



НИК С6

cigre

Россия

Совместное заседание секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Малая и нетрадиционная энергетика» НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике

ПРИМЕНЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РОССИИ

Нестеренко Глеб Борисович

**руководитель ПРГ национального исследовательского комитета
С6 РНК СИГРЭ, член НИК С6 РНК СИГРЭ**

Москва, 15 декабря 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

2

1. Систематизация производителей СНЭЭ на рынке РФ;
2. Выявление особенностей и проблем интеграции СНЭЭ в энергосистемы;
3. Выявление проблемных вопросов при проектировании и эксплуатации СНЭЭ в РФ;
4. Общие выводы и предложения.

1. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СНЭЭ

Систематизация производителей СНЭЭ

4

Субъекты и цели опроса

Ответы предоставили компании:

1. АО «Электронмаш»
2. АО «Смарт Энерджи»
3. ООО «Вольт бетери»
4. ООО «Рэнера»
5. ООО «Системы постоянного тока»
6. АО «Уралэлемент»
7. ООО «НТЦ Приводная техника»
8. ООО «Рэнера Энертек»
9. ООО «Литеко»
10. ООО «Неосан Энерджи Рус»
11. ГК «Системотехника»
12. ГК «Энергоразвитие»

Что позволило составить их профиль:

1. Стаж работы по теме СНЭЭ
2. Характеристики линейки продукции
3. Производимые компоненты СНЭЭ

Получить проектную информацию:

1. Параметры реализованных проектов
2. Параметры планируемых проектов
3. Проектные риски и сложности
4. Способы преодоления рисков

Систематизация производителей СНЭЭ

5

Профиль компаний. Опыт работы по теме СНЭЭ

✓ Опрошенные компании можно подразделить на:

- системных интеграторов (30%)
- производителей компонент СНЭЭ (30%)
- поставщиков (40%)

✓ По опыту работы:

- Подавляющее большинство опрошенных компаний представлено на рынке электротехники от 10 до 20 лет, являются зрелыми бизнесами либо аффилированы ими
- Средний опыт работы компаний именно по теме СНЭЭ – 5 лет
- Компании с опытом более 5 лет – первоначально специализировались на ИБП, либо на производстве АБ

Систематизация производителей СНЭЭ

6

Профиль компаний. Параметры линейки оборудования

- ✓ Декларируемые параметры заявленных продуктовых линеек у компаний не ограничены:
 - От единиц кВт до единиц (десятков) МВт
 - От десятков кВт.ч до десятков МВт.ч
- ✓ По производимым компонентам СНЭЭ наблюдается следующее:
 - Компании, ранее имеющие опыт работы с ИБП/ приводами, имеют компетенции по производству инвертеров
 - Производители АБ выпускают аккумуляторы и BMS
 - Все компании так или иначе заявляют компетенции в области управления СНЭЭ и готовность производить комплексные решения

Систематизация производителей СНЭЭ

7

Профили компаний. ВЫВОДЫ

- ✓ Изготовлением СНЭЭ занимаются финансово устойчивые компании, так как это технически сложные и дорогие изделия
- ✓ Заявленный опыт работы в теме СНЭЭ на первый взгляд коррелирует с появлением интереса к ВИЭ (ДПМ-1) после чего СНЭЭ стало более самостоятельной единицей, а дополнением к ВИЭ (просчитали иные окупаемые способы применения)
- ✓ Декларируемые параметры линеек продукции, очевидно, превышают параметры реализованных и запланированных проектов, что сделано из маркетинговых соображений
- ✓ С точки зрения комплектующих, наиболее представлены производители АБ, так как они используются не только в СНЭЭ
- ✓ Как любое комплексное изделие, СНЭЭ – результат производственной кооперации, компаний полного цикла нет, что определяется разными моделями производства и бизнеса, например, для производителей компонент СНЭЭ и готовых решений

Проектная информация. Опыт проектов

- Подавляющее большинство реализованных проектов – это либо небольшие домашние /коммерческие системы, либо системы средней мощности для АГЭУ (сотни кВт)
- Реализованные проекты мегаваттного класса являются штучными и имеют опытно-промышленный характер
- Параметры планируемых проектов относятся к мегваттному классу, компании хотят расти и набирать опыт

Систематизация производителей СНЭЭ

9

Проектная информация. Риски

- Неразвитость рынка СНЭЭ
- Высокая стоимость и узкий спектр отечественной компонентной базы
- непонимание заказчиком что такое СНЭЭ и как она окупается, как проводится техническая квалификация поставщиков
- Недостаточность нормативной базы, в том числе программ и методик испытаний, сертификации
- Конкуренция с готовыми решениями из Китая
- Оплата со стороны заказчика после ОПЭ, что замораживает средства производителей
- Вопросы к утилизации, в том числе к переработке литиевых АБ

Систематизация производителей СНЭЭ

10

Проектная информация. Что поможет реализации новых проектов

Сценарии возможной помощи:

- Создание портфеля проектов на российской территории
- Сертификация отечественного происхождения продукции с соответствующим приоритетом использования её в проектах
- Разработка действующих механизмов окупаемости сетевых СНЭЭ
- Субсидирование отечественных проектов на начальном этапе

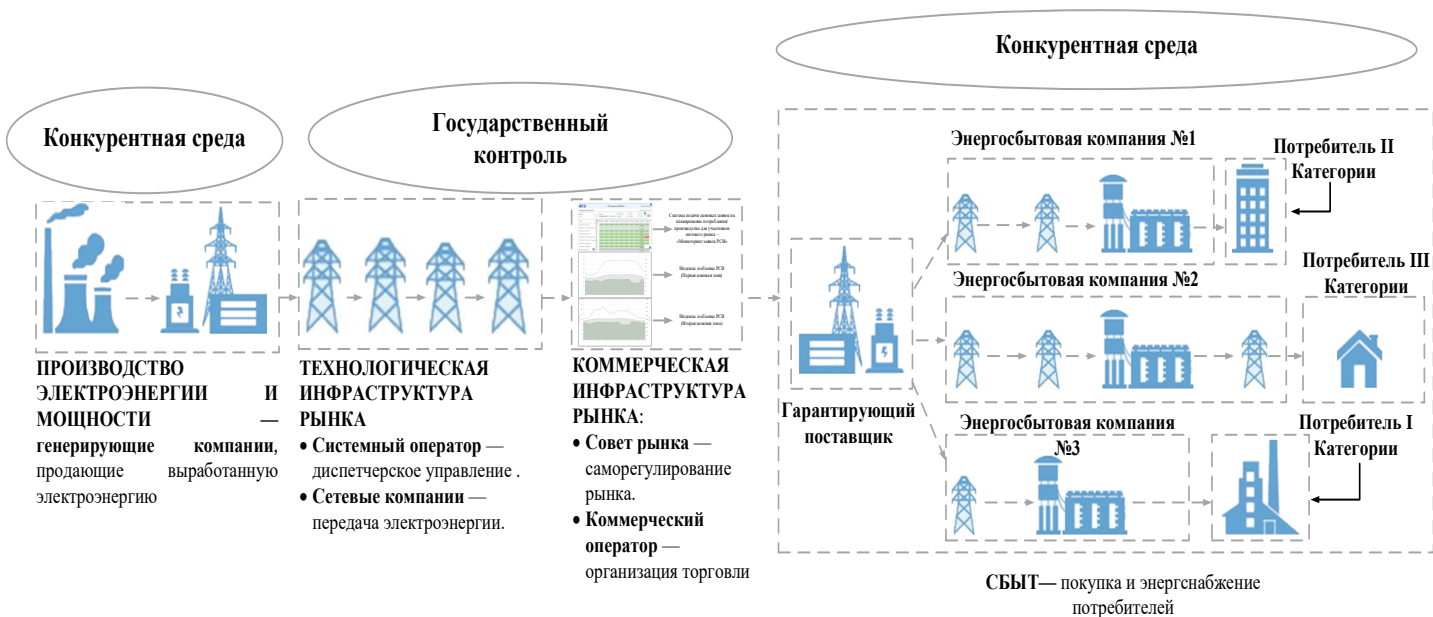
Проектная информация. ВЫВОДЫ

- ✓ Основное препятствие – это неразвитость рынка СНЭЭ, что не позволяет компаниям в полной мере вкладываться в это направление
- ✓ Малая информированность заказчиков о функциях и окупаемости СНЭЭ для конкретной отрасли применения также замедляет развитие рынка
- ✓ Иные риски финансового и технического плана (длинные деньги, методики испытаний, сертификации) успешно бы решались при наличии развитого рынка

2. ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ПРОБЛЕМ ИНТЕГРАЦИИ СНЭЭ В ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

2.1. Подключение СНЭЭ к электрической сети

13



Структура российской электроэнергетики

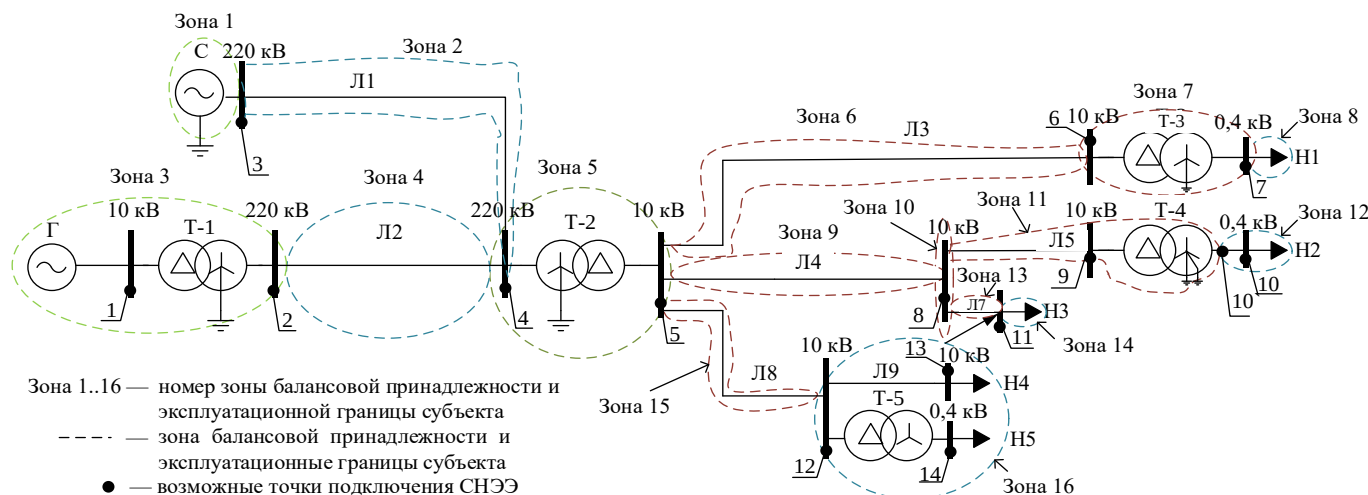


Схема ЭЭС с делением на зоны балансовой принадлежности

2.1. Подключение СНЭЭ к электрической сети

14

Для анализа точек подключения СНЭЭ рассматривается схема ЭЭС, отображающая процесс передачи и распределения электрической энергии от источников до точек потребления. Для упрощения анализа предполагается совпадение зоны балансовой принадлежности и эксплуатационных границ субъекта электроэнергетики.

