



СТО АО ТЭСС. СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ВО ВНЕШНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ЛОКАЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

АННОТАЦИЯ

СТО АО ТЭСС. Создание интегрированных во внешние электрические сети локальных интеллектуальных энергосистем

Фишов А.Г., Холдин А.В., Петрищев А.В.

Аннотация

Развитие распределенной малой генерации является актуальной задачей для энергетики в России, однако, оно во многом сдерживается отсутствием необходимой и достаточной нормативной базы. По заказу и при непосредственном участии компании АО ТЭСС разработан стандарт организации, направленный на решение задачи нормативного обеспечения деятельности АО ТЭСС, а также присоединившихся к стандарту квалифицированных организаций, по созданию и интеграции самобалансирующихся объектов с малой синхронной генерацией (локальных интеллектуальных энергосистем - ЛИЭС) в сети централизованных систем энергоснабжения (ЦСЭ) или между собой, с образованием территориально-интегрированных локальных энергосистем (ТИЛИЭС), а также превращения активных районов существующих электрических сетей во внутренние "энергосистемы малой мощности"- самобалансирующиеся энергорайоны (СбЭР).

При разработке СТО было важно:

- сбалансировать интересы всех участников процесса – сетевых компаний, собственников РЭР (ГУ) и ЛИСЭ (ТИЛИЭС), производителей генерирующих установок, электротехнического оборудования и САУ, а также организаций, занимающихся проектированием, строительством, монтажом и наладкой оборудования ЛИЭС.
- обеспечить технологически и нормативно интеграцию малой синхронной генерации и объектов на ее основе в электрические сети ЦСЭ.

В тоже время авторы старались по возможности гармонизировать стандарт (привести его содержания в соответствие с другими, в т.ч. международными в области РЭР стандартами для обеспечения взаимозаменяемости услуг, взаимного понимания результатов испытаний и информации, содержащейся в них).

Ключевые слова: *объекты с малой синхронной генерацией, включение на параллельную работу, автоматика, услуги*

Введение



Копирование, демонстрация, распространение, публикация, иное использование всех или части материалов, содержащихся в СТО 09797721.27.010.01.01-2025 или приложенных к нему материалов, запрещено без предварительного письменного разрешения АО «ТЭСС»

Массовое развитие и интеграция разнородных распределенных энергоресурсов (РЭР) в распределительные электрические сети наблюдается в последние десятилетия в большинстве стран мира.

В России концепция «Цифровая трансформация 2033» определяет принципы построения электрических сетей будущего, имеющих улучшенные показатели надежности и качества электроэнергии, обеспечивающих доступное технологическое присоединение новых и увеличение мощности существующих потребителей, а также качественные услуги по передаче и распределению электроэнергии. Базовыми элементами таких сетей являются цифровые районы электрических сетей (ЦРЭС), использующие технологии SmartGrids.

Принимая во внимание климатические и ресурсные условия в России объекты малой распределенной генерации суммарной мощностью до 25 МВт создаются в основном на базе газопоршневых (ГПУ), газотурбинных (ГТУ), и дизель-генераторных установок (ДГУ), функционирующих на розничном рынке электроэнергии.

По оценке Минприроды России, страна обеспечена запасами природного газа минимум на 100 лет. При этом срок обеспеченности ежегодно пересматривается в сторону увеличения за счет постоянного проведения геологоразведочных работ, открытия новых месторождений и уточнения запасов действующих, в том числе в Арктической зоне.

По состоянию на начало 2020 г. уровень газификации в России составлял 70,1%, а к 2030 г. его планируется увеличить до 86%, что будет содействовать дальнейшему развитию малой синхронной генерации и объектов на ее основе.

Как показывает международный опыт развитие малой распределенной генерации осуществляется в последнее десятилетие исключительно за счет интеграции в активные распределительные сети локальных систем электроснабжения – microgrids (локальных интеллектуальных энергосистем - ЛИЭС). Эти microgrid создаются на базе РЭР, размещаются на ограниченной электрически и географически территории, функционируют по отношению к активной распределительной сети как единый объект как в режиме параллельной работы с активной распределительной сетью, так и в островном режиме, осуществляя электроснабжения собственных потребителей от РЭР.

