
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
913—
2024

Информационные технологии
ЭНЕРГЕТИКА УМНАЯ
Интернет энергии. Типовая архитектура

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Фондом «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» (Фондом «ЦСР Северо-Запад»), Автономной некоммерческой организацией «Центр энергетических систем будущего «Энерджинет» (АНО «Центр «Энерджинет»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 194 «Кибер-физические системы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 апреля 2024 г. № 19-пнст

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: 121205 Москва, Инновационный центр Сколково, улица Нобеля, д. 1, тел. +7 (495) 777-01-04, e-mail: info@tc194.ru и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 123112 Москва, Пресненская набережная, д. 10, стр. 2.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

II

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	3
4 Сокращения	4
5 Концепция Интернета энергии	4
5.1 Общие положения	4
5.2 Энергетические транзакции в Интернете энергии	5
5.3 Энергетическая ячейка	6
5.4 Пользователи Интернета энергии	7
5.5 Подсистемы Интернета энергии (TE, IoT, NG)	7
5.6 Программный агент энергетической ячейки	8
6 Сценарии использования Интернета энергии	9
6.1 Основные сценарии использования	9
6.2 Вспомогательные сценарии использования	14
7 Свойства Интернета энергии	14
7.1 Интероперабельность	14
7.2 Масштабируемость	14
7.3 Открытость	14
7.4 Надежность энергоснабжения	14
8 Требования к архитектуре Интернета энергии	15
8.1 Общие требования	15
8.2 Требования к программным агентам энергетической ячейки	16
8.3 Требования к транзакционной подсистеме Интернета энергии	17
8.4 Требования к подсистеме межмашинной коммуникации Интернета энергии	18
8.5 Требования к подсистеме обеспечения режимов передачи электрической энергии	20
8.6 Требования к пользовательским интерфейсам Интернета энергии	22
9 Требования к информационной безопасности Интернета энергии	22
Библиография	23

Введение

Распределенная энергетика развивается быстрыми и масштабными темпами. Однако ее распространение в рамках традиционной организации электроэнергетических систем часто оказывается неэффективным: возникают существенные проблемы и издержки при интеграции и функционировании объектов распределенной энергетики, при этом, как правило, снижается системная надежность электроэнергетической системы, а потенциал распределенной энергетики не может быть реализован в полной мере [1].

Кроме того, в последнее время появился новый класс технологий, таких как силовая электроника, накопление энергии, искусственный интеллект, большие данные, Интернет вещей, цифровое моделирование, распределенные реестры, которые открывают технологические возможности для развития распределенной энергетики и эффективного и надежного применения объектов распределенной энергетики в рамках реализации различных энергетических сервисов.

С использованием объектов распределенной энергетики распространена реализация энергетических сервисов трех типов:

- агрегирование объектов распределенной энергетики для согласованного управления ими с целью участия в традиционных энергетических рынках;
- организация управления объектами распределенной энергетики в рамках микроэнергосистемы с целью оптимального и надежного энергоснабжения потребителей электрической энергии в микроэнергосистеме;
- организация локальных энергетических рынков, на которых владельцы объектов распределенной энергетики на возмездной основе предоставляют другим участникам этих рынков полезное качество (товар, услугу).

Для снятия указанных выше проблем и издержек, упрощения и удешевления использования объектов распределенной энергетики предлагается создавать специальную кибер-физическую инфраструктуру для интеллектуального управления объектами распределенной энергетики и их совокупностью — Интернет энергии.

В настоящем стандарте определена типовая (референтная) архитектура Интернета энергии, которая может быть применена для реализации конкретных архитектурных решений при организации энергетических сервисов с использованием объектов распределенной энергетики.

Областью применения типовой архитектуры Интернета энергии выступают только объекты распределенной энергетики и энергоустановки потребителей электрической энергии, присоединенные к распределительным электрическим сетям.

Типовую архитектуру Интернета энергии применяют для создания конкретных архитектурных решений инфраструктур для разворачивания энергетических сервисов с использованием объектов распределенной энергетики. При применении типовой архитектуры для реальных сценариев использования абстрактные архитектурные концепции и модели расширяются и преобразуются в детализированные архитектуры, учитывающие конкретные контексты, такие как бизнес-контекст, регуляторный и технологический контекст.

Настоящий стандарт предназначен для применения системными архитекторами, разработчиками систем управления, операторами энергетических сервисов и другими лицами, которые занимаются вопросами создания и внедрения новых бизнес-практик в сфере распределенной энергетики на базе передовых технологий.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Информационные технологии

ЭНЕРГЕТИКА УМНАЯ

Интернет энергии. Типовая архитектура

Information technologies.
Smart energy. Internet of energy.
Base architecture

Срок действия — с 2024—07—01
до 2027—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет концептуальные основы Интернета энергии, вводит описание организации Интернета энергии, реализованное в ее компонентах, их взаимосвязях друг с другом и с окружающей средой, и устанавливает общие требования к данным компонентам.

Настоящий стандарт не устанавливает требования к организации энергосистем и микроэнергосистем, системам управления энергетическими ячейками и электроустановками.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 15971 Системы обработки информации. Термины и определения

ГОСТ 19431 Энергетика и электрификация. Термины и определения

ГОСТ 19781 Обеспечение систем обработки информации программное. Термины и определения

ГОСТ 21027—2021 Системы электроэнергетические. Термины и определения

ГОСТ 24376 Инверторы полупроводниковые. Общие технические условия

ГОСТ 30805.14.1 (CISPR 14-1:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Бытовые приборы, электрические инструменты и аналогичные устройства. Радиопомехи промышленные. Нормы и методы измерений

ГОСТ 31818.11 (IEC 62052-11:2003) Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счетчики электрической энергии

ГОСТ 32144 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ ISO/IEC 17788 Информационные технологии. Облачные вычисления. Общие положения и терминология

ГОСТ Р 52863 Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям. Общие требования

ГОСТ Р 54130 Качество электрической энергии. Термины и определения

ГОСТ Р 55062—2021 Информационные технологии. Интероперабельность. Основные положения

Издание официальное

1

ГОСТ Р 55105 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования

ГОСТ Р 55890—2013 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Регулирование частоты и перетоков активной мощности. Нормы и требования

ГОСТ Р 56205/IEC/TS 62443-1-1:2009 Сети коммуникационные промышленные. Защищенность (кибербезопасность) сети и системы. Часть 1-1. Терминология, концептуальные положения и модели

ГОСТ Р 57114 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике и оперативно-технологическое управление. Термины и определения

ГОСТ Р 57580.1 Безопасность финансовых (банковских) операций. Защита информации финансовых организаций. Базовый состав организационных и технических мер

ГОСТ Р 59026 Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол беспроводной передачи данных на основе стандарта LTE в режиме NB-IoT. Основные параметры

ГОСТ Р 59909 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Классификация

ГОСТ Р 59966—2021 Протокол обмена информацией между компонентами распределенных интеллектуальных систем учета ресурсов. Протокол интеллектуальных распределенных систем (ПИРС). Основные положения

ГОСТ Р 59979 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

ГОСТ Р 70924 (ИСО/МЭК 30141:2018) Информационные технологии. Интернет вещей. Типовая архитектура

ГОСТ Р ИСО 14915-1 Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 1. Принципы проектирования и структура

ГОСТ Р ИСО 14915-2 Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 2. Навигация и управление мультимедийными средствами

ГОСТ Р ИСО 14915-3 Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 3. Выбор и сочетание медиаформ

ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования

ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002 Информационные технологии. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил применения мер обеспечения информационной безопасности

ГОСТ Р ИСО/МЭК 29182-1 Информационные технологии. Эталонная архитектура для сенсорных сетей (SNRA). Часть 1. Общий обзор и требования

ГОСТ Р ИСО/ТО 13569 Финансовые услуги. Рекомендации по информационной безопасности

ГОСТ Р МЭК 60870-5-101 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 101. Обобщающий стандарт по основным функциям телемеханики

ГОСТ Р МЭК 62443-2-1 Сети коммуникационные промышленные. Защищенность (кибербезопасность) сети и системы. Часть 2-1. Составление программы обеспечения защищенности (кибербезопасности) системы управления и промышленной автоматики