Точка подключения СНЭЭ определяется, в первую очередь, назначением СНЭЭ. От точки подключения СНЭЭ зависит то, какие технические эффекты возможно получить и какие субъекты электроэнергетики будут получать выгоды от применения СНЭЭ.

Для упрощения применение СНЭЭ сведено к решению двух групп задач: повышение качества ЭЭ и повышение надежности (системной и электроснабжения).

2.1. Подключение СНЭЭ к электрической сети

15

Категории объектов СНЭЭ по отношению к общей номинальной мощности в точке подключения

(на основе классификации, принятой в Дании, но с внесением ряда изменений, актуальных для РФ)

Категория объектов	Номинальная мощность СНЭЭ в точке подключения	Подкатегория ¹ объекта	Номинальная мощность СНЭЭ в точке подключения
A	До 150 кВт		
B	От 150 кВт (включительно) до 5 МВт	B1	От 150 кВт до 670 кВт (включительно)
		B2	От 670 кВт до 5 МВт (включительно)
C ²	От 5 МВт (включительно) до 25 МВт		
D	От 25 МВт (включительно), или подключенные к сети 110 кВ и выше		
SX	Тип A или B, включая существующие генерирующие мощности, оснащенные СНЭЭ		
T	Временно подключенные		

Примечания:

1 – появление подкатегорий обусловлено различными требованиями к обмену сигналами и передаче данных;

2 – предъявляются требования к имитационной модели в категории C и выше, но только с мощности более 10 МВт

2.1. Подключение СНЭЭ к электрической сети

16

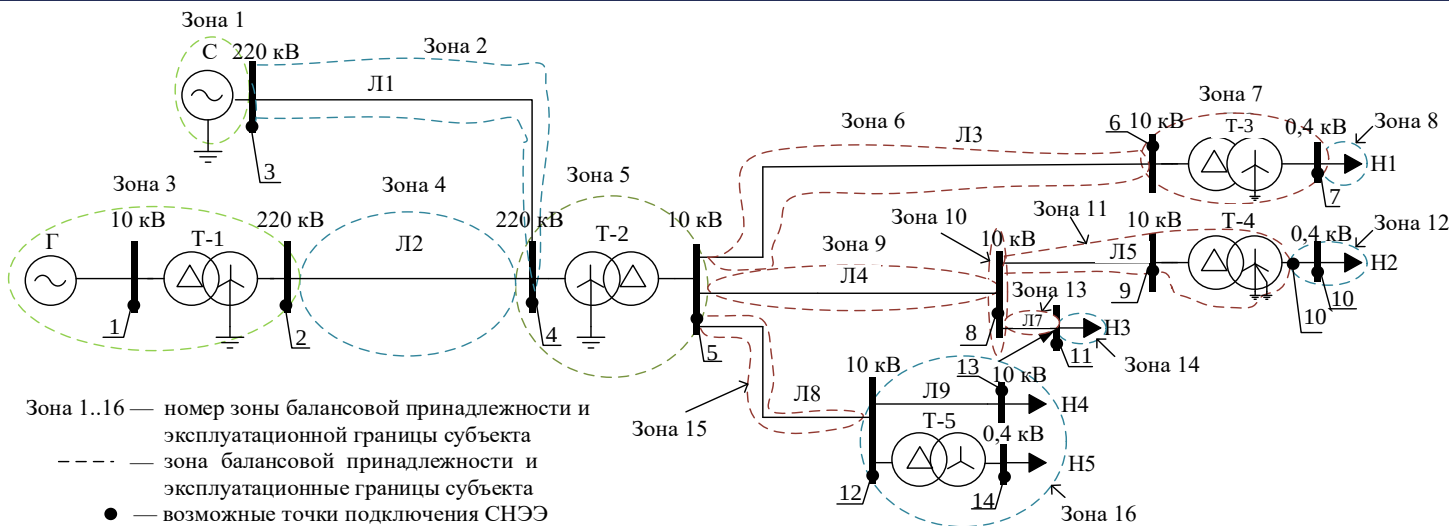


Схема ЭЭС с делением на зоны балансовой принадлежности

Точки подключения СНЭЭ и основные эффекты от их установки

№ зоны	Тип объекта ЭЭ	$U_{ном}, \text{кВ}$	№ точки подключения	Категория/подкатегория	Улучшаемый показатель
1	Электроэнергетическая система (соседняя для рассматриваемой), крупная узловая подстанция	220 и выше	3	D	Системная надежность: режимная и балансная
3	Электрическая станция	10-20	1	С или D	Системная надежность: режимная, балансная и надежность оборудование (улучшение динамической устойчивости)
		110 и выше	2	D	Системная надежность: режимная и балансная
2, 4	ЛЭП магистральных сетей	220 и выше	2, 3, 4	D	Системная надежность: режимная и балансная

2.1. Подключение СНЭЭ к электрической сети

17

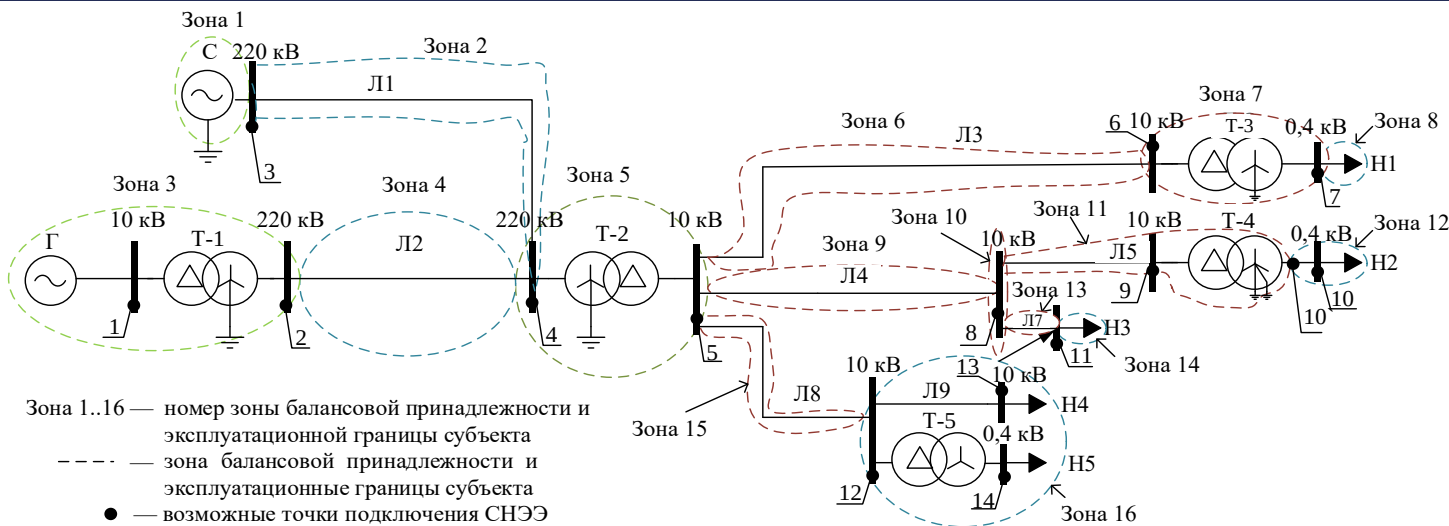


Схема ЭЭС с делением на зоны балансовой принадлежности

№ зоны	Тип объекта ЭЭ	U _{ном} , кВ	№ точки подключения	Категория/подкатегория	Улучшаемый показатель
5	Понижающая подстанция (Питающий центр) №2	110-220 и выше	4	D	Системная надежность: режимная и балансная; Надежность электроснабжения.
		6-35	5	C или D	Системная надежность: режимная и балансная; Надежность электроснабжения.
6, 9, 13, 15	ЛЭП распределительных сетей	6-35	5, 6, 8, 12	B, C	Качество электроэнергии; Надежность электроснабжения.
7, 10, 11, 16	Трансформаторная подстанция (ТП), распределительный пункт (РП)	6-10	6, 8, 9, 12	A или B	Качество электроэнергии; Надежность электроснабжения.
		0,4	7, 10, 13	A или B	Качество электроэнергии; Надежность электроснабжения.
8, 12, 14, 16	Потребитель (нагрузка)	6-10	11, 13	A, B, C	Качество электроэнергии; Надежность электроснабжения.
		0,4	7, 10, 14	A, B	Качество электроэнергии; Надежность электроснабжения.

2.1. Подключение СНЭЭ к электрической сети

18

Факторы, которые следует учитывать при выборе точки подключения СНЭЭ:

- назначение СНЭЭ (тип улучшаемого показателя качества ЭЭ или надежности);
- зона балансовой принадлежности;
- тип объекта электроэнергетики;
- класс напряжения;
- категория/подкатегория СНЭЭ.

Тип накопителя энергии и параметры СНЭЭ следует выбирать на основе технико-экономического обоснования.

2.2, 2.3. Внутренние и внешние информационные взаимодействия СНЭЭ

19

Виды технологической связи СНЭЭ:

Внутренние информационные взаимодействия – локальный сбор, обработка информации и передача управляющих сигналов внутри СНЭЭ, между основными и вспомогательными подсистемами. Цель: управление режимами работы СНЭЭ с учетом внутренних критериев безопасного и безаварийного функционирования отдельных узлов, блоков и подсистем, составляющих внутренний технологический функционал СНЭЭ.