При отсутствии технической возможности или экономической целесообразности резервирования потребителей ЛИЭС от ЦСЭ, возможна организация взаимного резервирования от смежных ЛИЭС. В этом случае на базе нескольких ЛИЭС могут создаваться территориально интегрированные локальные интеллектуальные энергосистемы – ТИЛИЭС, где может осуществляться взаимное резервирование в автоматическом режиме. Это требует реализации соответствующих алгоритмов и систем управления.

Себестоимость производства электроэнергии на основе малой синхронной распределенной генерации, использующей трубопроводный природный газ, является привлекательной, особенно в условиях круглогодичного потребления тепловой энергии, а само развитие должно поддерживаться соответствующей нормативной базой.

Развитие распределенной малой генерации в России во многом сдерживается отсутствием необходимой и достаточной нормативной базы.

Стандартизация – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

В Российской и международной практике посредством разработки и введения в действие НТД (стандартов) эффективно решаются различные технические задачи, в том числе проектирования, создания и эксплуатации различных систем энергоснабжения с малой генерацией (microgrids). На базе технических требований, изложенных в стандартах, осуществляется разработка, координация, тиражирование и поддержка различных технических решений, а также выполняется сбор и обобщение опыта эксплуатации microgrids.

Разработка СТО АО ТЭСС производилась с использованием международного опыта, однако приоритетно учитывались особенности отечественных распределительных сетей. Это позволит при интеграции ЛИЭС в российские распределительные сети обеспечить их надежное функционирование с нормированными показателями надежности и качества электроэнергии во всех схемно-режимных условиях.

При разработке стандарта были решены следующие задачи:

- Инвентаризация и систематизация существующих требований к генерирующим установкам, схемам выдачи мощности, автоматике объектов с малой газовой генерацией, допускаемых к работе в составе сетей ЦСЭ.
- Систематизация и дополнение существующего понятийного поля в области объектов с малой газовой генерацией.
- Представление общего процесса создания объектов с малой газовой генерацией комплексом услуг, оказываемых квалифицированными организациями.
- Представление услуг по созданию ЛИЭС, в том числе, с использованием инновационных способов и аппаратных средств режимного и противоаварийного управления. Технические и технологические решения для этого также представлены в СТО.



- Учет опыта создания современных ЛИЭС в составе требований и технических решений, а также рекомендованных и справочных приложений к услугам.
- Представление услуг на базе идеологии системного анализа и проектирования (SADT).

Общее представление о нормативной базе, регламентирующей создание объектов с синхронной малой генерацией и их объединений, и объектах стандартизации

На рис. 1. Обобщенно представлена структура существующей нормативной базы, используемой при разработке СТО



Рис. 1 Структура существующей нормативной базы

Структура материальных объектов стандартизации представлена на рис.2.



Рис. 2 Структура объектов стандартизации

Полный состав объектов применения СТО – малая синхронная генерация и объекты на ее основе, к которым относятся ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР, интегрируемые с сетью ЦСЭ или между собой, системы управления этими объектами, а также процессы проектирования, монтажа, пуско-наладки при их создании, обеспечиваемые деятельностью (услугами) АО ТЭСС.

Под малой синхронной генерацией понимаются – источники электроэнергии с синхронными генераторами переменного тока промышленной частоты суммарной мощностью до 25 МВт.

Под ЛИЭС понимается – локальная интеллектуальная энергосистема (миниGRID) – локальная система электроснабжения с источниками электрической энергии суммарной мощностью до 25 МВт, подключенная к внешней распределительной сети напряжением до 110 кВ, работающая под управлением независимой от внешней системы автоматики, как в островном режиме, так и параллельно с энергосистемой, с устойчивыми и безопасными переходами из островного режима в параллельный и обратно.

Под ТИЛИЭС понимается – совокупность нескольких ЛИЭС с общим электроэнергетическим режимом и управлением.

Задача интеграции объектов с малой генерации в сети ЦСЭ, а также между собой

Основу задачи интеграции объектов с малой генерацией в сети ЦСЭ, а также между собой составляют требования по безопасности режимов параллельной работы, включения на параллельную работу для оборудования как ОсМГ, так и внешних электрических сетей. Соответствующие требования содержатся в ПТЭ, стандартах СО ЕЭС и Россетей. Структура этих требований к объектам СТО ТЭСС представлена на рис. 4.



Рис. 4. Требования по безопасности параллельной работы ОсМГ в сети ЦСЭ

Для удовлетворения этих требований в СТО представлены технические решения, в том числе инновационные (в части способов режимного, противоаварийного управления и автооперирования), реализованные с помощью соответствующей автоматики комплексного управления режимами ЛИЭС, производимой и поставляемой АО ТЭСС на основе лицензионных соглашений с разработчиками.

