

**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.

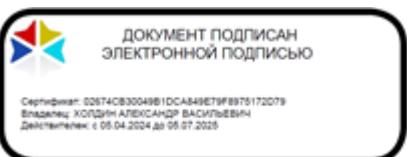
Принимая во внимание климатические и ресурсные условия в России объекты малой распределенной генерации суммарной мощностью до 25 МВт создаются в основном на базе газопоршневых (ГПУ), газотурбинных (ГТУ), и дизель-генераторных установок (ДГУ), функционирующих на розничном рынке электроэнергии.

По оценке Минприроды России, страна обеспечена запасами природного газа минимум на 100 лет. При этом срок обеспеченности ежегодно пересматривается в сторону увеличение 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.



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»

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.

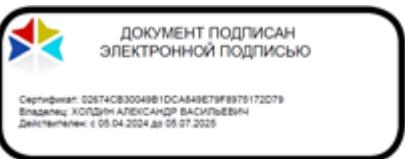
Стандартизация – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

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 генерирующему 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.



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»

- 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

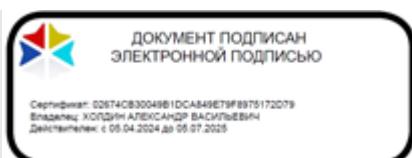
Структура материальных объектов стандартизации представлена на рис.2.



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.



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»

Под ЛИЭС понимается – локальная интеллектуальная энергосистема (минигрид) – 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.



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»



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

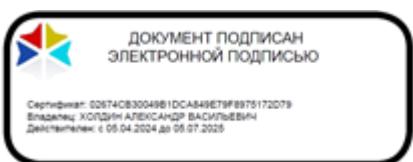
Приложение 2. Испытания автоматики

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 вариативность создания ОсМГ, интегрированных в сети ЦСЭ или между собой в составе ТИЛИЭС.

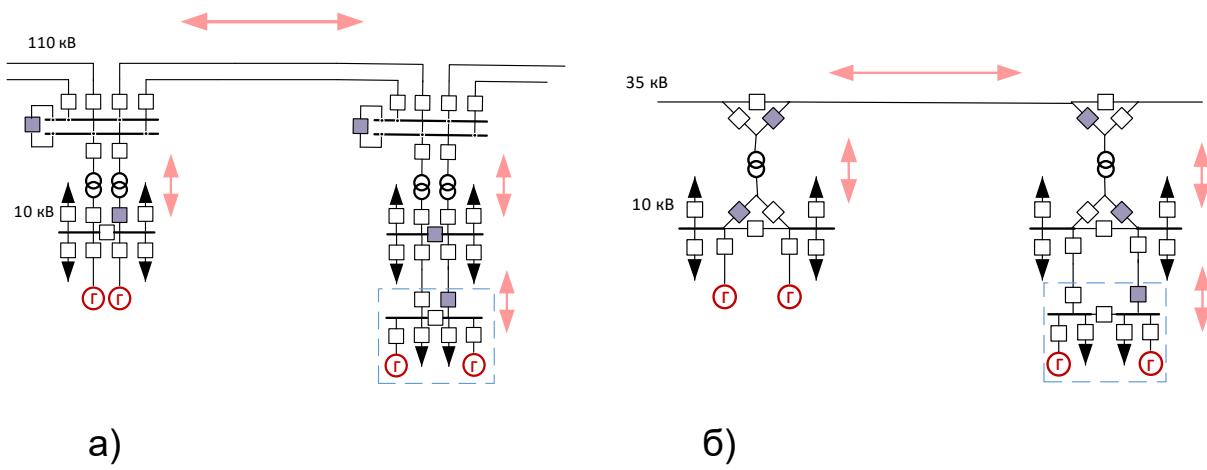


Рисунок 6. – Самобалансирующийся энергорайон
а) - в существующей сети с интегрированной МГ и ЛИЭС
б) - оптимизированный СбЭР с МГ и ЛИЭС