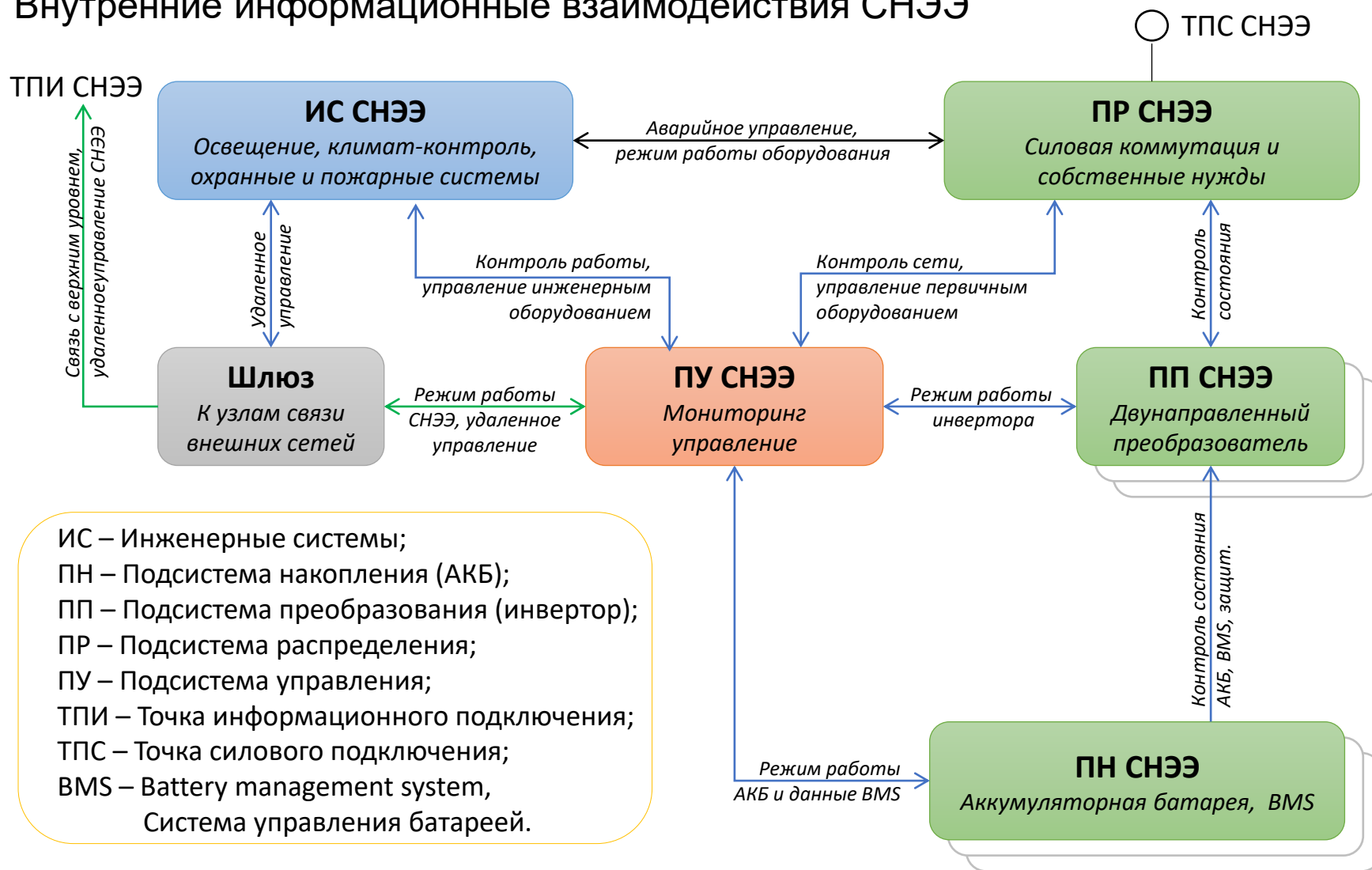
Внешние информационные взаимодействия – удаленный обмен данными между управляющей подсистемой СНЭЭ и операторскими или автоматизированными средствами различных уровней и служб. Цели:

- мониторинг и диагностика работы устройств;
- диспетчеризация режимов работы СНЭЭ в составе комплекса устройств, направленных на генерацию или потребление электрической мощности в составе сети объекта или энергоузла;
- сервисное операционное обслуживание, в т.ч. в рамках энергосервиса.

2.2, 2.3. Внутренние и внешние информационные взаимодействия СНЭЭ

20

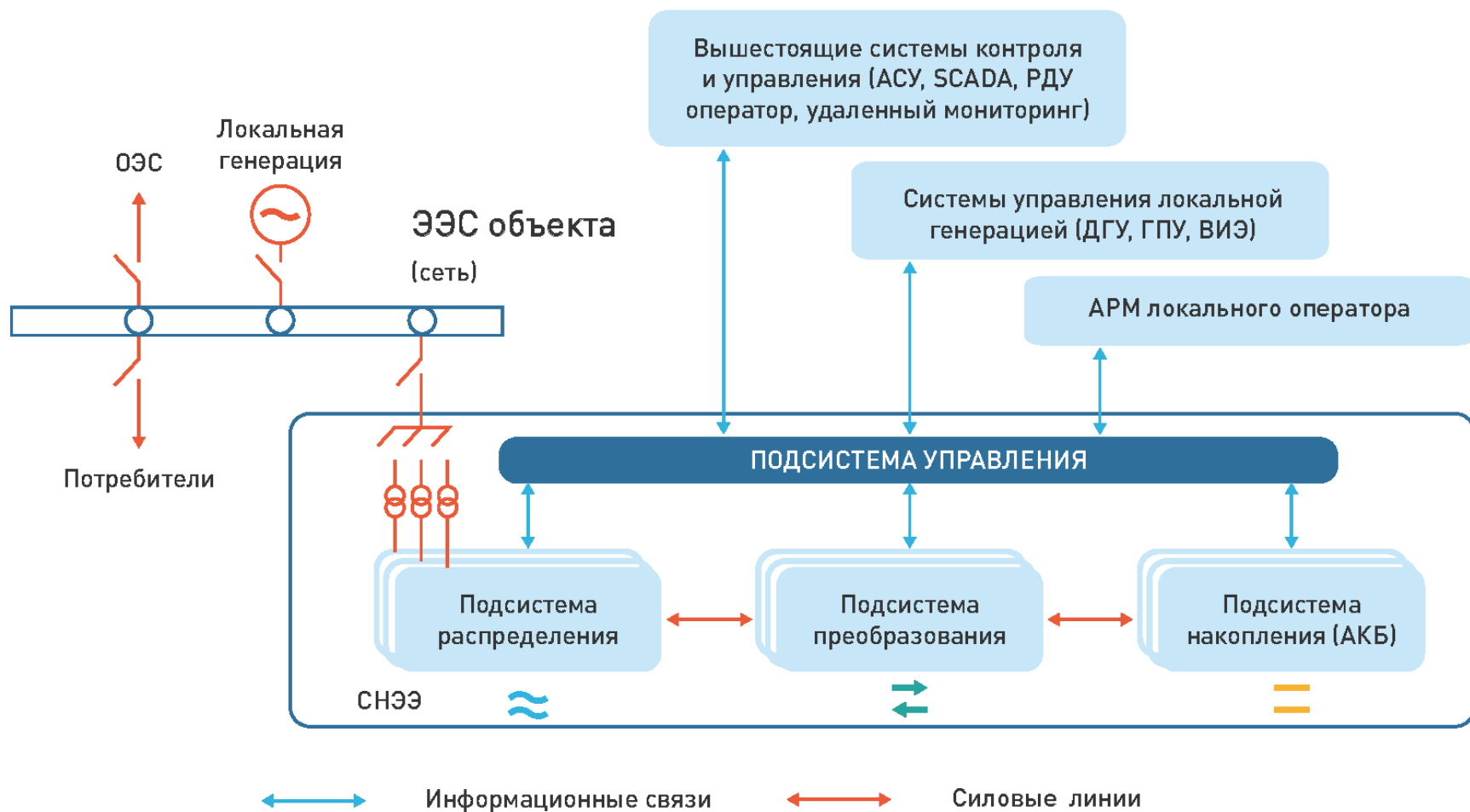
Внутренние информационные взаимодействия СНЭЭ



2.2, 2.3. Внутренние и внешние информационные взаимодействия СНЭЭ

21

Внешние информационные взаимодействия СНЭЭ



2.2, 2.3. Внутренние и внешние информационные взаимодействия СНЭЭ

22

Интерфейсы и протоколы обмена данных

Узлы связи	Тип интерфейса	Тип протокола	Назначение
ПУ – ПР, ПР – ИС	RS-485, Ethernet	ModBUS-RTU/TCP, МЭК-60870-5-104	Состояние коммутационных аппаратов и режимы работы оборудования, данные счетчиков учета ЭЭ
ПУ – ПП	RS-485, Ethernet	ModBUS-RTU/TCP, МЭК-60870-5-104	Режим работы основного инверторного оборудования, передача уставок и аварийные предупредительные сигналы
ПУ – ПН, ПП – ПН	RS-485, Ethernet, CAN	ModBUS-RTU/TCP, CAN, МЭК-60870-5-104	Состояние коммутационных и данные с измерительных устройств АКБ, данные работы BMS в циклах заряд-разряд
ПУ – ИС	RS-485, Ethernet	ModBUS-RTU/TCP, МЭК-60870-5-104, TCP/IP	Режимы работы вспомогательного оборудования: освещение, вентиляция и кондиционирование, сигналы охранных и пожарных систем. Удаленное управление инженерным оборудованием
ВУ – ПУ	Ethernet, ВОЛС, CAN	ModBUS-RTU/TCP, CAN, TCP/IP МЭК-60870-5-104, МЭК-61850	Мониторинг, диспетчеризация и сервисное управление основными и вспомогательными подсистемами СНЭЭ

ВУ – Верхний уровень информационной сети;
 ИС – Инженерные системы;
 ПН – Подсистема накопления (АКБ);
 ПП – Подсистема преобразования (инвертор);

ПР – Подсистема распределения;
 ПУ – Подсистема управления;
 BMS – Battery management system, система управления аккумуляторной батареей.

2.2, 2.3. Внутренние и внешние информационные взаимодействия СНЭЭ

23

Направления развития информационных сетей обмена данными СНЭЭ в части **внутренних информационных сетей:**

- Применение открытых стандартов физических интерфейсов протоколов обмена, для лучшей возможности реконструкции и развития на протяжении всего жизненного цикла СНЭЭ и при условии продления сроков эксплуатации;
- Ускорение циклов сбора и обработки информации, повышение надежности информационного обмена между функциональными элементами системы, применение высокоскоростных интерфейсов и технических мероприятий для обеспечения внутреннего трафика с высоким приоритетом обслуживания (QoS);
- Применение интерфейсов обмена с повышенным уровнем защиты от помех. Применение протоколов с обнаружением и коррекцией ошибок.

2.2, 2.3. Внутренние и внешние информационные взаимодействия СНЭЭ

24

Направления развития информационных сетей обмена данными СНЭЭ в части **внешних информационных сетей:**

- Достижение высокого уровня автоматизации, при котором информационный обмен между элементами и управление работой осуществляются в цифровом виде на основе стандартов серии МЭК 61850 в рамках концепции «цифровая подстанция»;
- Мероприятия по ускорению взаимодействия с технологической частью СНЭЭ извне в рамках единого управления режимом работы объекта: технологических защит, РЗА и ПА, устройств регулирования частоты и мощности, а также возможность ускорения действий внешних устройств по командам технологических алгоритмов СНЭЭ – ускорение защит и управляющих воздействий автоматик энергоузла;
- Промышленная информационная безопасность и защиты от несанкционированного доступа к технологической части СНЭЭ – применение виртуальных, защищенных сетей с шифрованием по ГОСТ 34.12-2018 и т.п.

2.4. СНЭЭ как часть цифровых электрических сетей

25

«Цифровые структуры» в российской электроэнергетике:

- «Цифровая подстанция» (МЭК 61850 и соответствующий профиль ПАО «ФСК ЕЭС»);
- «Цифровой РЭС»;
- Активный энергетический комплекс (ПП РФ от 21.03.2020 N 320);
- Прочее (например, системы управления спросом, «А-Платформа»).