ГОСТ Р МЭК 62443-3-3 Сети промышленной коммуникации. Безопасность сетей и систем. Часть 3-3. Требования к системной безопасности и уровни безопасности

ПНСТ 518—2021 (ИСО/МЭК 20924:2018) Информационные технологии. Интернет вещей. Термины и определения

ПНСТ 519—2021 (ИСО/МЭК 29182-2:2013) Информационные технологии. Сети сенсорные. Часть 2. Термины и определения

ПНСТ 520—2021 (ИСО/МЭК 29182-3:2014) Информационные технологии. Сети сенсорные. Часть 3. Типовая архитектура

ПНСТ 912—2024 Информационные технологии. Энергетика умная. Интернет энергии. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агент-

ства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ ISO/IEC 17788, ГОСТ 15971, ГОСТ 19431, ГОСТ 19781, ГОСТ 21027, ГОСТ Р 54130, ГОСТ Р 57114, ПНСТ 518—2021, ПНСТ 519—2021, ПНСТ 912—2024, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

архитектура (системы): Основные понятия или свойства системы в окружающей среде, воплощенной в ее элементах, отношениях и конкретных принципах ее проекта и развития.
[ГОСТ Р 57100—2016, пункт 3.2]

3.2

распределительная электрическая сеть: Совокупность линий электропередачи и электросетевого оборудования напряжением 35 кВ и ниже.
[ГОСТ Р 55608—2018, пункт 3.23]

3.3

межмашинная коммуникация: Технология, позволяющая как беспроводным, так и проводным системам связываться с другими устройствами того же типа.
[ГОСТ Р 59162—2020, пункт 3.7]

3.4

пользовательский интерфейс (интерфейс пользователя): Все компоненты интерактивной системы (программное обеспечение или аппаратное обеспечение), которые предоставляют пользователю информацию и являются инструментами управления для выполнения определенных задач.
[ГОСТ Р ИСО 9241-210—2016, пункт 2.16]

3.5

прикладной программный интерфейс; API: Описание способов, с помощью которых одна программа может взаимодействовать с другой программой для обеспечения доступа ко всем необходимым службам (услугам).
[ГОСТ Р 59763—2021, пункт 3.1.11]

3.6

код: Реализация конкретных данных или конкретной компьютерной программы в символьной форме, такой, например, как исходный код, объектный код или машинный код.
[ГОСТ Р 51904—2002, пункт 3.22]

3.7

интероперабельность: Способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена.
[ГОСТ Р 55062—2021, пункт 3.1.8]

3.8 масштабируемость: Способность системы и/или прикладной программы постепенно увеличиваться без полной замены аппаратного или программного обеспечения и без необходимости повторного проектирования всей архитектуры системы.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

подсистема IoT — подсистема межмашинной коммуникации (Internet of things);
 подсистема NG — подсистема обеспечения режимов передачи электрической энергии (Neural grid);
 подсистема TE — транзакционная подсистема (Transactive energy);
 РЗА — релейная защита и автоматика;
 FIPA-AC — язык коммуникации агентов, разработанный Фондом интеллектуальных физических агентов [Foundation of intelligent physical agents (FIPA*) — Agents communication language];
 KQML — язык управления знаниями и запросами (Knowledge query and manipulation language);
 M2C — биллинг и осуществление автоплатежей (meter-to-cash);
 M2M — межмашинная коммуникация (machine-to-machine);
 P2G — потребление электрической энергии из сети и выдача ее в сеть (power-to-grid).

5 Концепция Интернета энергии

5.1 Общие положения

Интернет энергии представляет собой кибер-физическую инфраструктуру для интеллектуального управления объектами распределенной энергетики, а также их совокупностями, осуществляемого посредством энергетических транзакций, проводимых в рамках сервисов Интернета энергии.

Энергетическая транзакция — это совокупность операций взаимодействия владельцев энергетических ячеек и их электроустановок между собой, а также с операторами сервисов, в рамках которых одна сторона энергетической транзакции получает полезное качество, например экономическую ценность, связанную с работой энергосистемы или микроэнергосистемы, а другая сторона — оплату.

Энергетическая ячейка является структурной единицей энергосистемы или микроэнергосистемы, управляемой посредством Интернета энергии, она присоединена к распределительным электрическим сетям с помощью межсоединительного устройства Интернета энергии.

Каждая энергетическая ячейка снабжается программным агентом, посредством которого осуществляются:

- представление энергетической ячейки в Интернете энергии;
- согласованное управление взаимодействием энергетической ячейки со всеми подсистемами Интернета энергии;
- участие энергетической ячейки в сервисах Интернета энергии и диспетчеризация этого участия в целях исключения конфликта сервисов за ресурсы энергетической ячейки;
- взаимодействие энергетической ячейки с другими энергетическими ячейками через их программных агентов;
- обмен данными с локальной автоматикой электроустановок энергетической ячейки или ее локальной системой управления;
- выдача управляющих сигналов и команд на локальную автоматику электроустановок энергетической ячейки или ее локальную систему управления.

Каждой энергетической ячейке соответствует один программный агент.

Пользователями Интернета энергии являются владельцы энергетических ячеек и операторы сервисов Интернета энергии. Функционирование и развитие подсистем Интернета энергии обеспечивают операторы соответствующих подсистем.

Сервисы Интернета энергии — это услуги, предполагающие экономическое и техническое взаимодействия пользователей Интернета энергии. Энергетические транзакции выступают минимальными

* FIPA — сообщество разработчиков, целью которых является стандартизация агентных технологий. Официальный сайт — <http://www.fipa.org/>.

актами осуществления сервисов Интернета энергии, их строительными блоками, а сервисы Интернета энергии — наборами сценариев и правил взаимодействия программных агентов при осуществлении энергетических транзакций. Программное обеспечение, технически реализующее сервисы Интернета энергии и взаимодействующее с программными агентами и пользователями Интернета энергии, называют «программные системы сервисов».

За корректность реализации энергетических транзакций отвечают компоненты Интернета энергии. Кроме того, они обеспечивают реализацию свойств Интернета энергии. Определены следующие компоненты Интернета энергии:

- транзакционная подсистема (TE);
- подсистема межмашинной коммуникации (IoT);
- подсистема обеспечения режимов передачи электрической энергии (NG);
- программные агенты энергетических ячеек.

На рисунке 1 приведена концептуальная модель Интернета энергии.

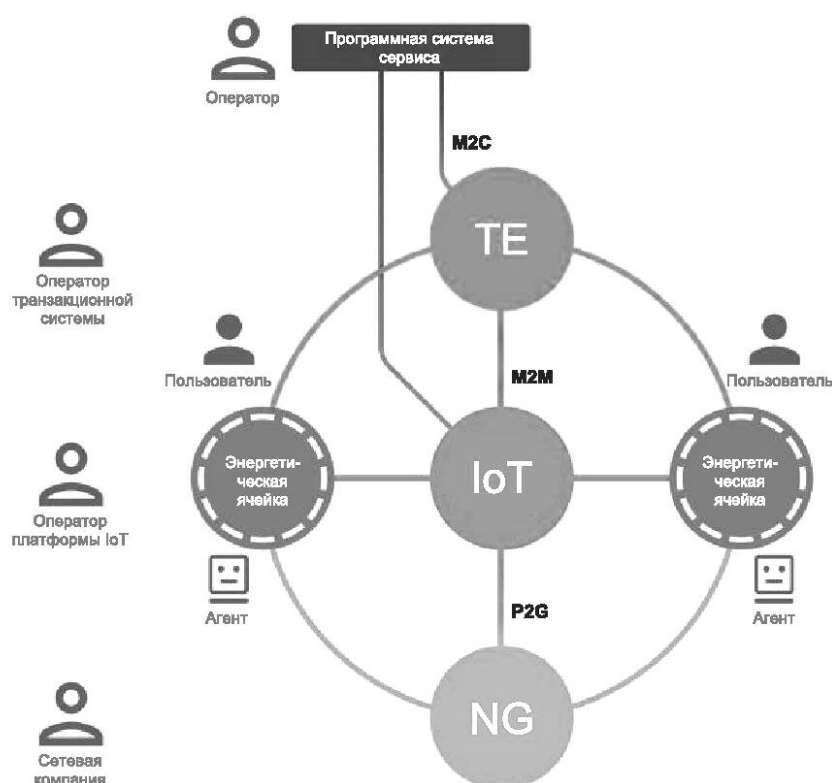


Рисунок 1 — Концептуальная модель Интернета энергии

5.2 Энергетические транзакции в Интернете энергии

Интернет энергии должен обеспечивать возможность осуществления энергетических транзакций, в которых предметом взаимодействия являются:

- электрическая энергия — как товар, производимый энергетическими ячейками и поставляемый потребителям электрической энергии, с измеримыми объемами поставки и характеристиками качества в соответствии с ГОСТ 32144, [2] (статья 3);
- мощность — как товар, продажа которого влечет возникновение у владельца энергетической ячейки обязательства по поддержанию энергетической ячейки в состоянии готовности к выработке электрической энергии по [3] (статья 42);
- энергетическая гибкость — как услуга, предоставляемая владельцами энергетических ячеек, по осуществлению полезного и управляемого технического воздействия на баланс мощности и/или баланс электрической энергии в энергосистеме или микроэнергосистеме.

Энергетические транзакции между энергетическими ячейками осуществляются посредством взаимодействия программных агентов этих энергетических ячеек между собой, а также с программными системами сервисов. Программные агенты реализуют сценарии и правила, заложенные в программных системах сервисов, и в соответствии с ними формируют и исполняют смарт-контракты.

5.3 Энергетическая ячейка

Энергетическая ячейка является минимальной структурной единицей энергосистемы или микро-энергосистемы, управление которой осуществляется на основе Интернета энергии. Ее внутренняя структура не значима для выполнения энергетических транзакций: для программных агентов энергетических ячеек и программных систем сервисов энергетическая ячейка является «черным ящиком», который обладает способностью выдавать и/или потреблять электрическую мощность, а также принимать, отправлять и обрабатывать информационные сигналы.

Энергетические ячейки могут быть различных типов (см. таблицу 1) в зависимости от следующих факторов:

- возможности выдачи и/или потребления электрической мощности;
- возможности гибкого регулирования величины выдачи и/или потребления электрической мощности, заключающейся в способности изменять значение выдаваемой и/или потребляемой мощности в диапазоне не менее 50 % от номинальной мощности со скоростью не менее 1 %/с от номинальной мощности.

Т а б л и ц а 1 — Типы энергетических ячеек

Возможность по выдаче и/или потреблению полной электрической мощности	Возможность гибкого регулирования величины выдачи и/или потребления полной электрической мощности	
	присутствует	отсутствует или ограничена
Только выдача электрической мощности	Маневренный генератор	Стохастический генератор
Выдача и потребление электрической мощности	Просьюмер	Потребитель электрической энергии с вариабельной собственной генерацией
Только потребление электрической мощности	Активный потребитель электрической энергии	Пассивный потребитель электрической энергии

Типологическая принадлежность энергетической ячейки определяет операции, которые она может осуществлять в энергетических транзакциях (см. таблицу 2).

Т а б л и ц а 2 — Операции, осуществляемые энергетической ячейкой в зависимости от ее типа и базового товара/услуги Интернета энергии

Тип энергетической ячейки	Товар/услуга					
	Электрическая энергия		Мощность		Гибкость	
	Продажа	Покупка	Продажа	Покупка	Продажа	Покупка
Маневренный генератор	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
Стохастический генератор	Да	Нет	Да	Да	Нет	Да
Просьюмер	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Потребитель электрической энергии с вариабельной собственной генерацией	Да	Да	Нет	Да	Нет	Да
Активный потребитель электрической энергии	Нет	Да	Да	Да	Да	Нет
Пассивный потребитель электрической энергии	Нет	Да	Нет	Да	Нет	Да

Разнообразие функций, которые могут выполнять энергетические ячейки различных типов в энергетических транзакциях, и их динамически меняющиеся потребности и возможности формируют большое число возможных комбинаций энергетических ячеек, вступающих в энергетические транзакции для взаимовыгодного взаимодействия. Это, в свою очередь, порождает базу для реализации большого множества различных сервисов Интернета энергии.

5.4 Пользователи Интернета энергии

Пользователями Интернета энергии являются владельцы энергетических ячеек и операторы сервисов.

Владельцами энергетических ячеек являются лица, осуществляющие эксплуатацию электроустановок энергетических ячеек на праве собственности, аренды или ином законном праве. Владельцы энергетических ячеек участвуют посредством программных агентов в реализации энергетических транзакций под управлением тех или иных программных систем сервисов.

Оператором сервиса(ов) может выступать любое правоспособное физическое или юридическое лицо. Операторы сервисов ответственны за предоставление одного или нескольких сервисов Интернета энергии, а также выступают посредниками между пользователями энергетических ячеек и субъектами электроэнергетики и потребителями электрической энергии, не входящими в Интернет энергии. Операторы сервиса предоставляют сервис Интернета энергии посредством программных систем сервиса.

5.5 Подсистемы Интернета энергии (TE, IoT, NG)

Подсистема TE предназначена для осуществления коммерческой составляющей энергетических транзакций, в которую включены следующие процессы:

- полностью автоматическое формирование и защищенное хранение смарт-контрактов, фиксирующих параметры энергетических транзакций;
- верификация исполнения смарт-контрактов;
- финансовый расчет по исполненным обязательствам;
- фиксация расхождений и споров;
- использование данных для их разрешения и исполнение клиринговых функций.

В результате в этой подсистеме обеспечиваются операции M2C.

Подсистема IoT предназначена для осуществления информационной составляющей энергетических транзакций, в которую включены следующие процессы:

- M2M и обмен всеми необходимыми для энергетических транзакций информационно-управляющими сигналами между энергетическими ячейками и их программными агентами;
- доступ программных агентов энергетических ячеек к локальной автоматике электроустановок и/или к локальным системам управления энергетических ячеек;
- формирование, хранение и предоставление цифровых двойников и цифровых теней энергетических ячеек и их электроустановок;
- работа вспомогательного программного обеспечения для межмашинной коммуникации.

Подсистема NG предназначена для осуществления физической (электроэнергетической) составляющей энергетических транзакций и реализует:

- активное управление P2G, т. е. перетоками мощности в соответствии с пулом одновременно выполняемых энергетических транзакций, и формирование надлежущего для их осуществления режима электроснабжения;
- при необходимости поддержание статической и динамической устойчивости режима электроснабжения (при работе в изолированных микроэнергосистемах);
- технологическую защиту во время осуществления энергетических транзакций.

В полной мере функционал подсистемы NG необходим для организации управления объектами распределенной энергетики в изолированных микроэнергосистемах, а также при управляемом взаимодействии микроэнергосистемы с другой микроэнергосистемой или энергосистемой.

Примечание — Термин «режим электроснабжения» в настоящем стандарте следует понимать аналогично термину «электроэнергетический режим энергосистемы», установленному в ГОСТ 21027—2021 (статья 19). Термины «статическая устойчивость режима электроснабжения» и «динамическая устойчивость режима электроснабжения» следует понимать аналогично терминам «статическая устойчивость энергосистемы» и «динамическая устойчивость энергосистемы», установленным в ГОСТ 21027—2021 (статьи 14, 17).

Конкретные архитектурные решения Интернета энергии могут предусматривать включение только одной или нескольких подсистем Интернета энергии (TE, IoT, NG). При этом в соответствующей архитектуре для реализации будут доступны ограниченный набор возможностей для реализации сервисов Интернета энергии.

Пример — Реализация только одной подсистемы TE позволяет получить функционал учета полезного отпуска и потребления электрической энергии, расчета стоимости оказанных услуг, расщепления платежей между участниками договорных отношений. Реализация только одной подсистемы IoT позволяет получить функционал «активного потребления»: использование системы датчиков потребления электрической энергии, температуры, влажности, освещенности, в сочетании с актуаторами (исполнительными устройствами) для управления вентиляцией, кондиционированием, теплоснабжением, тепловыми завесами и другими нагрузками позволяет оптимизировать потребление электрической энергии и мощности.