Структура и содержание СТО

Структура СТО представлена на рис. 5.



Рис. 5. Структура СТО

Ниже представлено содержание СТО.

- 1 Область применения
 - 2 Термины и определения
 - 3 Технические требования
 - 3.1 Требования к ГУ и электростанциям ЛИЭС, СБЭР, ТИЛИЭС
 - 3.2 Требования к СУ ГПЭ, работающих параллельно с ЦСЭ
 - 3.3 Требования к интеграции ЛИЭС с ЦСЭ
 - 3.4 Требования к РЗА ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР
 - 3.5 Требования к общей системе управления и ПТК ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР
 - 3.6 Требования к режимам ОсМГ при параллельной работе с ЦСЭ
 - 3.7 Требования к организации эксплуатации оборудования и управлению режимами ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР, работающих параллельно с ЦСЭ
 - 3.8 Требования к управлению электроэнергетическим режимом ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР при параллельной работе с ЦСЭ
 - 3.9 Нормы и требования к параметрам и процессам ЭР при осуществлении режима параллельной работы ОсМГ с внешней сетью ЦСЭ
 - 3.10 Нормы и требования к осуществлению режима островной работы ЛИЭС
 - 3.11 Нормы и требования к противоаварийным и оперативным переходам из режима островной работы в параллельный и обратно
 - 3.12 Эргономические требования к рабочим местам персонала, использующего ПТК ЛИЭС
 - 4 Услуги
 - 4.1 Последовательность работ и услуг в общем процессе создания объекта с малой генерацией (ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР)
 - 4.2 Технологические карты услуг по созданию и управлению режимами ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР
- Приложение 1. Технические решения при создании ЛИЭС
 Приложение 2. Испытания автоматики
 Приложение 3. Комплексные испытания при вводе ЛИЭС в работу
 Приложение 4. Обучение персонала
 Приложение 5. Пример создания ЛИЭС

Представление задачи объединения (схемы выдачи мощности и объединения)



Копирование, демонстрация, распространение, публикация, иное использование всех или части материалов, содержащихся в СТО 09797721.27.010.01.01-2025 или приложенных к нему материалов, запрещено без предварительного письменного разрешения АО «ТЭСС»

На рисунках 6-7 представлена вариантивность создания ОсМГ, интегрированных в сети ЦСЭ или между собой в составе ТИЛИЭС.

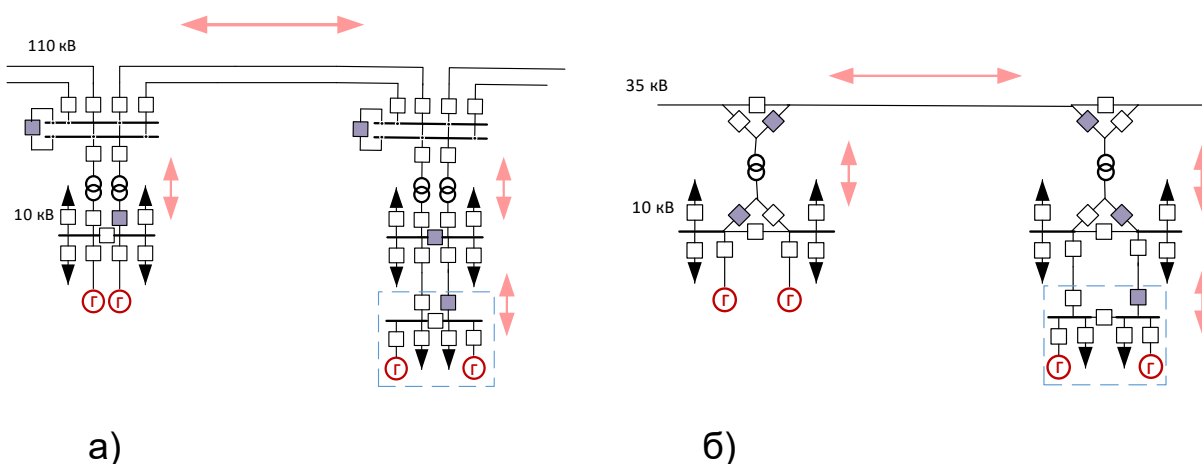


Рисунок 6. – Самобалансирующий энергорайон
а) - в существующей сети с интегрированной МГ и ЛИЭС
б) - оптимизированный СБЭР с МГ и ЛИЭС