СНЭЭ как часть «Цифровой подстанции»

«Цифровая подстанция» – о структуре вторичного оборудования подстанций (микропроцессорные терминалы) и системах цифрового обмена данными между ними.

Стандарты:

- IEC 61850 «Communication Networks and Systems in Substations»;
- Корпоративный профиль МЭК 61850 ФСК ЕЭС (СТО 56947007-25.040.30.309-2020)

Содержание: в основном – принципы построения системы сбора, передачи и обработки цифровых данных; почти не затрагивают принципов работы и схем соединений первичного оборудования.

2.4. СНЭЭ как часть цифровых электрических сетей

26

СНЭЭ как часть «Цифровой подстанции» (продолжение)

Технический отчет IEC TR 61850-90-9:2020: Use of IEC 61850 for Electrical Energy Storage Systems (часть стандарта МЭК 61850):

- описание информационной модели ЦПС для СНЭЭ;
- интеграция СНЭЭ в эл. сети на уровне распределенных источников энергии;
- описание СНЭЭ, функциональные требования к СНЭЭ;
- описание работы СНЭЭ как единицы распределенного энергоресурса в ЭЭС;
- соответствующие информационные модели в рамках стандарта МЭК 61850.

Часть IEC 61850-7-420:2009 «Basic communication structure – Distributed energy resources logical nodes»:

- более высокие уровни взаимодействия СНЭЭ и энергосистемы.

Вывод: интеграция СНЭЭ на объектах, реализующих концепцию ЦПС по стандарту МЭК 61850, возможна согласно вышеуказанным частям данного стандарта; рекомендуется адаптация указанных частей стандарта к применению в ЕЭС России.

2.4. СНЭЭ как часть цифровых электрических сетей

27

СНЭЭ как часть «Цифрового РЭС»

Проекты «Цифрового РЭС» ПАО «Россети»:

- «Цифровой РЭС» в сетях АО «Янтарьэнерго»;
- «Создание активно-адаптивной сети интеллектуальных РЭС» в ПАО «МОЭСК»;
- «Создание интеллектуальной распределительной сети 6-110 кВ» в ПАО «Ленэнерго»;
- Создание цифровых активно-адаптивных сетей в филиалах ПАО «Россети Сибирь».

Выполняются в рамках инновационного направления «Переход к активно-адаптивным сетям с распределенной интеллектуальной системой автоматизации и управления».

Вывод: задача – интеграция СНЭЭ в систему сбора и передачи данных:

- не должна иметь принципиальных сложностей;
- может быть решена производителем оборудования.

2.4. СНЭЭ как часть цифровых электрических сетей

28

СНЭЭ как часть АЭК

Объекты активного энергетического комплекса (АЭК) – функционирующие в составе ЕЭС России объекты по производству электрической энергии (электростанция) и энергопринимающие устройства, удовлетворяющие условиям:

- только один из объектов АЭК имеет точку присоединения к электрическим сетям ТСО;
- все объекты АЭК имеют между собой электрические связи через ОЭСХ, не принадлежащие ТСО;
- регулирование производства и потребления электрической энергии (мощности) объектами АЭК осуществляется с применением управляемого интеллектуального соединения АЭК (УИС АЭК).

Вывод: функционал СНЭЭ позволяет удовлетворить указанные требования к АЭК и УИС АЭК. Интеграции СНЭЭ в АЭК, УИС АЭК и их цифровые сети может быть целесообразна.

2.4. СНЭЭ как часть цифровых электрических сетей

29

Технические вопросы интеграции СНЭЭ в цифровые электрические сети

Интеграция в цифровую сеть не влияет на принципиальные параметры СНЭЭ. Дополнительные требования к СНЭЭ связаны исключительно с подсистемой управления и осуществлением цифрового обмена данными с внешними устройствами:

- дооснащение существующих СНЭЭ телекоммуникационными устройствами;
- незначительное увеличение габаритов подсистем управления перспективных систем (резервирование места под установку телекоммуникационного оборудования);
- предоставление технической возможности изменения функциональной части СНЭЭ под объем интеграции в цифровую сеть.

Выводы:

- Интеграция СНЭЭ в цифровые системы электроэнергетики может стать необходимым условием работы СНЭЭ в энергосистеме вообще;
- «Задел» для этого уже сейчас целесообразно предусматривать при создании СНЭЭ;
- Необходимо принятие новой или расширение существующей НТД.

2.5. Технико-экономическое обоснование СНЭЭ

30

Цель ТЭО СНЭЭ: подтверждение технической состоятельности проекта и целесообразности его реализации с экономической точки зрения.

Обобщенная методика расчета:

1. Описание задачи, решаемой традиционными средствами, для решения которой возможно использовать СНЭЭ;
2. Определение технических параметров традиционного средства;
3. Определение технических параметров СНЭЭ;
4. Расчет затрат (капитальных и эксплуатационных) на реализацию обоих вариантов, определение экономического эффекта от применения СНЭЭ по сравнению с традиционным вариантом.

Примечания:

- Описание задачи должно содержать качественные и количественные показатели, характеризующие степень ее выполнения;
- Расчет затрат должен учитывать этапность ввода объектов и их срок службы;
- При использовании СНЭЭ для решения новой задачи, для которой ранее не применялись традиционные средства, экономический эффект достигается от дополнительно получаемой прибыли после внедрения СНЭЭ.

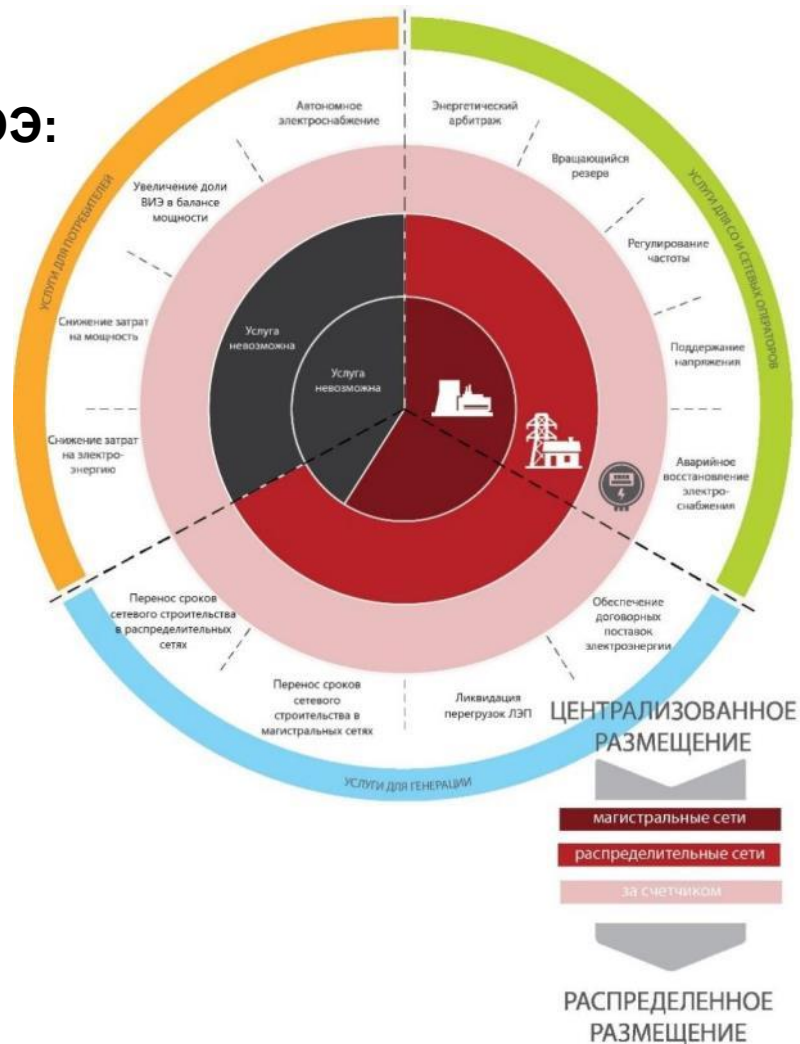
2.5. Технико-экономическое обоснование СНЭЭ

31

Особенность СНЭЭ: многофункциональность, позволяющая одновременно создать несколько экономических эффектов.

Возможные направления применения СНЭЭ:

- Энергетический арбитраж;
- Вращающийся резерв;
- Регулирование частоты;
- Повышение качества электроэнергии, в т.ч. уровней напряжения;
- Аварийное восстановление электроснабжения;
- Обеспечение договорных поставок электроэнергии;
- Ликвидация перегрузки ЛЭП;
- Перенос сроков сетевого строительства;
- Снижение затрат на покупку электроэнергии, в т.ч. по модели ценозависимого снижения потребления;
- Снижение затрат на покупку мощности, в т.ч. по модели ценозависимого снижения потребления;
- Интеграция ВИЭ в энергосистему;
- Автономное энергоснабжение.



2.5. Технико-экономическое обоснование СНЭЭ

32

При расчёте ТЭО следует учитывать:

1. Параметры СНЭЭ;

2. Графики разряда-заряда СНЭЭ и нагрузки:

- минимальный и максимальный уровни заряда в процессе эксплуатации;
- ограничения внешней сети по мощности;
- планируемый график электрической нагрузки;
- планируемый график мощности СНЭЭ;

3. Прямые расходы на проект:

- удельная стоимость мощности СНЭЭ, руб./кВА;
- удельная стоимость энергоемкости СНЭЭ, руб./кВт·ч;

4. Косвенные расходы на проект:

- разработка ТЭО, проектной и рабочей документации;
- строительно-монтажные и пусконаладочные работы;
- прочие расходы;

5. Расходы на обслуживание:

- фиксированные ежегодные затраты (зависят от номинальной мощности и энергоемкости);
- переменные ежегодные затраты (зависят от фактически пропущенной электроэнергии через СНЭЭ за год);
- стоимость замены АКБ (при её необходимости).

6. Финансовые параметры:

- условия кредитования;
- условия страхования;
- общая стоимость проекта как сумма стоимостей в пп. 3–5;
- проектный срок службы (обычно 20 лет);
- уровень инфляции и ставка дисконтирования;
- налоговые льготы (при наличии);
- почасовая стоимость электроэнергии и мощности за 1 год;
- планируемый темп роста стоимости электроэнергии и мощности.

2.5. Технико-экономическое обоснование СНЭЭ

33

Параметры СНЭЭ, значимые для расчета ТЭО

Группа 1. Основные номинальные параметры СНЭЭ:

1. Требуемая мощность СНЭЭ (в т.ч. отдельно активная и реактивная);
2. Требуемая энергоёмкость СНЭЭ;
3. Номинальное напряжение СНЭЭ.