На рисунке 2 приведены подсистемы Интернета энергии во внешнем окружении.

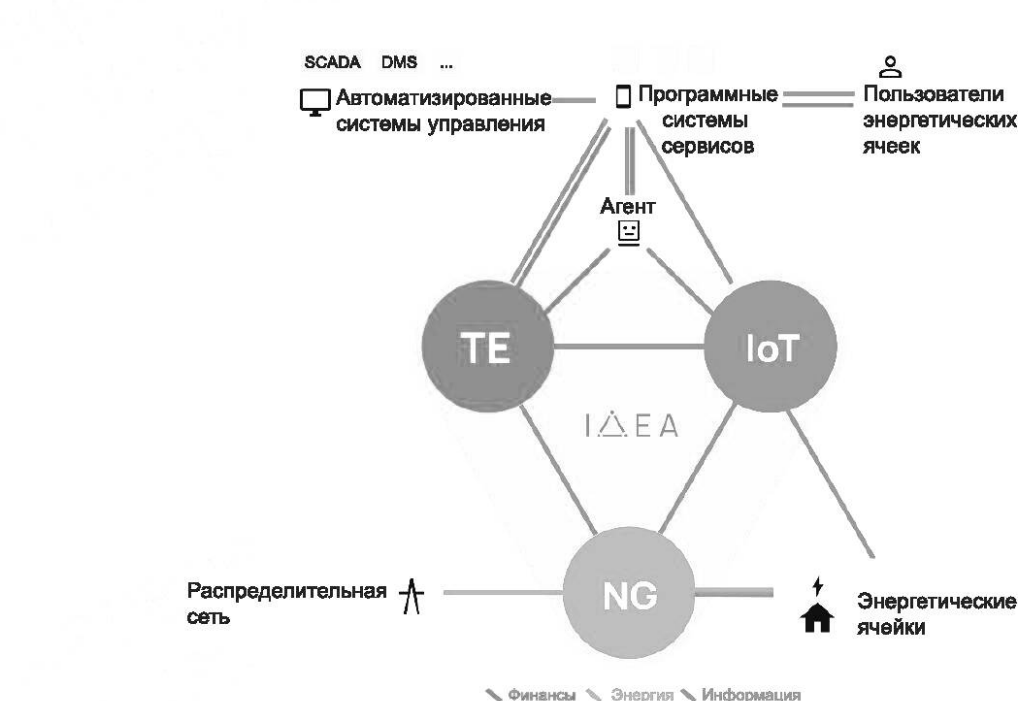


Рисунок 2 — Системы Интернета энергии во внешнем окружении

5.6 Программный агент энергетической ячейки

Программный агент энергетической ячейки представляет энергетическую ячейку в Интернете энергии, в том числе осуществляет диспетчеризацию участия энергетической ячейки в сервисах, направленную на исключение конфликтов сервисов за ресурсы (возможности электроустановок) ячейки с учетом ее окружения и места в топологии сети, а также приоритизацию участия ячейки в сервисах в соответствии с настройками владельца энергетической ячейки. При этом одновременно одна энергетическая ячейка может участвовать в нескольких различных энергетических сервисах.

Одному пользователю энергетических ячеек может принадлежать множество энергетических ячеек, и, соответственно, в его интересах может работать множество программных агентов энергетических ячеек.

Программные агенты энергетических ячеек используют программные системы сервисов для формирования параметров энергетических транзакций, подсистему TE — для формирования соответствующих смарт-контрактов, верификации их исполнения с использованием данных с учетно-измерительных устройств, передающих данные в рамках подсистемы IoT, и для осуществления финансовых расчетов по ним для завершения транзакций.

Доступ программных агентов энергетических ячеек к локальной автоматике и/или системам управления электроустановками энергетических ячеек осуществляется при помощи подсистемы IoT. Программные агенты не осуществляют оптимизацию и/или диспетчеризацию работы электроустановок энергетической ячейки: они только передают на локальную автоматику и/или систему управления этой электроустановкой сигналы и команды, исполнение которых обеспечит выполнение обязательств в рамках актуальных энергетических транзакций. Задача оптимизации и/или диспетчеризации работы совокупности электроустановок энергетической ячейки возложена на системы управления электроустановок, энергетических ячеек или на соответствующие программные системы сервисов.

Взаимодействие владельцев энергетических ячеек с программными агентами энергетических ячеек осуществляется посредством пользовательских интерфейсов этих агентов или программных систем сервисов.

6 Сценарии использования Интернета энергии

6.1 Основные сценарии использования

Основные сценарии использования Интернета энергии предусматривают осуществление энергетических транзакций, являющихся для программных систем сервисов средством управления объектами распределенной энергетики.

Энергетическая транзакция осуществляется посредством взаимодействия программного агента энергетической ячейки с другим программным агентом энергетической ячейки и/или программной системой сервиса.

Параметры энергетической транзакции определяются во взаимодействии между программными агентами энергетических ячеек и программной системой сервиса. Порядок формирования параметров энергетических транзакций устанавливается оператором сервиса и зафиксирован в коде программной системы сервиса. Права и обязанности сторон энергетической транзакции определяются условиями подписки на сервис Интернета энергии.

При осуществлении энергетической транзакции в микроэнергосистеме должно быть обеспечено сохранение параметров качества электрической энергии в сети согласно требованиям ГОСТ 32144.

Интернет энергии реализует два основных варианта использования энергетических транзакций:

- одноранговая энергетическая транзакция* между двумя энергетическими ячейками, предполагающая согласованное и синхронизированное во времени изменение параметров генерации и потребления мощности этими ячейками;
- смешанная энергетическая транзакция** между энергетической ячейкой и оператором сервиса, являющимся в этом случае поставщиком услуги этой энергетической ячейке или агрегатором услуг, которые энергетические ячейки предоставляют другим пользователям Интернета энергии, а также субъектам электроэнергетики и потребителям электрической энергии, не являющимся пользователями Интернета энергии (крупная генерация, сетевые компании, системный оператор, другие субъекты).

6.1.1 Одноранговая энергетическая транзакция

Одноранговая энергетическая транзакция осуществляется между двумя энергетическими ячейками при следующих условиях:

- оба программных агента энергетических ячеек имеют разрешение от владельцев энергетических ячеек на осуществление энергетических транзакций под управлением программной системы сервиса, в рамках которого осуществляется энергетическая транзакция;
- обе энергетические ячейки, участвующие в энергетической транзакции, подключены к Интернету энергии;
- программная система сервиса, в рамках которой осуществляется энергетическая транзакция, интегрирована с Интернетом энергии;
- обе энергетические ячейки, участвующие в энергетической транзакции, подписаны на сервис Интернета энергии, в рамках которого осуществляется энергетическая транзакция.

* В профессиональной среде одноранговые энергетические транзакции часто называют «peer-to-peer, P2P» транзакциями, т. е. транзакциями типа «ячейка — ячейка».

** В профессиональной среде смешанные энергетические транзакции часто называют «peer-to-operator, P2O» транзакциями, т. е. транзакциями типа «ячейка — оператор».