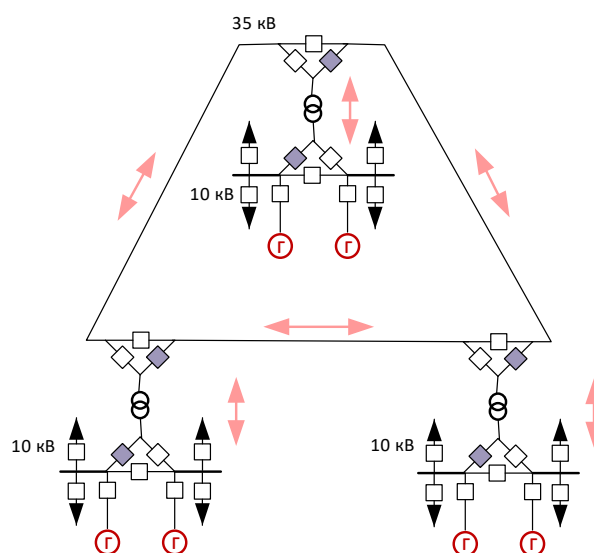


Рисунок 7. – Оптимизированная ТИЛИЭС с тремя ЛИЭС

Система услуг по применению инновационных технологий для объединения объектов с малой генерацией, оказываемых квалифицированными субъекта

В разделе СТО, посвященном услугам АО ТЭСС по созданию и эксплуатации объектов с малой генерацией, представлены:

- последовательность работ и услуг в общем процессе создания объекта с малой синхронной генерацией (ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР);
- технологические карты услуг по созданию и управлению режимами ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР.

Структура услуг в общем виде представлена на рисунке 8.

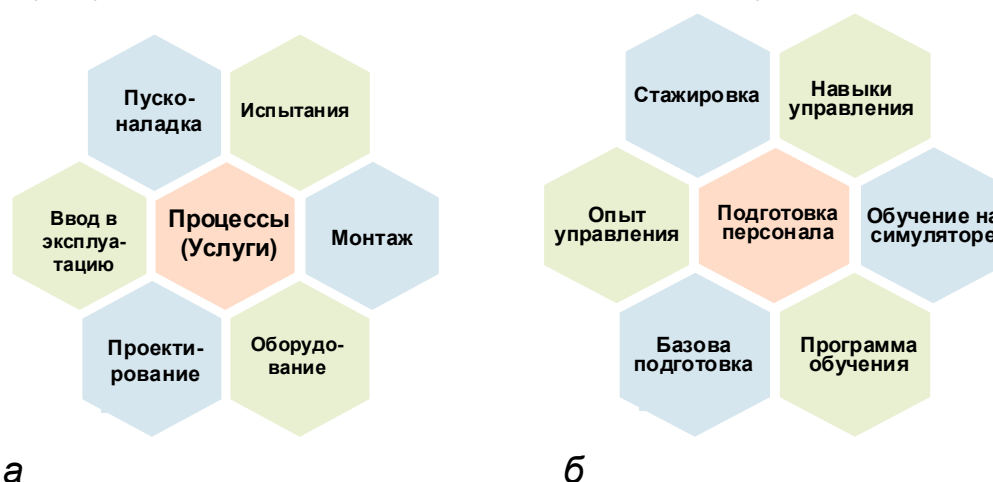


Рис. 8. Структура услуг

Представление услуг выполнено с использованием идеологии системного анализа и проектирования (SADT), которая позволяет всем участникам процесса понимать последовательность выполнения действий при оказании услуг, а также необходимые условия для их реализации.

Применение идеология SADT позволило:

- наглядно и системно представить сложные процессы, делая их более понятными для всех участников оказания услуг;
- улучшить взаимодействие между заказчиками, разработчиками и другими участниками процесса оказания услуг;
- обеспечить масштабируемость – пригодность как для небольших систем, так и для крупных (комплексных) проектов.