Группа 2. Параметры СНЭЭ, определяемые элементами и компоновкой СНЭЭ:

1. Тип используемых накопителей энергии (во многом определяет свойства СНЭЭ в целом);
2. КПД СНЭЭ при заряде (поглощении мощности), о.е. или %;
3. КПД СНЭЭ при разряде (выдаче мощности), о.е. или %;
4. КПД СНЭЭ в цикле «заряд-разряд», о.е. или %;
5. Срок службы СНЭЭ. Обычно - количество циклов «заряд-разряд»;
6. Схема питания собственных нужд СНЭЭ (от накопителя, по отдельному присоединению);
7. Тип конструктивного исполнения (например, блочно-модульное, контейнерное, шкафное);
8. Габариты и масса.

Доступные функции СНЭЭ, определяемые направлением применения СНЭЭ:

- управление активной и реактивной мощностью по внешнему управляющему воздействию;
- поддержание напряжения на заданном уровне или по заданному закону;
- возможность автономной работы;
- функции активного фильтра (компенсация несимметрии, несинусоидальности).

Зависят в большей степени от системы управления и преобразовательной подсистемы СНЭЭ.

2.6. Надёжность СНЭЭ

34

Проблемы надёжности СНЭЭ:

1. СНЭЭ – сравнительно новая технология:

- Нет статистически достоверных данных о характеристиках надёжности подсистем, входящих в состав СНЭЭ;
- Технология находится на стадии приработки, которая характеризуется повышенным значением плотности отказов;



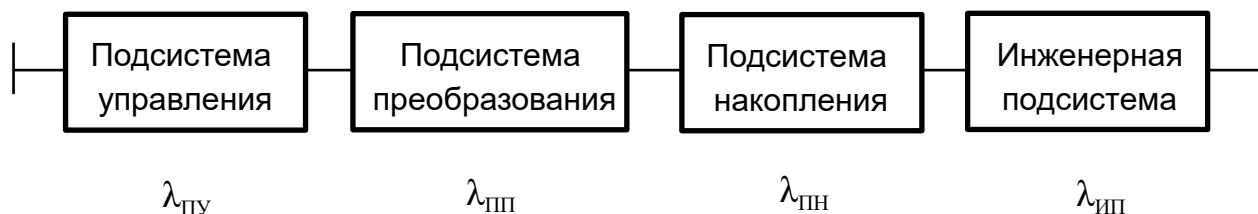
2. СНЭЭ – многофункциональное устройство

- Понятие отказа для разных функций может быть разным. Одна и та же неисправность для одних функций может приводить к отказам, для других – нет;
- Реализация одних функций может влиять на возможность реализаций других.

2.6. Надёжность СНЭЭ

35

Схема СНЭЭ с точки зрения определения надёжности



Пути повышения надёжности СНЭЭ:

1. Резервирование:

- Наиболее важные подсистемы должны резервироваться;
- Использование модульных решений со схемой резервирования $N + 1$;
- Необходимо избегать наличия единых точек отказа;

2. Применение качественных комплектующих, отработка технологий:

- Переход на серийный выпуск систем, наличие у производителя референса;
- Оработка решений сначала на доступных объектах, и лишь затем на удаленных.

2.6. Надёжность СНЭЭ

36

Пути повышения надёжности СНЭЭ (продолжение):

3. Обеспечение ремонтпригодности СНЭЭ:

- Наличие на объекте ЗИП в достаточном объеме;
- Обучение персонала навыкам работы с оборудованием, наличие качественной документации;
- Организация сервисных центров;
- Организация технической поддержки 24/7;
- Применение средств удаленного мониторинга для диагностики оборудования;

4. Правильный выбор параметров СНЭЭ:

- Параметры СНЭЭ должны быть достаточны для обеспечения его функционирования во всех возможных режимах;
- Необходимо избегать эксплуатацию оборудования в предельных и запредельных режимах;
- Необходимо использовать помехозащищенные интерфейсы.

2.7. Проблемные аспекты работы СНЭЭ в сегментах рынка в РФ

37

Виды деятельности в электроэнергетике

Конкурентные

- Производство электроэнергии
- Продажа электроэнергии и мощности

Монопольные

- Передача электроэнергии
- Оперативно-диспетчерское управление

«Двойственный» статус СНЭЭ:

- В режиме заряда СНЭЭ работает как энергопринимающее устройство
- В режиме разряда СНЭЭ работает как объект генерации

Регламентирующие документы

Нормативно-правовые акты (НПА)

- Федеральные законы (ФЗ)
- Постановления Правительства РФ
- Различные Правила, утв. ПП РФ

Нормативно-техническая документация (НТД)

- Межгосударственные, национальные стандарты (ГОСТ, ГОСТ Р)
- Предварительные нац. стандарты (ПНСТ)
- Стандарты организаций (СТО) и проч.

Действующие на текущий момент НПА **не** определяют СНЭЭ и **не** регламентируют их использование.

В лучшем случае действующие НПА помогают определить, чем СНЭЭ не является.

2.7. Проблемные аспекты работы СНЭЭ в сегментах рынка в РФ

38

Из 17 реализованных проектов СНЭЭ в РФ на 2021 г. **только 6 проектов были нацелены на окупаемость:**

- 3 – в изолированных ЭС отдаленных населенных пунктов;
- 2 – у потребителей;
- 1 – на объекте генерации.

Источник: Илюшин П.В., Шавловский С.В. Механизмы окупаемости инвестиций в системы накопления электрической энергии при их использовании для снижения пиковых нагрузок и затрат на мощность // Релейная защита и автоматизация, 2021, № 1, С. 12-20

Фактический правовой статус – **«Не запрещено – значит, разрешено»:**

- ✓ достаточно для запуска пилотных проектов (не без сложностей);
- × **недостаточно для раскрытия полного технического потенциала СНЭЭ и их широкого применения.**

- ! Самое наглядное обоснование применения СНЭЭ – экономический эффект.
- ! **Оценка экономического эффекта осложнена** отсутствием должного нормативно-правового регулирования, понимания формально допустимых сфер применения СНЭЭ.

Министерством энергетики предложен **проект Постановления Правительства РФ «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам функционирования систем накопления электрической энергии в электроэнергетике»** от 03.08.2022 г. (ID проекта 02/07/08-22/00130209)

2.7. Проблемные аспекты работы СНЭЭ в сегментах рынка в РФ

39

Предложенные проектом Постановления Правительства РФ изменения:

- Определения: «СНЭЭ», «Владелец СНЭЭ»;
- Владельцами СНЭЭ могут быть:
 - сетевые организации;
 - производители электрической энергии;
 - потребители электрической энергии;
- Критерии приравнивания СНЭЭ:
 - к объекту электросетевого хозяйства сетевой организации;
 - к электростанции (к генерирующему оборудованию, генерирующему объекту, объекту по производству электрической энергии);
- Критерии приравнивания владельца СНЭЭ:
 - к производителю электрической энергии;
 - к поставщику электрической энергии и мощности;
 - к потребителям электрической энергии;
- Распространение положений и требований ПТФ ЭЭС на СНЭЭ и владельцев СНЭЭ, участвующих в производстве и выдаче электрической энергии в ЭЭС;
- Реализация управляющих воздействий ПА на работу СНЭЭ;
- Неприменимость к работе СНЭЭ существующих положений НПА, НТД, применяемых к работе ГАЭС;
- Прочие особенности эксплуатации СНЭЭ.

2.7. Проблемные аспекты работы СНЭЭ в сегментах рынка в РФ

40

Выводы:

1. До недавнего времени, несмотря на более чем десятилетний опыт применения СНЭЭ в России (как в ЕЭС России, так и в изолированных энергосистемах) не появилось ни новых НПА, ни изменений в существующих НПА, которые бы регламентировали порядок применения СНЭЭ субъектами электроэнергетики;
2. Такие изменения и дополнения в НПА необходимы для формирования ТЭО применения СНЭЭ в тех или иных видах деятельности и их дальнейшего коммерческого применения и развития;
3. К настоящему моменту такие изменения предложены Министерством энергетики в проекте ПП РФ. Предлагаемые изменения должны ликвидировать большую часть существующих пробелов и неопределенностей.

2.7. Проблемные аспекты работы СНЭЭ в сегментах рынка в РФ

41

Предложения:

1. Рассмотреть необходимость введения понятия «оператор СНЭЭ» в дополнение к понятию «владелец СНЭЭ» для случаев, когда СНЭЭ принадлежит одному субъекту, а фактически используется или управляется другим субъектом;
2. Рассмотреть необходимость применения АИИС КУЭ для СНЭЭ (в проекте ПП РФ предложены просто «приборы учета»);
3. Рассмотреть вопрос разграничения управления (регулирования) СНЭЭ между владельцем СНЭЭ и системным оператором по техническим и экономическим принципам;
4. Рассмотреть возможность принадлежности СНЭЭ к объекту микрогенерации; к объекту АЭК;
5. Установить требования к СНЭЭ для оказания услуг по обеспечению системной надежности (НПРЧ, АВРЧМ).

3. ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СНЭЭ В РФ

3.1. Определение единой терминологии в области СНЭЭ

43

Согласно ГОСТ Р 58092.1-2021:

Накопитель электрической энергии (НЭЭ): устройство, способное поглощать электрическую энергию, хранить ее в течение определенного времени и отдавать электрическую энергию обратно, в ходе чего могут происходить процессы преобразования энергии.

Система накопления электрической энергии (СНЭЭ): установка с определенными границами, подключенная к электрической сети, включающая как минимум один накопитель электрической энергии, которая извлекает электрическую энергию из электроэнергетической системы, хранит эту энергию внутри себя в какой-либо форме и отдает электрическую энергию обратно в электроэнергетическую систему и которая включает в себя инженерные сооружения, оборудование преобразования энергии и связанное с ними вспомогательное оборудование.

- На деле термин «накопитель электрической энергии» нередко применяют, говоря о системе накопления электрической энергии, что не совсем корректно.
- Также в научных статьях, аналитических отчётах, тендерной документации и др. документах вместо термина «система накопления электрической энергии» (СНЭЭ) часто применяют термин «система накопления энергии» (СНЭ).
- Существуют расхождения и в других терминах в области СНЭЭ. Например, «степень заряженности» (ГОСТ) – «уровень заряда» (чаще встречается на практике).

3.2. Стандартизация СНЭЭ

44

Определение номинальных параметров СНЭЭ

К основным номинальным параметрам относятся:

- номинальное напряжение,
- номинальная частота,
- номинальная энергоемкость,
- номинальная энергоемкость для отдачи,
- номинальная энергоемкость для поглощения,
- номинальная выходная активная мощность,
- номинальная входная активная мощность,
- номинальная емкостная реактивная мощность,
- номинальная индуктивная реактивная мощность.

Номинальные параметры СНЭЭ определены в **ГОСТ Р 58092.1-2021**.

Однако, поскольку СНЭЭ включает в себя разные типы оборудования, которые описываются разными группами стандартов, встречаются коллизии.