Одноранговая энергетическая транзакция осуществляется по следующему базовому сценарию (см. рисунок 3):

- программные агенты энергетических ячеек контролируют состояние электроустановок, входящих в состав энергетических ячеек, и режим их функционирования при участии в различных сервисах Интернета энергии, определяют потребность в инициации энергетической транзакции с учетом целевых установок, заданных владельцем энергетической ячейки;
- один из программных агентов энергетической ячейки инициирует взаимодействие с другим программным агентом энергетической ячейки через программную систему сервиса, направляя сообщения с запросом на энергетическую транзакцию согласно порядку и форме, предусмотренными правилами предоставления сервиса Интернета энергии;
- другой программный агент энергетической ячейки, получивший запрос на энергетическую транзакцию, запускает проверку осуществимости запроса с помощью подсистемы NG и отвечает на запрос согласно порядку и форме, предусмотренными правилами предоставления сервиса;
- программные агенты энергетических ячеек проводят взаимодействие, которое выражается в обмене сообщениями согласно порядку и форме, предусмотренными правилами предоставления сервиса, и по результатам которого формируются договорные параметры энергетической транзакции;
- программные агенты энергетических ячеек осуществляют фиксацию договорных параметров энергетической транзакции в форме смарт-контракта;
- программные агенты энергетических ячеек на временном интервале осуществления транзакции формируют и передают системе управления энергетической ячейки соответствующие управляющие команды, запускающие исполнение энергетической транзакции;
- за счет исполнения управляющих команд при обеспечении подсистемы NG происходит физическое осуществление энергетической транзакции;
- программные агенты энергетических ячеек при помощи измерительного оборудования осуществляют фиксацию физических значений поставленных товаров/услуг;
- программные агенты энергетических ячеек на основе фактических физических значений поставленных товаров/услуг осуществляют контроль исполнения энергетической транзакции, формируют и передают системе управления энергетической ячейки управляющие команды, завершающие исполнение энергетической транзакции;
- программные агенты энергетических ячеек осуществляют финансовые расчеты по энергетической транзакции.

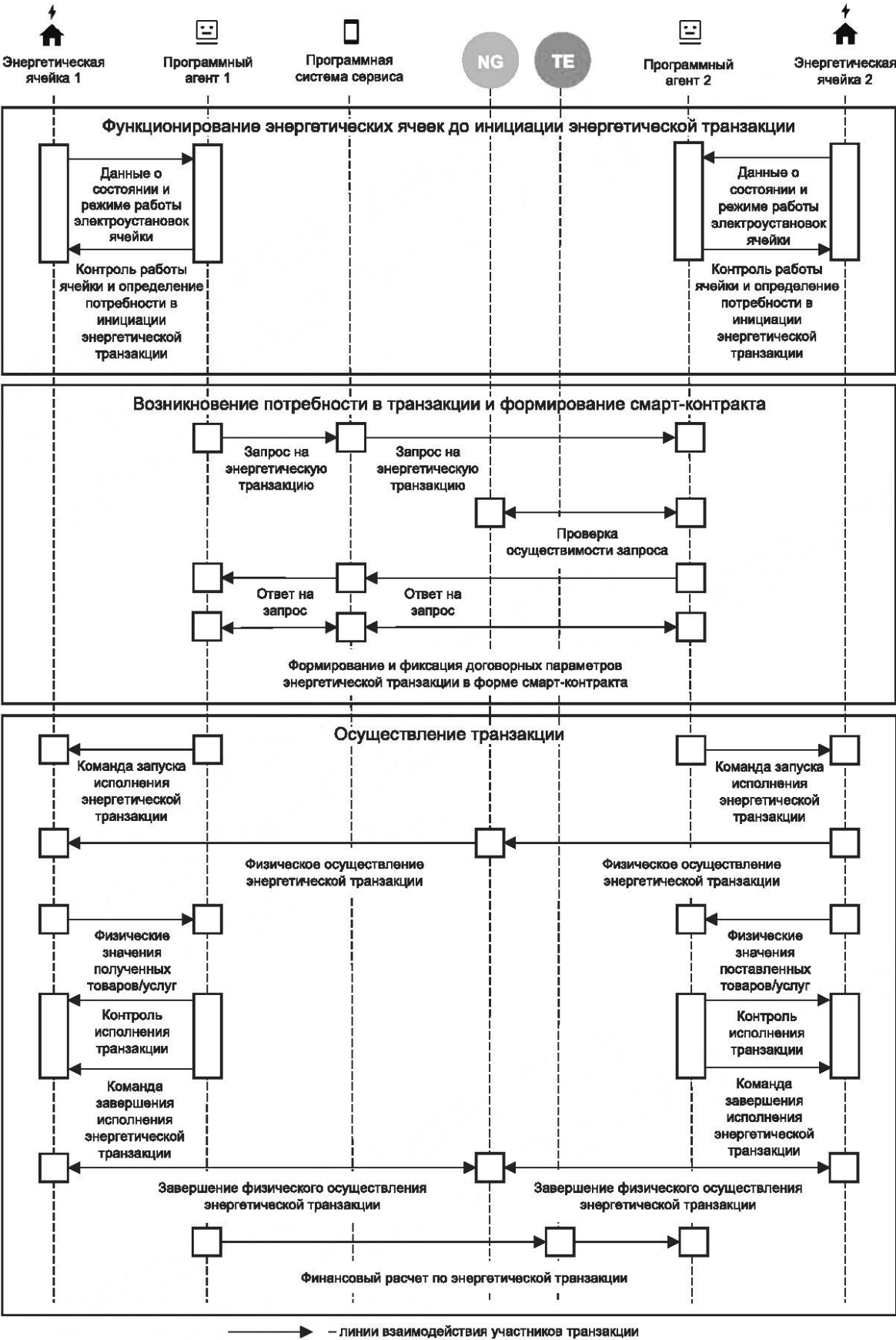


Рисунок 3 — Сценарий одноранговой энергетической транзакции

6.1.2 Смешанная энергетическая транзакция

Смешанная энергетическая транзакция осуществляется при следующих условиях:

- программный агент энергетической ячейки имеет разрешение от владельца энергетической ячейки на осуществление энергетических транзакций под управлением программной системы сервиса, в рамках которого осуществляется энергетическая транзакция;
- энергетическая ячейка, участвующая в энергетической транзакции, подключена к Интернету энергии;
- программная система сервиса, в рамках которого осуществляется энергетическая транзакция, интегрирована с Интернетом энергии;
- энергетическая ячейка, участвующая в энергетической транзакции, подписана на сервис Интернета энергии, в рамках которого осуществляется энергетическая транзакция.

Смешанная энергетическая транзакция осуществляется по следующему базовому сценарию (см. рисунок 4):

- программные агенты энергетических ячеек контролируют состояние электроустановок, входящих в состав энергетических ячеек, и режим их функционирования при участии в различных сервисах Интернета энергии, определяют потребность в инициации энергетической транзакции с учетом целевых установок, заданных владельцем энергетической ячейки;
- программный агент энергетической ячейки или программная система сервиса инициирует взаимодействие, направляя сообщения с запросом на энергетическую транзакцию согласно порядку и форме, предусмотренными правилами предоставления сервиса;
- программный агент энергетической ячейки или программная система сервиса, получившая запрос на энергетическую транзакцию, отвечает на запрос согласно порядку и форме, предусмотренными правилами предоставления сервиса, причем программный агент энергетической ячейки, получивший запрос на транзакцию, предварительно запускает проверку осуществимости запроса с помощью подсистемы NG;
- программный агент энергетической ячейки проводит взаимодействие с программной системой сервиса, которое выражается в обмене сообщениями согласно порядку и форме, предусмотренным правилами предоставления сервиса, и по результатам которого формируются договорные параметры энергетической транзакции;
- программный агент энергетической ячейки и программная система сервиса осуществляют фиксацию договорных параметров энергетической транзакции в форме смарт-контракта;
- программный агент энергетической ячейки на временном интервале осуществления транзакции формирует и передает системе управления энергетической ячейки управляющие команды, запускающие исполнение энергетической транзакции;
- за счет выполнения управляющих команд происходит фактическое осуществление энергетической транзакции — поставка товара и/или оказание услуги;
- программный агент энергетической ячейки и программная система сервиса при помощи измерительного оборудования проводят фиксацию физических показателей осуществления энергетической транзакции (если применимо);
- программный агент энергетической ячейки осуществляет контроль исполнения энергетической транзакции, формирует и передает системе управления энергетической ячейки управляющие команды, завершающие исполнение энергетической транзакции;
- программный агент энергетических ячеек/программная система сервиса осуществляет финансовые расчеты по энергетической транзакции.

