - распределение электроэнергии на постоянном токе
- обеспечение информационной "прозрачности" активов и их интеграции с системами связи
- повышение интеллектуальности и информационной совместимости активов для обеспечения их взаимодействия в автоматических режимах

ТРЕБУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

- адаптация к бюджетным ограничениям инвестиционной деятельности:
 - оптимизация этапности с приоритетом для быстроокупающихся решений
 - концентрация сил и средств на оптимизации стоимостных характеристик новых устройств и технологий, в том числе в формах государственно-частного партнерства и консорциумов производителей



БИЗНЕС-МОДЕЛИ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Бизнес-модель электросетевого предприятия зависит от внедренных в сети технологий и действующей нормативно-правовой базы



Бизнес-модели / Группы функции	Владелец и оператор сетевой инфраструктуры	Оператор платформы ОТУ распределительной энергосистемы	Интегратор распределенной генерации в сети и системы	Провайдер распределенной генерации	Энергосервисная компания
Планирование развития сети	Orange	Yellow	Green	Blue	Pink
Управление работой сети	Orange	Orange	Green	Blue	Pink
Развитие оборудования и систем	Orange	Orange	Green	Orange	Pink
Управление данными	Orange	Orange	Green	Orange	Pink
Управление рынком	Orange	Orange	Red	Blue	Pink
Вовлечение потребителей в бизнес-процессы	Orange	Orange	Orange	Orange	Pink



РЫНОК ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА БАЗЕ IОЕ



1. Изменение бизнес-моделей

1. Участие потребителей различных уровней в бизнес-процессах электросетевого комплекса
2. Эффективная система управления активами энергосистемы и их обслуживанием
3. Принятие решений на основе специальных математических методов прогнозирующей аналитики и вероятностного моделирования
4. Ответственное обеспечение балансировки системы всеми участниками рынка

2. Новые взаимоотношения операторов

1. Равнозначное использование локальных и глобальных возможностей сети
2. Субъектно бесприоритетная диспетчеризация
3. Открытие рынка для новых участников

3. Новые продукты и стимулы

1. Продукты "гибкости" сети - участие в регулировании режимов в нормальных и аварийных режимах, в т.ч. минимизация сетевого резерва
2. Кросс-продукты с другими рынками энергоносителей, в т.ч. целях повышения энергоэффективности
3. Экономическое стимулирование участников рынка реагировать на системные условия в заданном месте и в заданное время
4. Предоставление электросетевым комплексом общественно значимых услуг

4. Изменение рынка

1. Обеспечение экономической эффективности для всех участников рынка
2. Минимизация операционных затрат
3. Эффективное распределение рисков между заинтересованными сторонами
4. Открытие рынка для новых участников



ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА БАЗЕ IОЕ

АРХИТЕКТУРА

- комплексная, объединяющая всех участников рынка - CO, сетевые компании, генерирующие компании, операторов рынка, потребителей и просьюмеров
- наблюдаемая и автоматически (или максимально автоматизированно) управляемая в реальном времени
- интегрированная с диспетчерскими системами с высоким уровнем искусственного интеллекта
- обеспечивающая максимальное использование технологических возможностей сети
- основанная на Виртуальных Электростанциях, Microgrid, AC/DC и других инновационных технологиях и их комбинации
- обеспечивающая конфиденциальность данных и информационную безопасность

ФУНКЦИОНАЛ

- интеграция распределенной генерации любых мощностей, в том числе просьюмеров
- балансировка сети с учетом требований рынка, в т.ч. за счет тепловой генерации с повышенной маневренностью, накопителей электроэнергии и активного управления потреблением
- поддержка напряжения, частоты статической и динамической устойчивости сети
- повышение эффективности систем РЗА за счет расширения их взаимодействия с системами управления и средствами регулирования режима
- повышение качества и надежности электроснабжения, самовосстановление сети после локализации
- «холодный пуск» микросетей, работы в изолированном режиме и автосинхронизации при подключении к энергосистеме

СЛОЖНОСТЬ

- решения должны быть применимыми для пользователей различной квалификации

ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ

- отражение новых требований электроэнергетики
- обеспечение предоставления социальных услуг

- реализация технологий Big Data, Blockchain, IoT, IIoT
- широкий набор инструментов обмена информацией