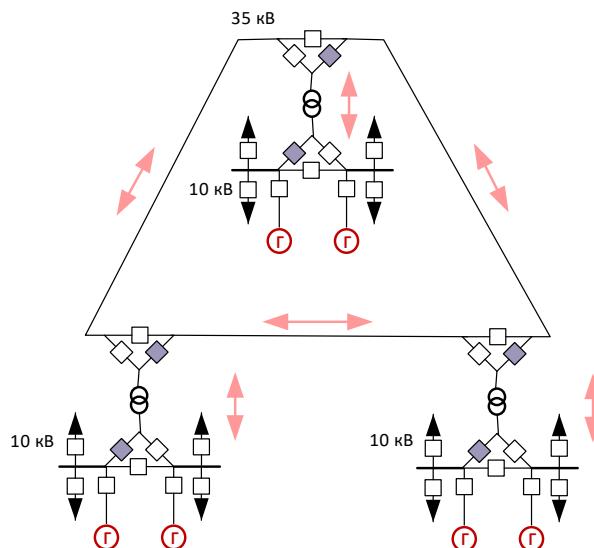
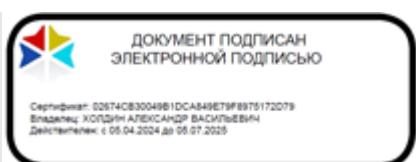


Рисунок 7. – Оптимизированная ТИЛИЭС с тремя ЛИЭС

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

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.



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»

Структура услуг в общем виде представлена на рисунке 8.

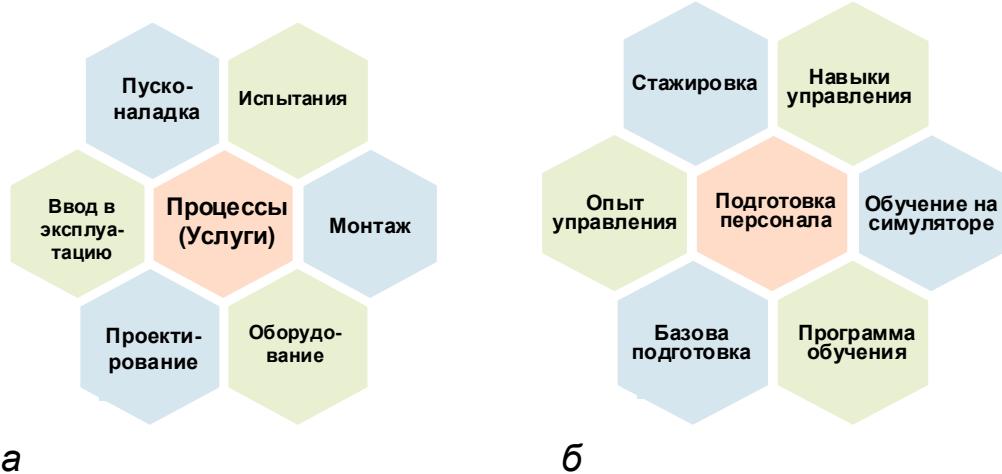


Рис. 8. Структура услуг

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 идеологии 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.