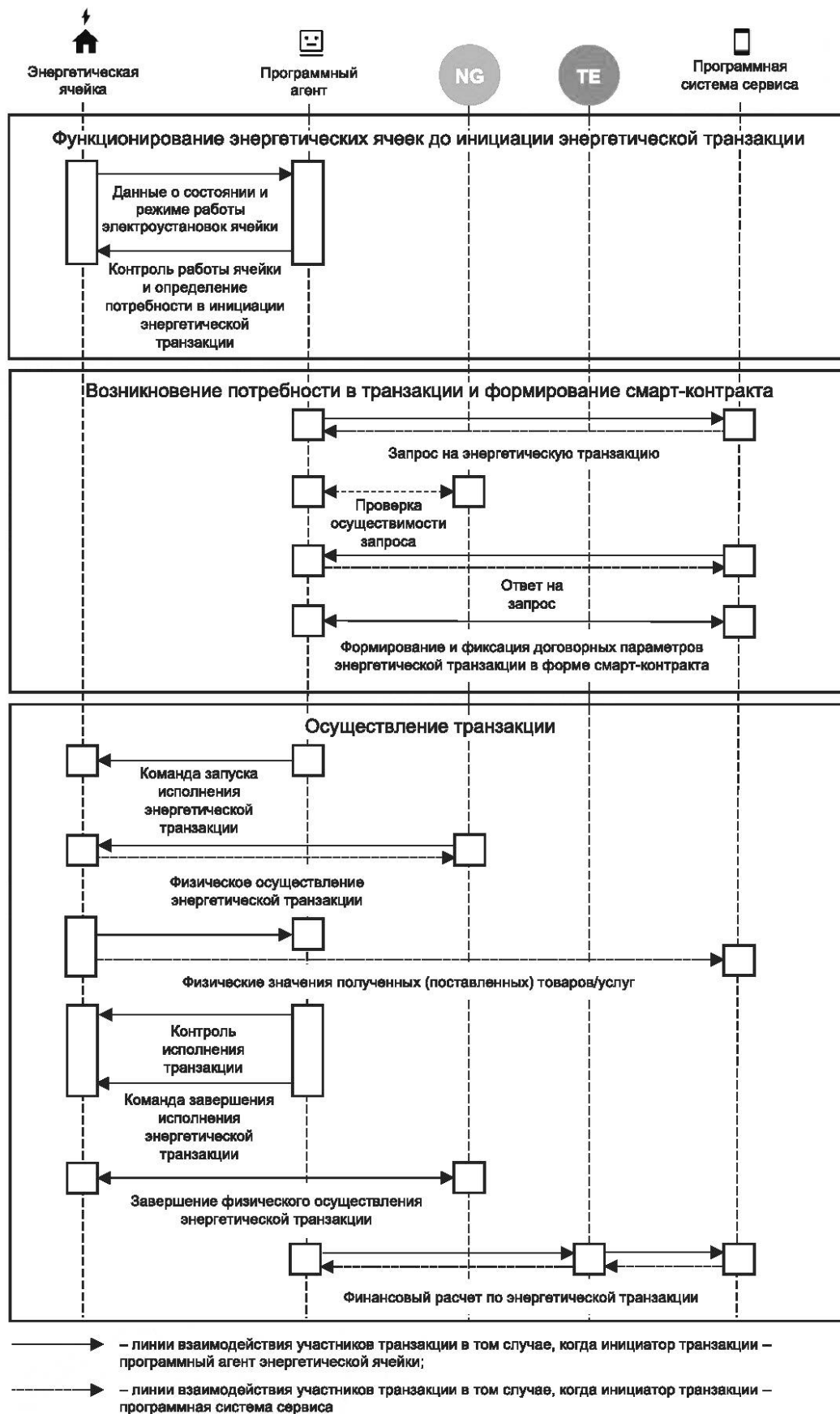


Рисунок 4 — Сценарий смешанной энергетической транзакции

6.2 Вспомогательные сценарии использования

Интернет энергии должен обеспечивать возможность реализации следующих вспомогательных сценариев использования:

- подключение энергетической ячейки;
- интеграция программной системы сервиса с Интернетом энергии;
- настройка программного агента энергетической ячейки;
- осуществление подписки на сервис;
- изменение состава электроустановок энергетической ячейки;
- смена владельца энергетической ячейки;
- обновление программной системы сервиса;
- прекращение подписки на сервис;
- отключение энергетической ячейки от Интернета энергии.

На основе указанных основных и вспомогательных сценариев использования Интернета энергии может быть сформировано большое разнообразие вариантов взаимодействия энергетических ячеек между собой и с операторами сервисов, т. е. реализовано множество различных сервисов Интернета энергии и соответствующих программных систем.

7 Свойства Интернета энергии

Для того чтобы эффективно реализовать вышеперечисленные сценарии использования, Интернет энергии должен обладать следующими свойствами:

- интероперабельность;
- масштабируемость;
- открытость;
- надежность энергоснабжения.

7.1 Интероперабельность

Интероперабельность в Интернете энергии должна быть обеспечена в качестве:

- интероперабельности программных систем сервисов Интернета энергии с программными агентами энергетических ячеек и подсистемами Интернета энергии;
- интероперабельности систем управления энергетических ячеек, систем управления электроустановками, входящими в состав энергетических ячеек, с программными агентами энергетических ячеек.

7.2 Масштабируемость

Масштабируемость в Интернете энергии должна быть обеспечена за счет автоматизированного присоединения энергетических ячеек и электроустановок энергетических ячеек к Интернету энергии с реализацией принципа автоматического появления полного доступа к сервисам Интернета энергии и возможности реализации энергетических транзакций после присоединения (plug-and-play).

7.3 Открытость

Открытость в Интернете энергии должна быть обеспечена за счет легкости для сторонних разработчиков интеграции программных систем сервисов Интернета энергии.

Примечание — Термин «открытость» в настоящем стандарте следует понимать аналогично термину «открытая система», установленному в ГОСТ Р 55062—2021 (пункт 3.1.14).

7.4 Надежность энергоснабжения

Надежность энергоснабжения в Интернете энергии должна быть обеспечена за счет поддержания нормального режима электроснабжения в условиях одновременного осуществления необходимого числа энергетических транзакций, а также автоматического прохождения аварийного и послеаварийного режимов при восстановлении нормального режима электроснабжения. Надежность за счет систем Интернета энергии должна быть обеспечена в том случае, если она не может быть обеспечена энергосистемой, например в присоединенных и изолированных микроэнергосистемах.

Примечание — Термин «надежность энергоснабжения» в настоящем стандарте следует понимать аналогично термину «надежность энергосистемы», установленному в ГОСТ 21027—2021 (статья 10). Термин «нормальный режим электроснабжения» следует понимать аналогично термину «нормальный режим энергосистемы», установленному в ГОСТ 21027—2021 (статья 21).

8 Требования к архитектуре Интернета энергии

8.1 Общие требования

Подсистемы TE, IoT, NG должны иметь информационные связи друг с другом.

Программные агенты энергетических ячеек должны иметь информационную связь для обмена финансово-договорными данными («финансовую» связь) с системой TE для формирования смарт-контрактов, верификации их исполнения с использованием данных со счетчиков электрической энергии и мощности и для осуществления финансовых расчетов по ним.

Доступ программных агентов энергетических ячеек к системам управления энергетической ячейки и/или системы управления электроустановками должен быть осуществлен при помощи системы IoT, с которой они должны иметь информационную связь.

Программные агенты энергетических ячеек должны иметь:

- информационные связи с подсистемами TE и IoT;
- связь для обмена финансово-договорными данными («финансовую» связь) с подсистемой TE;
- информационную связь и «финансовую» связь с программными системами сервисов;
- информационную связь с системами управления энергетической ячейки и/или с системами управления электроустановками посредством подсистемы IoT.

Программные системы сервисов должны иметь информационную и «финансовую» связи с программными агентами энергетических ячеек и подсистемой TE, а также информационную связь с IoT.

Владельцы энергетических ячеек и операторы сервисов должны иметь посредством пользовательских интерфейсов доступ к программным системам сервисов, через которые осуществляется их взаимодействие в Интернете энергии.

Автоматизированные системы управления и информационные системы централизованной энергетики должны иметь информационную связь с Интернетом энергии посредством программных систем сервисов.