- стационарные и мобильные терминалы
- доступность интеграции новых оборудования и сервисов
- обеспечение конфиденциальности данных и устойчивости к киберинцидентам

ИТД



Цифровые платформы – технологическая основа IoE

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА - сущность и проблемы



01

Инновация, меняющая структуру традиционных рынков и создающая новые рынки
Проникая в бизнес-модели рыночных игроков, владельцы цифровых платформ наращивают свое влияние и начинают контролировать цепочки поставок, получают дополнительные рычаги контроля над транзакциями и могут влиять на соотношение спроса и предложения

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА - вызов для регулятора



02

Необходимость использования цифровых платформ в целях применения цифровых технологий
Недопущение контроля и цифровой монополизации рынка

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА - вызов для электросетевого комплекса



03

Получение преимуществ использования цифровых платформ
Преодоление рисков стратегической потери контроля над каналами сбыта и попадания в зависимость от владельцев цифровых платформ

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА - применение в электросетевом комплексе



04

Обеспечение управленческого баланса между эффективным стимулированием развития и применения национальных цифровых платформ и регулированием их деятельности в интересах электросетевого комплекса и всех участников рынков электроэнергии и решений для цифровых электрических сетей



IoE В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ

Шаг за шагом

Цифровизация оборудования и организация измерений



Коммуникации и DATA-центры



Нормативная база

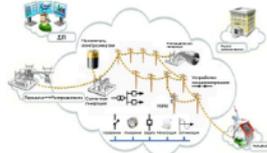


Формирование инфраструктуры цифровой электрической сети

Интеграция распределенной генерации и накопителей электроэнергии



Формирование сегментов IoE

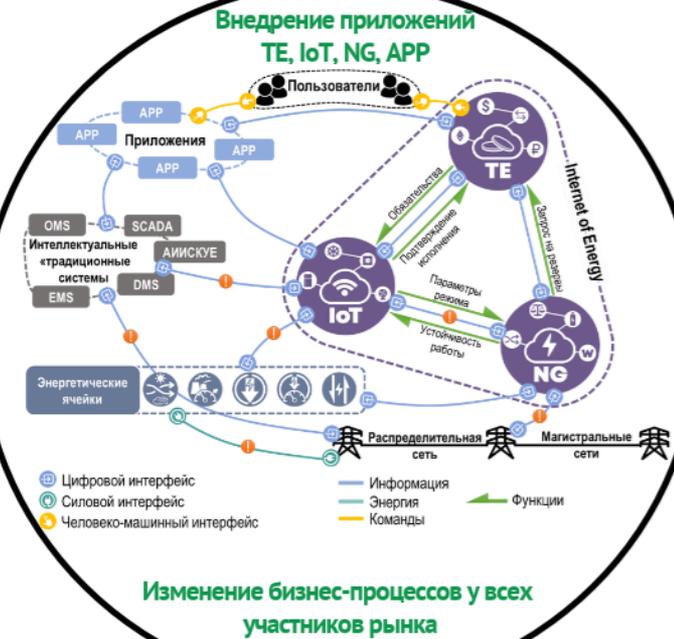


Интеллектуализация «традиционного» функционала

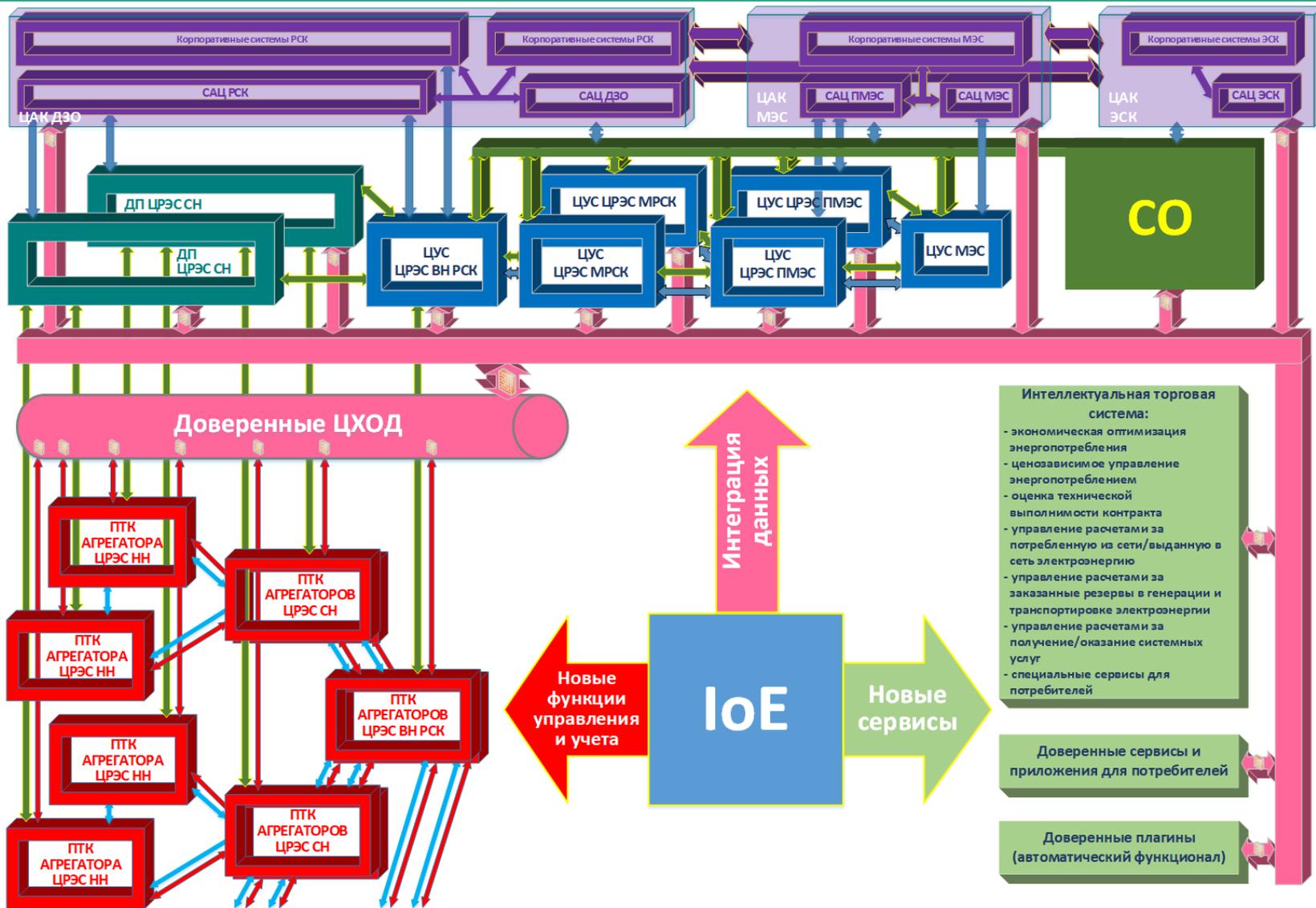


Формирование инфраструктуры IoE

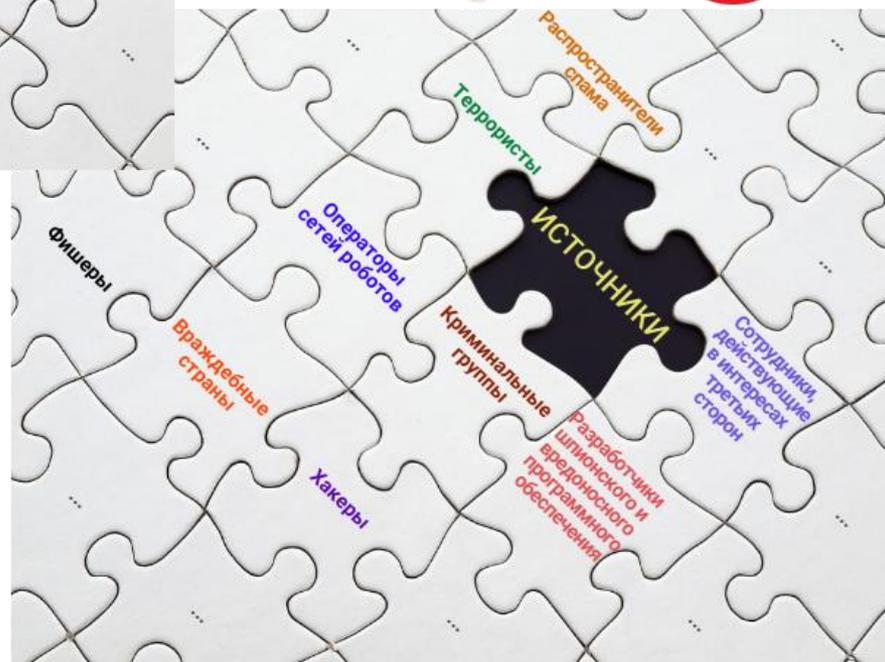
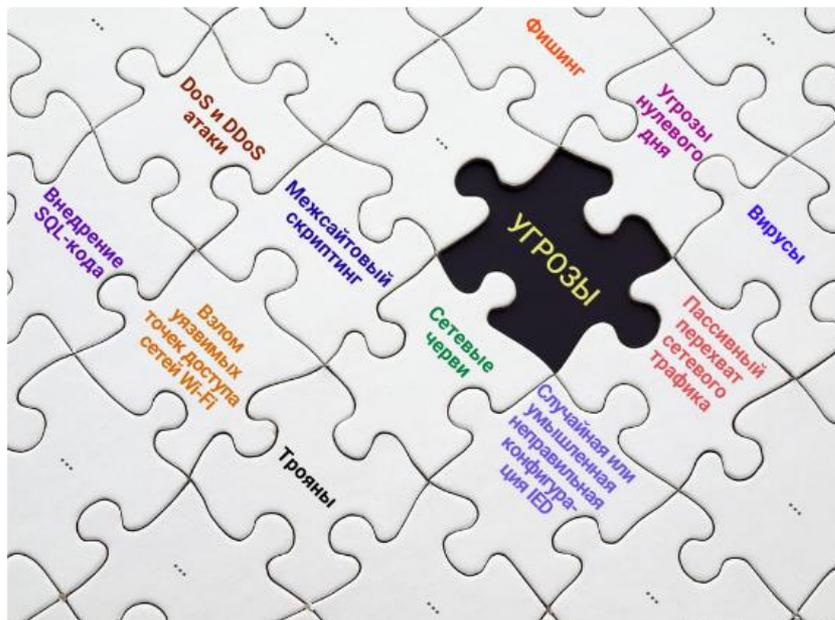
Построение IoE



IoE В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ



ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – КЛЮЧЕВОЙ ВОПРОС ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ IuE