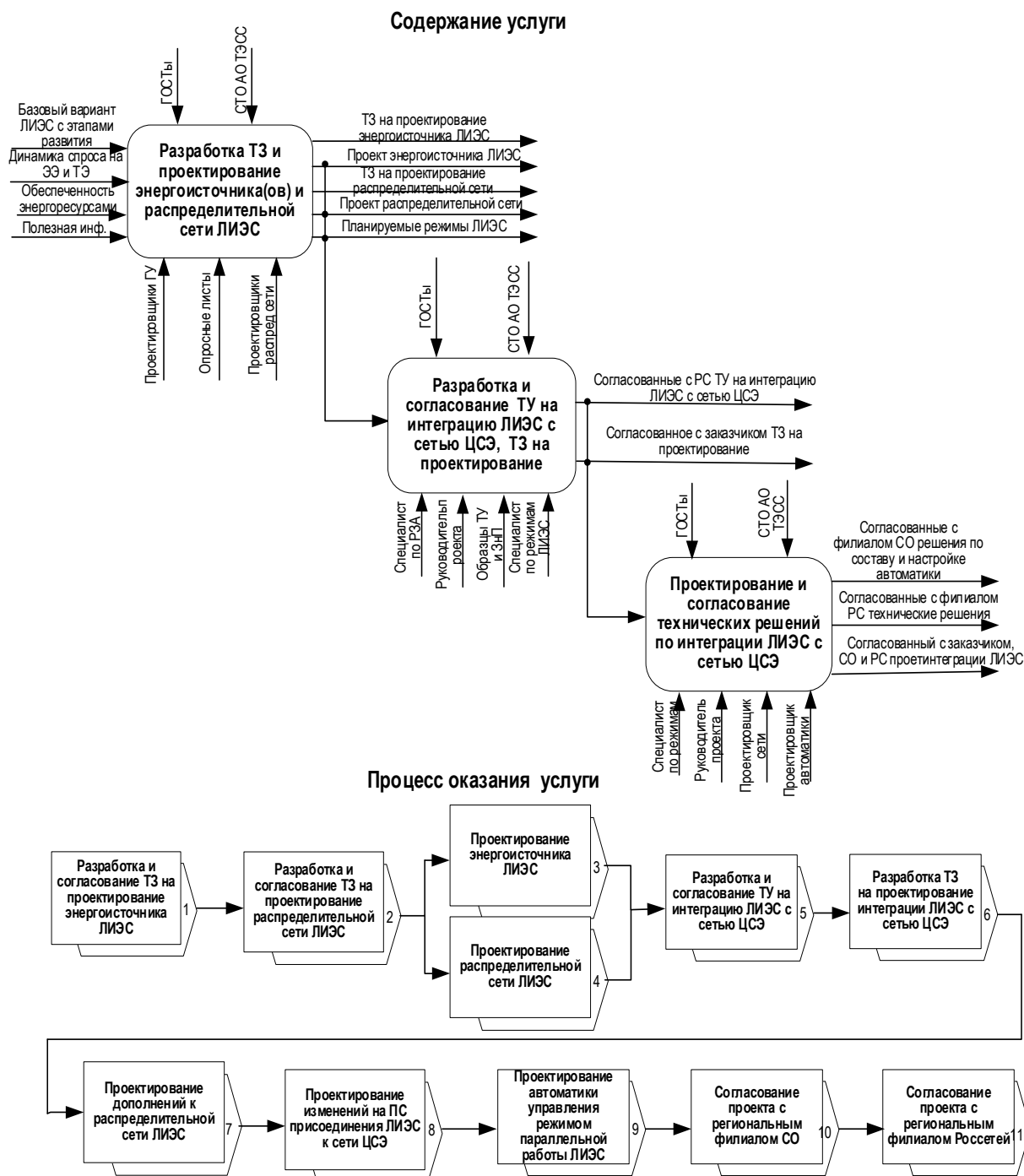
Услуги, которые могут быть наиболее востребованы в настоящее время и в обозримой перспективе, представлены технологическими картами по созданию и управлению режимами ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР.

В СТО представлены следующие виды услуг:

1. Предпроектное обследование создания объектов с малой синхронной генерацией (ЛИЭС, ТИЛИЭС, СБЭР).
2. Проектирование создания новой ЛИЭС.
3. Проектирование реконструкции локальной системы электроснабжения с созданием ЛИЭС.
4. Монтаж силового электротехнического оборудования энергоисточника.
5. Испытания и поставка ПТК ЛИЭС.
6. Монтаж ПТК, систем учета обменной электроэнергией ЛИЭС.
7. Подтверждение соответствия генерирующих установок ЛИЭС требованиям к участию в ОПРЧ ЦСЭ.
8. Комплексные испытания ЛИЭС для ввода в работу.
9. Создание ЛИЭС «под ключ».