Энергетические ячейки должны присоединяться к распределительным электрическим сетям через подсистему NG с помощью межсоединительного устройства соответствующего типа (см. 8.5). Энергетические ячейки должны быть связаны с подсистемами IoT и NG посредством информационных связей.

В микроэнергосистемах и зонах массовой установки микрогенерации управление перетоками мощности в соответствии с совокупностью одновременно осуществляемых энергетических транзакций, формирование необходимого для их осуществления режима электропередачи, обеспечение функций технологической защиты во время осуществления энергетических транзакций выполняются подсистемой NG. Для этого подсистема NG должна быть связана посредством подсистемы IoT с программными агентами энергетических ячеек и программными системами сервисов, чтобы получать от них данные о договорных параметрах производства и потребления мощности энергетическими ячейками в рамках актуальных энергетических транзакций. Подсистема NG должны формировать сводные значения необходимых перетоков мощности для исполнения этих энергетических транзакций.

Систематизированно связи компонентов Интернета энергии между собой и с внешним окружением представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 — Связи компонентов Интернета энергии с внешним окружением и между собой

Компонент Интернета энергии или внешнего окружения	Компонент Интернета энергии			
	TE	IoT	NG	Программный агент энергетической ячейки
TE	—	Информационная	Информационная	«Финансовая»
IoT	Информационная	—	Информационная	Информационная
NG	Информационная	Информационная	—	—

Окончание таблицы 3

Компонент Интернета энергии или внешнего окружения	Компонент Интернета энергии			
	TE	IoT	NG	Программный агент энергетической ячейки
Программный агент энергетической ячейки	«Финансовая»	Информационная	—	—
Распределительная электрическая сеть	—	—	Электрическая	—
Энергетическая ячейка	—	Информационная	Информационная и электрическая	Информационная
Программная система сервиса	Информационная и «финансовая»	Информационная	—	Информационная и «финансовая»

Топология электрических сетей вместе с размещением точек присоединения энергетических ячеек иногда формирует взаимное топологическое положение энергетических ячеек, приводящее к случаям вложенности энергетических ячеек друг в друга относительно центра питания распределительной электрической сети. Участие внутренней энергетической ячейки в энергетических транзакциях в таком случае будет оказывать влияние на участие внешней энергетической ячейки в энергетических транзакциях, и наоборот. Возможно возникновение противоречий с одновременным неисполнением параметров энергетических транзакций двух энергетических ячеек, влияющих друг на друга.

В целях исключения противоречий рекомендуется при разработке конкретных архитектурных решений Интернета энергии предусматривать использование одного из ниже представленных алгоритмов:

- обращение программной системы сервиса, под управлением которой формируется энергетическая транзакция, к приложению-арбитру, размещаемому в подсистеме IoT, с целью получения разрешения на проведение энергетической транзакции или данных для корректировки ее параметров в целях недопущения коллизий;
- обращение программных агентов энергетических ячеек к приложению-арбитру, размещаемому в подсистеме IoT, с целью получения разрешения на проведение энергетической транзакции или данных для корректировки ее параметров в целях недопущения коллизий;
- обращение программных агентов энергетических ячеек к распределенной модели участка сети, размещаемой в подсистеме IoT, перед инициацией формирования энергетической транзакции в целях уточнения ресурсов и ограничений энергетической ячейки;
- формирование программными агентами энергетических ячеек собственной модели участка сети на основе опроса друг друга перед инициацией формирования энергетической транзакции в целях уточнения ресурсов и ограничений энергетической ячейки.

8.2 Требования к программным агентам энергетической ячейки

Функциями программного агента энергетической ячейки являются:

- представление владельца и его энергетической ячейки в Интернете энергии, реализация целевых установок владельца энергетической ячейки посредством энергетических транзакций;
- взаимодействие с другими программными агентами энергетических ячеек и программными системами сервисов;
- диспетчеризация участия энергетической ячейки в сервисах, в том числе в целях исключения коллизий в условиях ограниченности ресурсов энергетической ячейки;
- передача параметров энергетических транзакций в подсистему TE;
- передача команд системам управления энергетических ячеек посредством подсистемы IoT;
- передача данных о параметрах энергетических транзакций в подсистему NG посредством подсистемы IoT.

Программный агент энергетической ячейки должен включать в себя следующие компоненты:

- программное обеспечение агента энергетической ячейки;
- пользовательский интерфейс;
- прикладной программный интерфейс с подсистемой TE;

- прикладной программный интерфейс с подсистемой IoT.

Для эффективной коммуникации программных агентов энергетических ячеек целесообразно использовать единый стандартизованный язык общения между ними, например: FIPA-AC, KQML и другие стандартизованные языки.

При разработке программных агентов энергетических ячеек в них следует предусматривать прикладной программный интерфейс (API) для обеспечения быстрого оснащения программных агентов энергетических ячеек новыми типами поведения за счет дополнительных программных модулей.

8.3 Требования к транзакционной подсистеме Интернета энергии

Базовыми функциями подсистемы ТЕ являются:

- формирование, запись, устойчивое и защищенное хранение записей о параметрах энергетических транзакций;
- обеспечение функционирования цифровых кошельков владельцев энергетических ячеек, устойчивое и защищенное хранение их персональных данных и финансовой информации;
- верификация исполнения обязательств по энергетическим транзакциям на основе данных, получаемых от подсистемы IoT;
- обеспечение биллинга и процессинга по энергетическим транзакциям, включая обеспечение моментального перечисления денежных средств по факту исполнения условий энергетической транзакции.

Подсистема ТЕ должна включать в себя следующие базовые компоненты:

- программный модуль для реализации транзакций (транзакционная платформа);
- цифровые кошельки владельцев энергетических ячеек, управляемых программными агентами энергетических ячеек;
- пользовательский интерфейс;
- программные конвертеры величин и данных;
- прикладной программный интерфейс с программным агентом энергетической ячейки;
- прикладной программный интерфейс с подсистемой IoT;
- прикладной программный интерфейс с подсистемой NG;
- прикладной программный интерфейс с программными системами сервисов;
- модуль информационной безопасности.

Примечание — Термин «цифровые кошельки» в настоящем стандарте определен по [4] (статья 3, пункт 19).

На рисунке 5 приведены компоненты подсистемы ТЕ, их связи между собой и с элементами внешнего окружения.

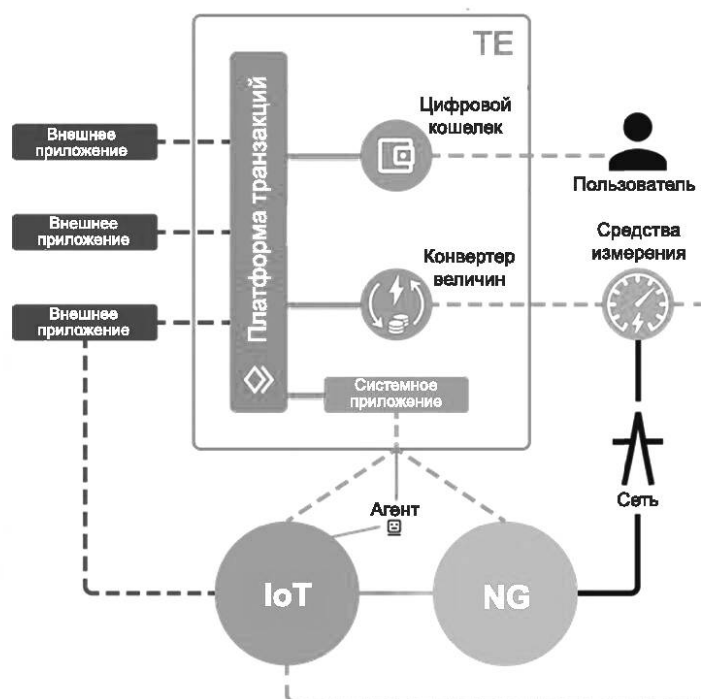


Рисунок 5 — Компоненты и внешнее окружение системы ТЕ

При построении архитектурного решения Интернета энергии в соответствии с типовой архитектурой особые требования предъявляются только к транзакционной платформе (см. 8.3.1), модулю информационной безопасности (см. 8.3.2) и к пользовательскому интерфейсу (см. 8.6).