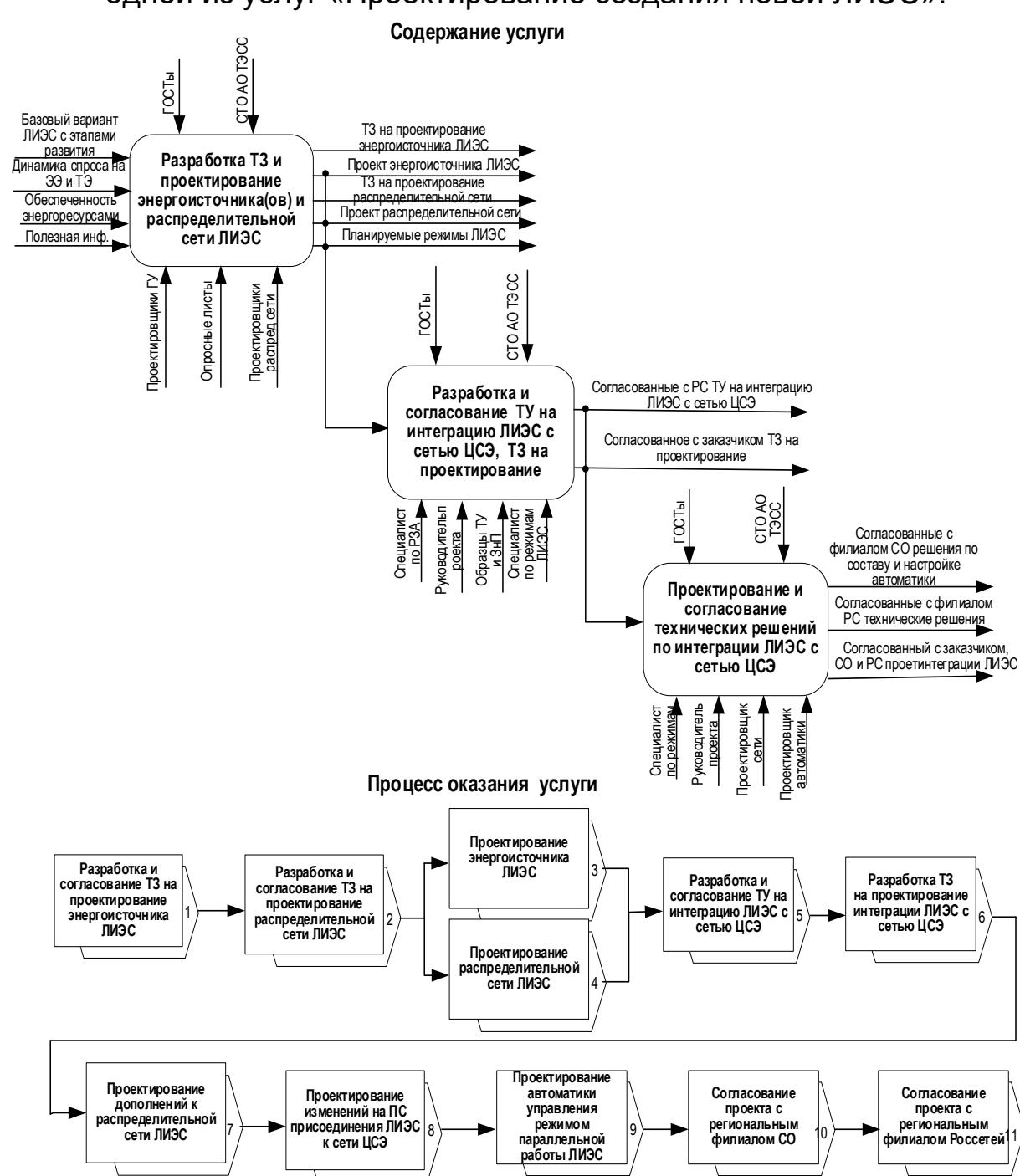
В СТО представлены следующие виды услуг:

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 электроэнергии 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».



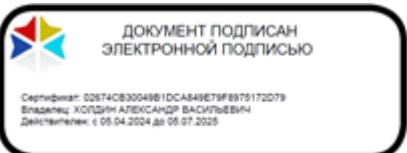
Копирование, демонстрация, распространение, публикация, иное использование всех или части материалов, содержащихся в СТО 09797721.27.010.01.01-2025 или приложенных к нему материалов, запрещено без предварительного письменного разрешения АО «ТЭСС»

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 09797721.27.010.01.01-2025 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



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»

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., Семеняев 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