10. Пуско-наладка оборудования ЛИЭС с вводом в работу.
11. Подготовка дежурного и оперативного персонала к управлению ЛИЭС.
12. Разработка нового симулятора ЛИЭС.

На рис. 9 в качестве примера представлена технологическая карта одной из услуг «Проектирование создания новой ЛИЭС».



Временной регламент и результаты оказания услуги

Этап	Вид работы	Продолжительность, недели	Итог
1	1, 2	2	Согласованные ТЗ на проектирование источника и сети ЛИЭС
2	3, 4	4	Проекты источника и сети ЛИЭС
3	5, 6	2	Согласованные ТУ и ТЗ на проектирование интеграции ЛИЭС с ЦСЭ
4	7, 8	2	Проекты дополнений в сетях для интеграции ЛИЭС
5	9	4	Проект автоматики для режима параллельной работы



Копирование, демонстрация, распространение, публикация, иное использование всех или части материалов, содержащихся в СТО 09797721.27.010.01-2025 или приложенных к нему материалов, запрещено без предварительного письменного разрешения АО «ТЭСС»

6	10, 11	2	Согласованный с СО и РС проект интеграции ЛИЭС
Всего			16
Примечание – Продолжительность вида работ в каждом случае зависит от сложности и условий оказания услуги			

Заключение

Разработчики стандарта надеются, что согласование и введение в действие СТО АО ТЭСС позволит избежать аварийных ситуаций с нарушением электроснабжения потребителей, повреждением ГУ, электротехнического оборудования электросетевых компаний и электроприемников потребителей при масштабной интеграции как отдельных РЭР, так и ЛИЭС в существующие распределительные сети и между собой.

Литература

1. ГОСТ Р 57114-2022 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике и оперативно-технологическое управление. Термины и определения
2. ГОСТ 33115-2014 Установки электрогенераторные с дизельными и газовыми двигателями внутреннего сгорания. Общие технические условия
3. ГОСТ Р 55006-2012 Стационарные дизельные и газопоршневые электростанции с двигателями внутреннего сгорания Общие технические условия
4. ГОСТ 34045-2023 Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования
5. ГОСТ Р 59979-2022 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройства локальной автоматики предотвращения нарушения устойчивости. Нормы и требования
6. СТО 34.01-3.1-002-2016 Типовые технические решения подстанций 6-110 кВ
7. СТО 34.01-21.1-001-2017 Распределительные электрические сети напряжением 0,4-110 кВ. Требования к технологическому проектированию
8. IEC TS 62898-3-1-2020 Microgrids - Part 3-1: Technical requirements - Protection and dynamic control
9. IEC TS 63276:2024 Guidelines for the hosting capacity evaluation of distribution networks for distributed energy resources
10. IEC TR 63410:2023 Decentralized electrical energy systems roadmap
11. IEEE 1547-2018 Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces
12. Способ противоаварийного управления режимом параллельной работы синхронных генераторов в электрических сетях. Фишов А.Г., Мукатов Б.Б., Марченко А.И. Патент на изобретение RU 2662728 С2, 30.07.2018.
13. Способ децентрализованной синхронизации и восстановления нормального режима аварийно разделенной электрической сети с



генераторами. Фишов А.Г., Осинцев А. А. Патент на изобретение RU 2784610 С1, 28.11.2022.

14. Способ управления режимом параллельной работы синхронных генераторов в электрических сетях. Фишов А.Г., Какоша Ю.В. Патент на изобретение RU 2752693 С1, 30.07.2021.
15. Способ управления составом и загрузкой генераторов электростанции с собственными нагрузками, работающей изолированно и параллельно с приемной энергосистемой. Фишов А.Г., Семендяев Р.Ю., Ивкин Е.С. Патент на изобретение RU 2697510 С1, 15.08.2019.



Копирование, демонстрация, распространение, публикация, иное использование всех или части материалов, содержащихся в СТО 09797721.27.010.01.01-2025 или приложенных к нему материалов, запрещено без предварительного письменного разрешения АО «ТЭСС»



tess-minigrid.ru

Контакты:

Дмитрий Холдин

Руководитель проекта «Локальные интеллектуальные энергетические системы»
АО «ТЭСС»



+7 (932) 422-24-09



kholdindv@gktess.ru