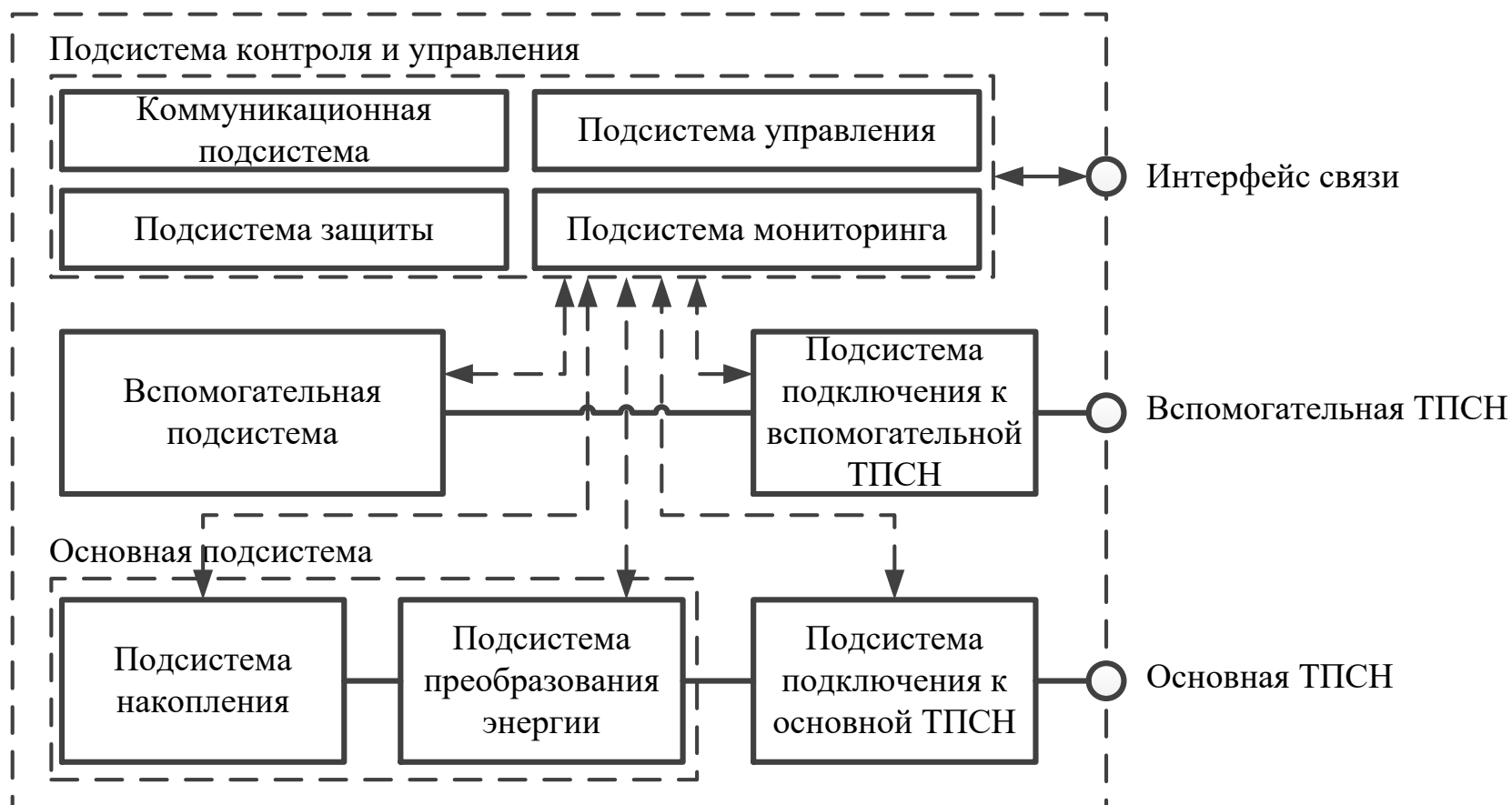
Например, в систему определений трудно вписать СНЭЭ, рассчитанную на кратковременный режим работы: такая СНЭЭ не способна обеспечить выдачу всей энергии, соответствующей номинальной энергоёмкости, с номинальной мощностью.

3.2. Стандартизация СНЭЭ

45

Стандартизация подсистем СНЭЭ

Типовая архитектура СНЭЭ согласно ГОСТ Р 58092.1-2021



3.2. Стандартизация СНЭЭ

46

Стандартизация подсистем СНЭЭ

Некоторые проблемные вопросы ГОСТ:

Подсистема управления – подсистема СНЭЭ, обеспечивающая функциональность, необходимую для безопасной и эффективной работы СНЭЭ. В случае наличия в СНЭЭ систем управления отдельными элементами, указанные системы также относятся к подсистеме управления.

- Оборудование различных подсистем СНЭЭ включает встроенные контроллеры как неотъемлемые элементы.
- Например, контроллер преобразователя нельзя вычленить из него и заменить на контроллер другого производителя или передать в другую подсистему. Если контроллер преобразователя сломается, то чинить нужно не подсистему управления, а преобразователь.
- Также разработка подсистемы управления СНЭЭ, вероятно, не должна включать разработку подсистем управления, встроенных в отдельные элементы СНЭЭ.

3.2. Стандартизация СНЭЭ

47

Стандартизация подсистем СНЭЭ

Некоторые проблемные вопросы ГОСТ (продолжение):

Подсистема защиты – подсистема СНЭЭ, содержащая совокупность одного или более устройств защиты и других устройств, предназначенных для выполнения одной или нескольких определенных функций защиты.

- Куда отнести аварийный контактор, который управляется контроллером СУАБ? К системе защиты или к подсистеме накопления?
- Если контактор – к подсистеме защиты, а контроллер СУАБ – к подсистеме управления, то к подсистеме накопления относятся только непосредственно аккумуляторы? Но они редко поставляются отдельно.
- Если контактор не сработал и произошла авария, кто виноват: поставщик подсистемы накопления или разработчик системы защиты? Как в договоре определить границы ответственности и описать момент наступления страхового случая?

3.2. Стандартизация СНЭЭ

48

Определение требований к режимам работы СНЭЭ

Согласно ГОСТ Р 58092.1-2021 функции СНЭЭ подразделяют на:

- **Функции длительного времени действия:** срезание, выравнивание и смещение пиков нагрузки, а также регулирование тока, например для исключения перегрузок. К СНЭЭ предъявляются, прежде всего, требования по величине и длительности отдаваемой мощности;
- **Функции короткого времени действия:** регулирование качества электроэнергии, регулирование потока реактивной мощности, регулирование частоты и напряжения. К СНЭЭ предъявляются, в первую очередь, требования к мощности и отклику системы.

Оптимальный **вид графика зарядно-разрядного цикла** (для функции длительного времени действия)

или **период регулирования возмущений и возврата в исходное состояние** (для функции короткого времени действия)

должны обеспечивать минимум капитальных и операционных затрат проекта внедрения СНЭЭ.

3.2. Стандартизация СНЭЭ

49

Подсистема управления СНЭЭ

Типы подсистем управления:

1. Многоуровневая подсистема управления;
2. Одноуровневая подсистема управления.

Основные требования к подсистеме управления:

- к проектному функционированию в нормальном и аварийном режимах;
- к функциональному предназначению в виде характеристики рабочих циклов;
- к величине номинальных параметров СНЭЭ и ее элементов;
- к величинам максимальных и минимальных параметров СНЭЭ и ее элементов, например к напряжению на аккумуляторах;
- к поддержанию элементов СНЭЭ в допустимом состоянии, например выполнение подзаряда аккумуляторов.

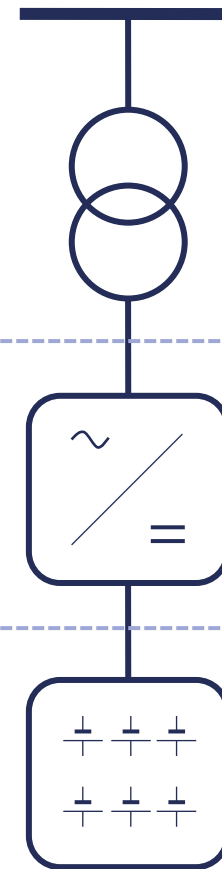
3.3. Методика расчёта параметров СНЭЭ

50

Выбор согласующего
трансформатора

Выбор подсистемы
преобразования

Выбор подсистемы
накопления



3.3. Методика расчёта параметров СНЭЭ

51

Выбор согласующего трансформатора

$$S_{\text{требуемая}} = \sqrt{P_{\text{требуемая}}^2 + Q_{\text{требуемая}}^2}$$

$$S_{\text{тр-ра}} = S_{\text{требуемая}}$$

$$U_{\text{ВН}} = U_{\text{сети}}$$

$$U_{\text{НН}} = U_{\text{ПП}}$$



Выбор подсистемы преобразования

$$S_{\text{ПП}} \geq \frac{S_{\text{требуемая}}}{\eta_{\text{тр-ра}}}$$

$$S_{\text{ПП}} = S_{\text{преобразователя}} \cdot n$$



3.3. Методика расчёта параметров СНЭЭ

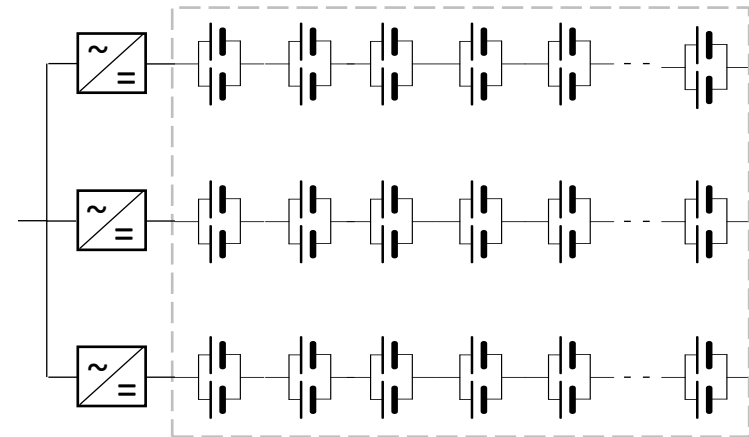
52

Выбор подсистемы накопления

$$E_{\text{СНЭЭ в ЭЭС}} = \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_{\text{требуемая}}(t)}{\eta_{\text{тр-ра}} \cdot \eta_{\text{преобр.}}} dt.$$

$$E_{\text{ПН треб}} \geq \frac{E_{\text{СНЭЭ в ЭЭС}}}{DoD \cdot \eta_{\text{АКБ}}}$$

$$E_{\text{ПН треб}} \geq \frac{P_{\text{требуемая}}(t)}{\eta_{\text{тр-ра}} \cdot \eta_{\text{преобр.}}} / C_{\text{rate}}$$