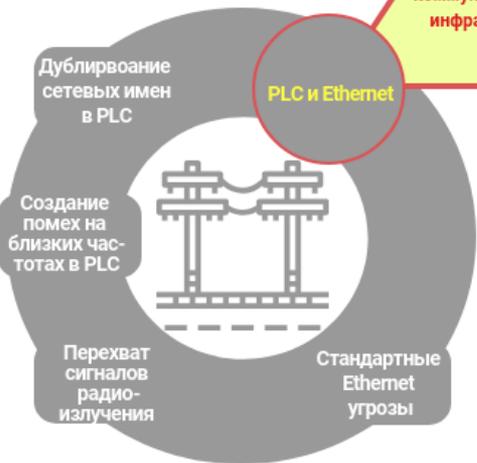


ПРИМЕРЫ УГРОЗ ЭЛЕМЕНТАМ ИОЕ



Угрозы в коммуникационной инфраструктуре

PLC и Ethernet



Оптические кабели

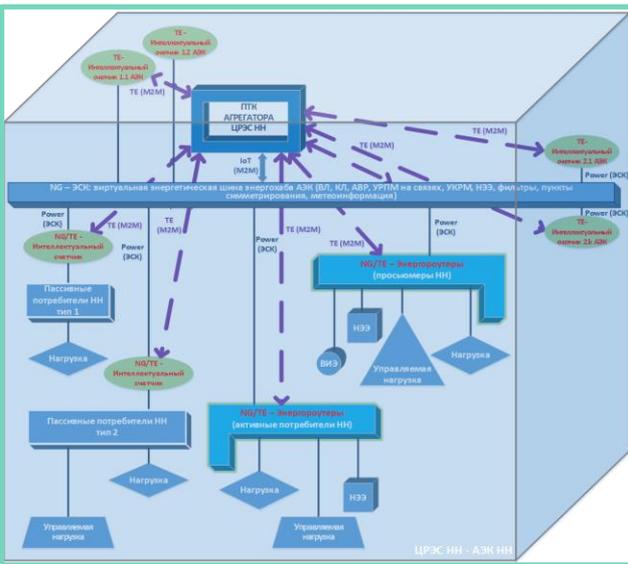
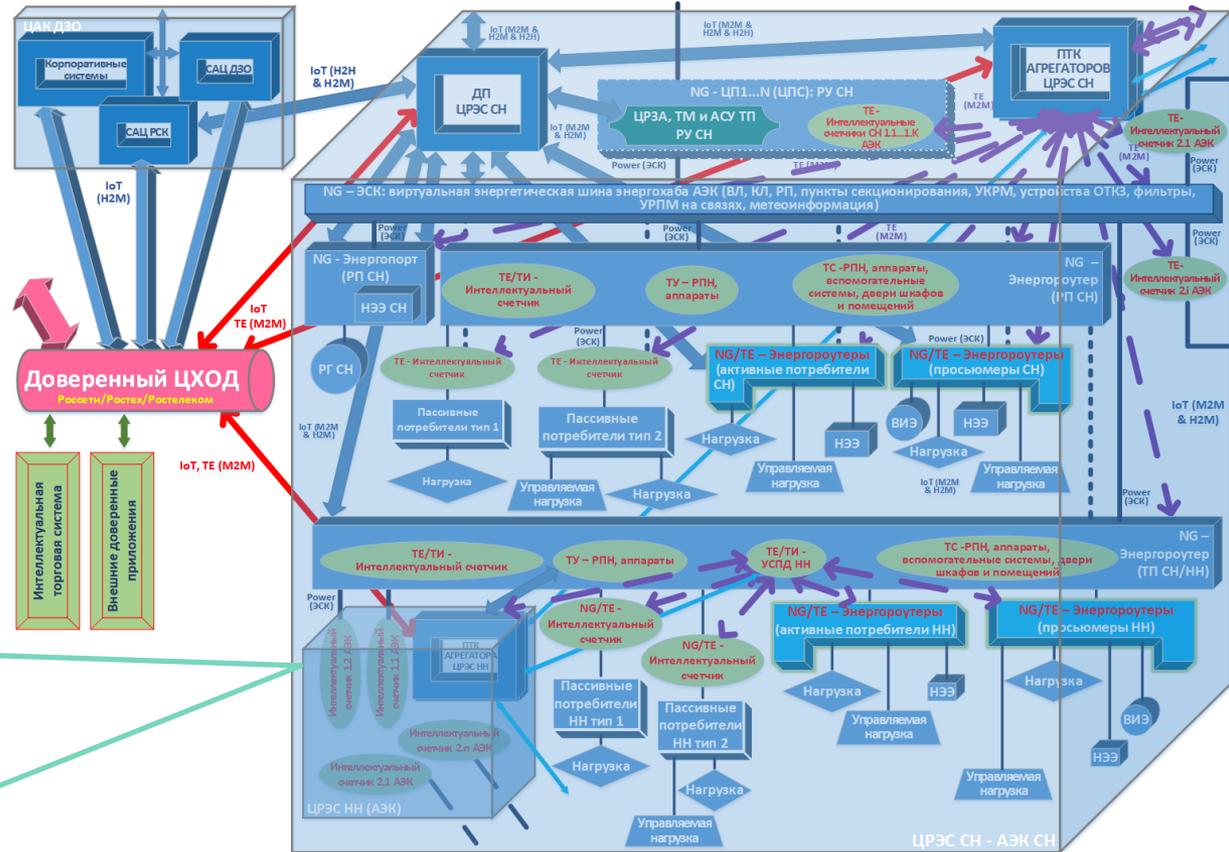


Источник: IEEE



БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ IoT сети низкого и среднего напряжения

- иерархическое управление режимами
- интеграция распределенной генерации и накопителей электроэнергии
- интеграция потребителей с различными характеристиками



- организация IoT
 - мультиагентное взаимодействие на различных уровнях системы
 - организация "умного учета"
 - интеграция данных
 - интеграция новых сервисов



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

СОХРАНЯЯ ЭНЕРГИЮ