$$U_{\text{АКБ max}} = U_{\text{аккум.max}} \cdot n_{\text{акк.ячеек}}$$

$$U_{\text{АКБ min}} = U_{\text{аккум.min}} \cdot n_{\text{акк.ячеек}}$$

$$U_{\text{АКБ max}} \leq U_{\text{DC max}}$$

$$U_{\text{АКБ min}} \geq U_{\text{DC max}}$$

$$E_{\text{аккум.}} = C_{\text{аккум.}} \cdot U_{\text{аккум.ном}}$$

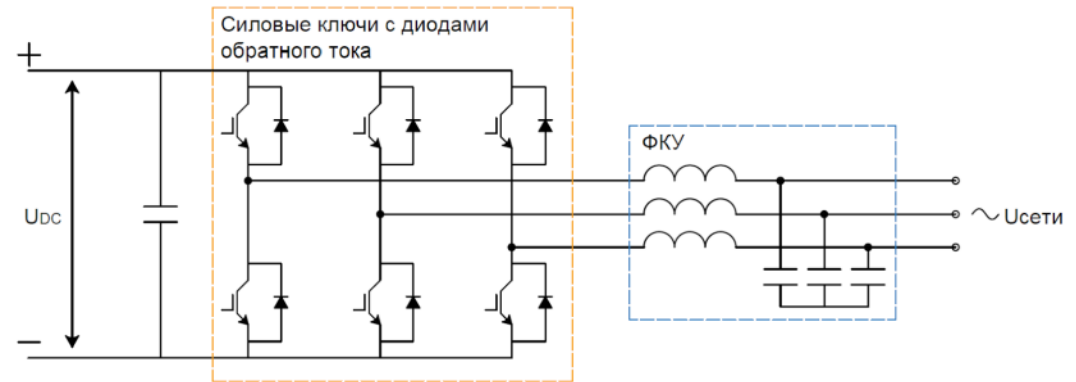
Суммарная энергоёмкость ПН

$$E_{\text{ПН}} = E_{\text{аккум.}} \cdot n_{\text{АКБ}} \cdot n_{\text{посл.}} \cdot n_{\text{паралл.}}$$

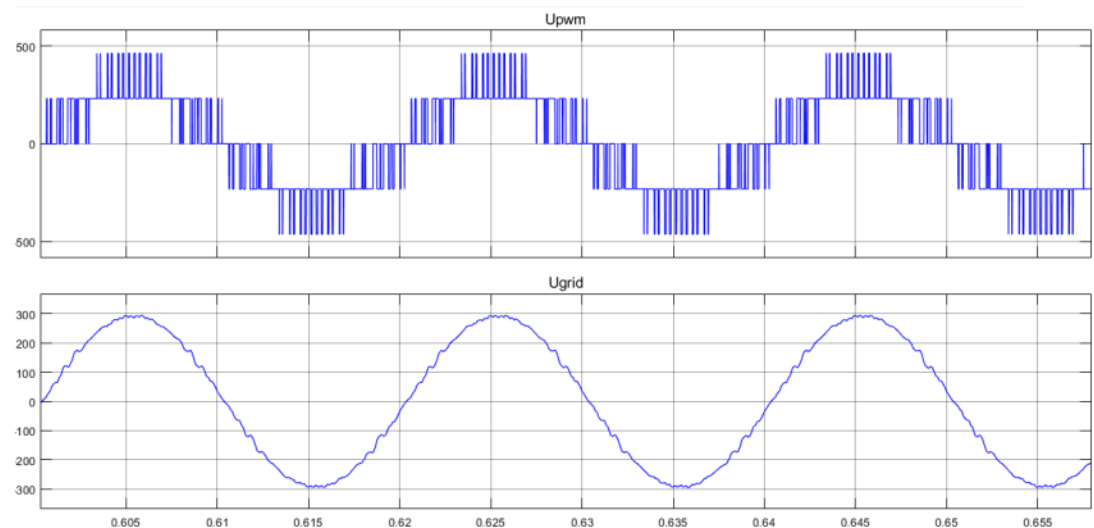
3.4. Особенности моделирования СНЭЭ при расчётах режимов энергосистемы

53

Синусоидальное напряжение на выходе преобразователя формируется при помощи силовых полупроводниковых ключей (IGBT или MOSFET транзисторы).



Формирование синусоидального напряжения происходит при помощи широтно-импульсной модуляции.



3.4. Особенности моделирования СНЭЭ при расчётах режимов энергосистемы

54

Особенности работы двунаправленного преобразователя напряжения:

1. Отсутствие вращающихся частей и момента инерции;
2. Скорость изменения выходной мощности СНЭЭ существенно выше, чем у традиционной генерации (синхронных генераторов);
3. Отсутствие сверхпереходной и переходной составляющих тока при коротком замыкании;
4. ПН, работающий параллельно с сетью, по своему характеру похож на источник тока. Уставка по току рассчитывается, исходя из уставки по требуемой активной и реактивной мощности и напряжению в точке подключения;
5. Ток, протекающий через транзистор, не должен превышать номинальный ток транзистора. Если ток превысит номинальный в 2 раза – преобразователь отключится;
6. При моделировании работы СНЭЭ в общем случае необходимо учитывать основной алгоритм системы управления преобразователем и СНЭЭ, а также дополнительные алгоритмы защиты преобразователя (например LVRT и ZVRT).

3.4. Особенности моделирования СНЭЭ при расчётах режимов энергосистемы

55

Расчёт установившихся режимов

Мощность СНЭЭ может моделироваться тем же образом, что и мощность нагрузки или традиционной генерации. При этом выходная мощность может быть ограничена как преобразователем напряжения, так и подсистемой накопления.

Расчёт электромеханических переходных процессов

СНЭЭ можно задать как источник напряжения с заданной частотой и уровнем напряжения. Необходимо производить моделирование, опираясь на алгоритм системы управления СНЭЭ. При моделировании СНЭЭ необходимо учитывать защиты преобразователя, которые могут повлиять на переходный режим.

Расчёт электромагнитных переходных процессов

Конкретная методика расчёта электромагнитных переходных процессов с учётом СНЭЭ отсутствует. Как правило, выполняют детальное моделирование преобразователя в составе СНЭЭ. При этом нужно учесть влияние множества факторов, таких как частота ШИМ, алгоритм работы ШИМ, параметры и принцип работы накопителя энергии, режим нейтрали преобразователя и согласующего трансформатора, схема соединения накопителя электрической энергии с преобразователем и схема подключения конденсатора на стороне DC и др.

3.4. Особенности моделирования СНЭЭ при расчётах режимов энергосистемы

56

Расчёт токов короткого замыкания

Поведение СНЭЭ при коротком замыкании в сети зависит от множества условий. Если КЗ не приводит к существенному снижению напряжения в точке подключения СНЭЭ, то ток, протекающий через преобразователь, не выйдет за пределы допустимых значений, и быстрого отключения преобразователя СНЭЭ не будет.

Если напряжение в точке подключения СНЭЭ существенно снижается, то произойдёт практически мгновенное отключение преобразователя от сети.

Упрощённый способ моделирования СНЭЭ при расчёте ТКЗ заключается в представлении СНЭЭ как источника тока с наибольшим допустимым значением тока СНЭЭ (обычно $2 I_{\text{ном}}$). Но можно учесть алгоритм работы системы управления, что позволит наиболее точно рассчитать уровень токов короткого замыкания и влияние СНЭЭ.

3.5. Проектирование РЗА СНЭЭ

57

Особенности защит СНЭЭ

Базовые защиты элементов СНЭЭ

Оборудование СНЭЭ	Применяемая защита/автоматика
Кабельные связи	Предохранители, МТЗ, дифференциальная защита
Цепи СНЭЭ	Автоматические выключатели
Развязывающие и согласующие трансформаторы	Предохранители, МТЗ, дифференциальная защита
Силовые преобразователи тока и напряжения	Предохранители, внутренние алгоритмы инвертора, контакторы

При рассмотрении СНЭЭ сеть выступает как внешний элемент, что обуславливает особенности построения защит СНЭЭ.

Ввиду наличия силового преобразователя напряжения и принятия базового принципа применения простейших ненаправленных токовых защит выходных цепей СНЭЭ при подключении последней к внешней сети посредством ячейки КРУ, вводного шкафа, КСО, можно считать, что **все элементы, находящиеся внутри СНЭЭ, условно защищены**.

Исключение – неметаллические КЗ, перегрузки, нелинейные эффекты, которые можно исключить. Внутренние токовые защиты отстраиваются от максимально возможного рабочего тока, поэтому имеют достаточную надежность функционирования.

3.5. Проектирование РЗА СНЭЭ

58

РЗ внешней сети

СНЭЭ не оказывает значительного влияния на уровень тока КЗ, т.к. при скорости нарастания тока выше допустимого значения электронные ключи их преобразователей закрываются, исключая подпитку места КЗ от СНЭЭ.

Это обеспечивает сохранность электронного оборудования даже в случае отказа функционирования предыдущего элемента защиты. Для этого внутренние защиты СНЭЭ имеют независимую и несогласованную с другими защитами выдержку времени на срабатывание.

При дальних КЗ описанная выше логика применима не всегда. Дальнее КЗ в сочетании с отказом выключателей и эффектами неметаллических КЗ идентифицируется внутренними алгоритмами инвертора как перегрузка. В таком режиме инвертор является подпиткой места КЗ.

Тем не менее, существуют ограничивающие данный режим факторы.

3.5. Проектирование РЗА СНЭЭ

59

РЗ внешней сети (продолжение)

Факторы, ограничивающие подпитку дальних КЗ от СНЭЭ:

- Дальние КЗ в сочетании с отказом срабатывания защит или привода выключателя устраняются общими методами РЗА: ближним и дальним резервированием защит и возможным наличием УРОВ;
- Наиболее частыми повреждениями в сетях 6-35 кВ являются однофазные замыкания на землю. При их выявлении в разветвлённой сети возникают трудности с определением поврежденного присоединения, что не позволяет ликвидировать повреждение с минимальной выдержкой времени, поэтому необходимо использовать ускорения защиты присоединения СНЭЭ от других защит;
- Большинство инверторного оборудования для СНЭЭ мощностью более 100 кВА невозможно эксплуатировать в условиях несимметричной нагрузки и смещении векторов напряжения сети: максимально допустимая доля несимметрии составляет 10÷15 % в зависимости от производителя. Таким образом, при дальнем КЗ и несимметрии вследствие однофазного замыкания на землю инвертор отключится, что устранит подпитку места повреждения.

3.5. Проектирование РЗА СНЭЭ

60

ПА внешней сети

Преобразователи СНЭЭ имеют чувствительные настройки внутренних алгоритмов. Неправильная настройка ПА в сети (например, АОСН, АОПН) может привести к излишнему срабатыванию защит преобразовательного оборудования.

СНЭЭ практически безынерционны. Использование быстродействующих алгоритмов управления преобразователями снижает влияние СНЭЭ на статические характеристики отдельных энергосистем или районов с большой долей инверторной генерации.

Альтернативные им медленные алгоритмы могут негативно влиять на общую перегрузку в энергосистеме до получения сигнала на сброс принимаемой/отдаваемой мощности. Однако возможно совместное с ними применение ускорения отключения присоединения со СНЭЭ при аварийных ситуациях в прилегающей сети.

Также применение медленных алгоритмов СНЭЭ будет достаточным при допустимых перегрузках, являющихся процессами длительностью на порядок превышающими время срабатывания РЗ и ПА, так как основной задачей автоматики энергосистемы и СНЭЭ становится гибкое снижение перегрузки питающего оборудования без перенастроек защит и автоматики.

3.6. Проектная документация на СНЭЭ

61

Основные общие НТД при проектировании СНЭЭ:

- ГОСТ Р 21.1101-2013 «Основные требования к проектной и рабочей документации»;
- Правила устройств электроустановок;
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

СНЭЭ возможно оформить как:

- Объект капитального строительства;
- Временную постройку;
- Движимое имущество.

От того, как будет оформлена СНЭЭ, зависит **объем проектно-сметной документации**.

3.6. Проектная документация на СНЭЭ

62

В общем случае, для СНЭЭ, являющихся объектом капитального строительства, **состав проектной документации устанавливается в следующем объеме:**

Раздел 1 «Пояснительная записка»;

Р. 2 «Схема планировочной организации земельного участка»;

Р. 3 «Архитектурные решения»;

Р. 4 «Конструктивные и объемно-планировочные решения»;

Р. 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений».

Р. 6 «Проект организации строительства»;

Р. 8 «Перечень мероприятий по охране окружающей среды»;

Р. 9 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»;

Р. 11 «Смета на строительство объектов капитального строительства».

3.6. Проектная документация на СНЭЭ

63

При необходимости в состав ПД включаются также разделы:

Р. 7 «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства»;

Р. 10 «Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов»;

Р. 12 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами».

Для СНЭЭ, не являющихся объектом капитального строительства, состав ПСД устанавливается по согласованию между Заказчиком и Исполнителем.

Четкий объем рабочей документации под монтаж и подключение СНЭЭ законодательно не установлен и устанавливается индивидуально для каждого проекта.

Экспертиза проектной документации и (или) экспертиза результатов инженерных изысканий проводятся в форме государственной экспертизы или негосударственной экспертизы. Заказчик по своему выбору направляет проектную документацию и результаты инженерных изысканий на государственную экспертизу или негосударственную экспертизу, за исключением случаев, для которых проводится только государственная экспертиза

3.7. Особенности эксплуатации СНЭЭ

64

Эксплуатационные особенности – конструктивные и функциональные требования и ограничения, определяемые технологическими возможностями компонентов и устройств, входящих в состав основных подсистем СНЭЭ.

Определяют **методологию использования СНЭЭ** в процессе жизненного цикла: ввод в работу, безаварийная работа, переключение режимов и сценариев работы, восстановительные процедуры и пр.

Для класса устройств СНЭЭ выделяют основные **особенности**:

- необходимость регулярного определения текущей фактической энергоемкости аккумуляторной батареи;
- необходимость поддержания максимально идентичных температурных условий для каждого элемента аккумуляторной батареи;
- узкий диапазон температур, в котором оборудование установки может корректно работать – как правило, от +10 до +40 0С;
- режимные ограничения, например, долгая работа в максимальной нагрузке и перегрузке, автоматических режимах, невозможность быстрого ремонта на труднодоступных объектах;
- регулярная самодиагностика аппаратной и программной части комплекса, обновление функциональных возможностей, предиктивный анализ возможных отказов элементов и узлов системы.

3.7. Особенности эксплуатации СНЭЭ

65

Связи технического и функционального уровней в рамках эксплуатации СНЭЭ



3.7. Особенности эксплуатации СНЭЭ

66

Направления развития эксплуатационных характеристик СНЭЭ

В части подсистемы накопления:

- Применение точных алгоритмов определения остаточной емкости АКБ, в том числе по отдельным ячейкам, более точные режимы балансировки при заряде;
- Периодическое и постоянное определение качественных параметров АКБ, предсказание предстоящих замен и обслуживания по критериям деградации и аномальных характеристик;
- Применение наиболее перспективных видов электрохимических источников по допустимому температурному диапазону эксплуатации, энергоёмкости и пожарной безопасности.

В части климатических режимов основного оборудования:

- Снижение технической сложности систем отопления, вентиляции и кондиционирования при улучшении их качественных параметров для исключения температурных градиентов элементов систем – применение канальных систем и точечных узлов отвода тепла и распределенных систем охлаждения с рециркуляцией охлаждаемого или подогреваемого воздуха;
- Проведение теплотехнических расчетов и моделирования тепловых параметров системы для выбора наиболее эффективной системы вентиляции и кондиционирования.

3.7. Особенности эксплуатации СНЭЭ

67

Направления развития эксплуатационных характеристик СНЭЭ (продолжение)

В части общих режимов и сценариев работы СНЭЭ:

- Применение удаленных методов включения – мотор-приводы коммутационных аппаратов;
- Применение быстродействующих режимов, уменьшение времени перехода между ними;
- Увеличение автономности работы СНЭЭ, в том числе с применением совершенных алгоритмов самодиагностики и удаленного доступа, дублирование каналов управления;
- Совершенствование алгоритмов и функций устройства с более глубокой интеграцией в системы контроля и управления объекта. Предиктивные функции – запасание энергии перед долгим периодом в режиме разряда, например, суточный анализ, ремонтные режимы сети и пр.

ОБЩИЕ ВЫВОодЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

ОБЩИЕ ВЫВОодЫ (1/3)

69

1. СНЭЭ – продукт производственной кооперации, компаний полного цикла почти нет, что определяется разными моделями производства и бизнеса.
2. При выборе точки подключения СНЭЭ следует учитывать назначение СНЭЭ, зону балансовой принадлежности, тип объекта электроэнергетики, класс напряжения, категорию СНЭЭ.
3. Внутренние информационные взаимодействия СНЭЭ должны обеспечивать управление режимами работы СНЭЭ с учетом внутренних критериев безопасного и безаварийного функционирования отдельных узлов, блоков и подсистем.
4. Внешние информационные взаимодействия должны обеспечивать мониторинг и диагностику работы устройств, диспетчеризацию режимов работы СНЭЭ, сервисное операционное обслуживание.
5. Интеграция СНЭЭ в цифровые системы является перспективным направлением, а со временем может стать необходимым условием интеграции СНЭЭ в ЭЭС.
6. ТЭО СНЭЭ сводится к расчёту затрат на реализацию традиционного варианта и варианта с применением СНЭЭ и определению экономического эффекта от применения СНЭЭ по сравнению с традиционным вариантом.

ОБЩИЕ ВЫВОодЫ (2/3)

70

7. СНЭЭ – сравнительно новая технология для РФ, она находится на стадии приработки. При этом пока нет статистически достоверных данных о характеристиках надежности подсистем, входящих в состав СНЭЭ;
8. Действующие на текущий момент НПА не регламентируют порядок применения СНЭЭ субъектами электроэнергетики. Определённые изменения и дополнения в НПА необходимы для формирования ТЭО применения СНЭЭ в тех или иных видах деятельности и их дальнейшего коммерческого применения. Ряд проблемных вопросов должен быть решён проектом Постановления Правительства РФ от 03.08.2022 г.
9. Терминология и иная стандартизация в области СНЭЭ в РФ определена в серии стандартов ГОСТ Р 58092.
10. Поскольку СНЭЭ включает в себя разные типы оборудования, которые описываются разными группами стандартов, при попытке определения параметров СНЭЭ согласно ГОСТ могут возникать коллизии. В самой серии ГОСТ 58092 также встречаются спорные моменты.
11. Методика расчёта параметров СНЭЭ сводится к выбору параметров согласующего трансформатора, подсистемы преобразования и подсистемы накопления по требуемым значениям мощности и энергоёмкости СНЭЭ.

ОБЩИЕ ВЫВОоды (3/3)

71

12. При расчёте УР СНЭЭ можно моделировать как мощность нагрузки или генерации. При расчёте ТКЗ – как источник тока $2 I_{ном}$, при расчёте эл.-мех. ПП – как источник напряжения (управляемый источник мощности), при расчёте эл.-маг. ПП – необходимо моделирование преобразователя.
13. Все элементы, находящиеся внутри СНЭЭ, условно защищены базовыми защитами СНЭЭ. СНЭЭ не оказывает значительного влияния на уровень тока КЗ в сети, т.к. при ближних КЗ СНЭЭ отключается, а при дальних КЗ есть ряд факторов, также ограничивающих подпитку.
14. Объем проектно-сметной документации на СНЭЭ зависит от того, как оформлена СНЭЭ (объект капитального строительства; временная постройка; движимое имущество).
15. Эксплуатация СНЭЭ имеет ряд особенностей: необходимость регулярного определения фактической энергоемкости АКБ; необходимость поддержания идентичных температурных условий для элементов АКБ; регулярная самодиагностика аппаратной и программной части комплекса и др.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ (1/2)

72

1. Во внутренних информационных сетях СНЭЭ применять открытые стандарты физических интерфейсов протоколов обмена, скоростные интерфейсы и мероприятия для QoS, протоколы с обнаружением и коррекцией ошибок.
2. Во внешних информационных сетях СНЭЭ применять сети с шифрованием по ГОСТ 34.12-2018, мероприятия по ускорению взаимодействия с технологической частью СНЭЭ извне, рассмотреть возможность ускорения действий внешних устройств.
3. Применять точные алгоритмов определения остаточной емкости АКБ, выполнять периодическое и постоянное определение качественных параметров АКБ, предсказание предстоящих замен и обслуживания.
4. Применять распределенные системы ОВИК с рециркуляцией воздуха, рекуперацией тепла, каналные системы и точечные узлы отвода тепла, теплотехнические расчеты и моделирование.
5. Для увеличения автономности СНЭЭ применять алгоритмы самодиагностики и удаленного доступа, дублирование каналов управления.
6. При проектировании СНЭЭ уже сейчас закладывать «задел» для будущей интеграции СНЭЭ в цифровые системы.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ (2/2)

73

7. Рассмотреть необходимость введения понятия «оператор СНЭЭ» в дополнение к понятию «владелец СНЭЭ» для случаев, когда СНЭЭ принадлежит одному субъекту, а фактически используется или управляется другим субъектом;
8. Рассмотреть необходимость применения АИИС КУЭ для СНЭЭ (в проекте ПП РФ предложены просто «приборы учета»);
9. Рассмотреть вопрос разграничения управления (регулирования) СНЭЭ между владельцем СНЭЭ и системным оператором по техническим и экономическим принципам;
10. Рассмотреть возможность принадлежности СНЭЭ к объекту микрогенерации; к объекту АЭК;
11. Установить требования к СНЭЭ для оказания услуг по обеспечению системной надежности (НПРЧ, АВРЧМ);
12. Организовать сертификацию отечественного происхождения продукции с соответствующим приоритетом использования её в проектах.



НИК С6

cigre

Россия

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !

Нестеренко Глеб Борисович
nesterenkogb@yandex.ru