8.3.1 Транзакционная платформа

Транзакционная платформа должна обеспечивать в части реализации финансово-договорных операций своевременное осуществление энергетических транзакций между энергетическими ячейками и/или операторами сервисов Интернета энергии. Транзакционная платформа должна быть автоматически масштабируемой как по числу подключаемых пользователей Интернета энергии, так и по числу транзакций в единицу времени.

Рекомендуется применение технологии распределенных реестров.

Частота энергетических транзакций между двумя энергетическими ячейками должна быть определена разработчиком системы с учетом конкретных условий эксплуатации и взаимодействия компонентов подсистемы ТЕ. Рекомендуется обеспечивать частоту транзакций не реже, чем одна транзакция в течение 15 мин.

8.3.2 Модуль информационной безопасности

Модуль информационной безопасности подсистемы ТЕ, ее прикладных программных интерфейсов с программным агентом энергетической ячейки и другими системами должен соответствовать требованиям, установленным ГОСТ Р ИСО/ТО 13569, ГОСТ Р 57580.1.

8.4 Требования к подсистеме межмашинной коммуникации Интернета энергии

Базовыми функциями подсистемы IoT являются:

- предоставление программным агентам доступа к системам управления энергетических ячеек;
- обеспечение интероперабельности программных агентов с электроустановками энергетических ячеек, присоединенных к Интернету энергии;
- обеспечение интероперабельности между электроустановками энергетических ячеек, присоединенных к Интернету энергии;
- обеспечение устойчивости и защищенности хранения данных об энергетических ячейках и их электроустановках.

Рекомендуется обеспечивать поддержание возможности работы с технологиями цифровых двойников и цифровых теней.

Подсистема IoT должна включать в себя следующие базовые компоненты:

- а) IoT-платформа — прикладная платформа обмена данными между присоединенными устройствами [см. перечисления б), в)];
- б) интеллектуальные счетчики электрической энергии и мощности;
- в) драйверы, адаптеры, интерфейсы для соединения с электроустановками энергетических ячеек;
- г) прикладной программный интерфейс с программным агентом энергетической ячейки;
- д) прикладной программный интерфейс с подсистемой TE.

Примечание — Термин «интеллектуальный счетчик энергии и мощности» в настоящем стандарте следует понимать аналогично термину «интеллектуальный прибор учета», установленному в ГОСТ Р 59966—2021 (пункт 2.1.1).

Подсистема IoT может включать в себя прикладной программный интерфейс с подсистемой NG, другие драйверы, адаптеры и прикладные программные интерфейсы с внешним окружением.

На рисунке 6 приведены компоненты подсистемы IoT, их связи между собой и с элементами внешнего окружения.

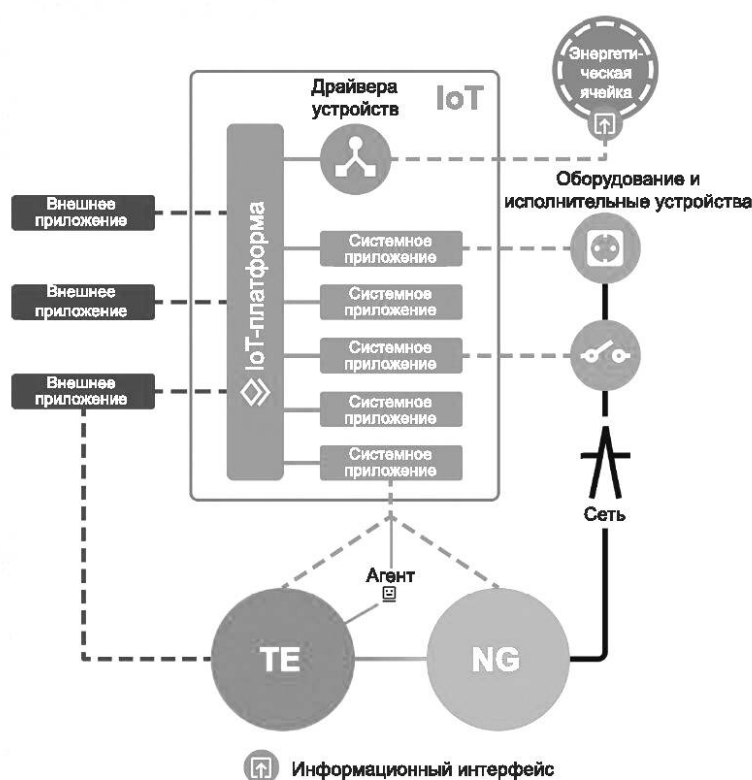


Рисунок 6 — Компоненты и внешнее окружение системы IoT

8.4.1 IoT-платформа

В целях обеспечения интероперабельности межмашинной коммуникации на IoT-платформе допускается при разработке технических решений по реализации настоящего стандарта применять соответствующие требования (см. [5] и [6]).

8.4.2 Интеллектуальные счетчики электрической энергии и мощности

Интеллектуальные счетчики электрической энергии и мощности для систем переменного тока должны соответствовать требованиям ГОСТ 31818.11.

8.4.3 Драйверы, адаптеры, интерфейсы для соединения с электроустановками энергетических ячеек

Драйверы, адаптеры и интерфейсы с электроустановками энергетических ячеек служат для бесшовного подключения программного обеспечения электроустановок энергетических ячеек к подсистеме IoT.

Драйверы, адаптеры и интерфейсы представляют собой программное обеспечение, размещаемое на IoT-платформе.

Драйверы, адаптеры и интерфейсы должны соответствовать требованиям по ГОСТ Р ИСО/МЭК 29182-1, ГОСТ Р 59026, ГОСТ Р 70924, ПНСТ 520—2021.

8.5 Требования к подсистеме обеспечения режимов передачи электрической энергии

Подсистема NG используется при реализации Интернета энергии в микроэнергосистемах и энергорайонах (энергоузлах) с массовым распространением микрогенерации, присоединенной к Интернету энергии.

Базовыми функциями подсистемы NG в случае ее использования для управления объектами распределенной энергетики в микроэнергосистеме являются:

- поддержание нормального режима электроснабжения в условиях осуществления энергетических транзакций;
- оказание необходимых для осуществления энергетических транзакций воздействий на режим электроснабжения;
- оказание необходимых для осуществления энергетических транзакций воздействий на баланс активной и реактивной мощностей;
- обеспечение качества электрической энергии согласно требованиям ГОСТ 32144;
- обеспечение технологической защиты энергетических ячеек.

Подсистема NG должна включать в себя межсоединительные устройства для подключения энергетических ячеек к Интернету энергии, функциональные типы которых в зависимости от типа энергетических ячеек (см. 5.3) представлены в таблице 4.

Подсистема NG может включать в себя также опорные регуляторы напряжения, частоты и мощности (энергетические хабы). При реализации конкретных архитектурных решений Интернета энергии в технологически изолированных микроэнергосистемах, не имеющих в своем составе синхронных генераторов с установленной мощностью более 25 МВт, должны быть установлены опорные регуляторы напряжения, частоты и мощности (энергетические хабы).

Таблица 4 — Функциональные типы межсоединительных устройств для подключения энергетических ячеек к Интернету энергии

Тип энергетической ячейки	Функциональный тип межсоединительного устройства
Маневренный генератор	Инвертор (опционально, см. 8.5.1), устройство адаптивной РЗА
Стохастический генератор	Инвертор, устройство адаптивной РЗА
Просьюмер	Регулятор двухстороннего перетока мощности (энергетический роутер), устройство адаптивной РЗА
Потребитель электрической энергии с переменной собственной генерацией	
Активный потребитель электрической энергии	Устройство адаптивной РЗА
Пассивный потребитель электрической энергии	Межсоединительное устройство не требуется

В целях обеспечения интеграции энергетических ячеек с электрическими сетями и их интероперабельности с Интернетом энергии рекомендуется при разработке технической реализации межсоединительных устройств Интернета энергии применять соответствующие требования (см. [5] и [6]).

На рисунке 7 приведены компоненты подсистемы NG, их связи между собой и с элементами внешнего окружения.

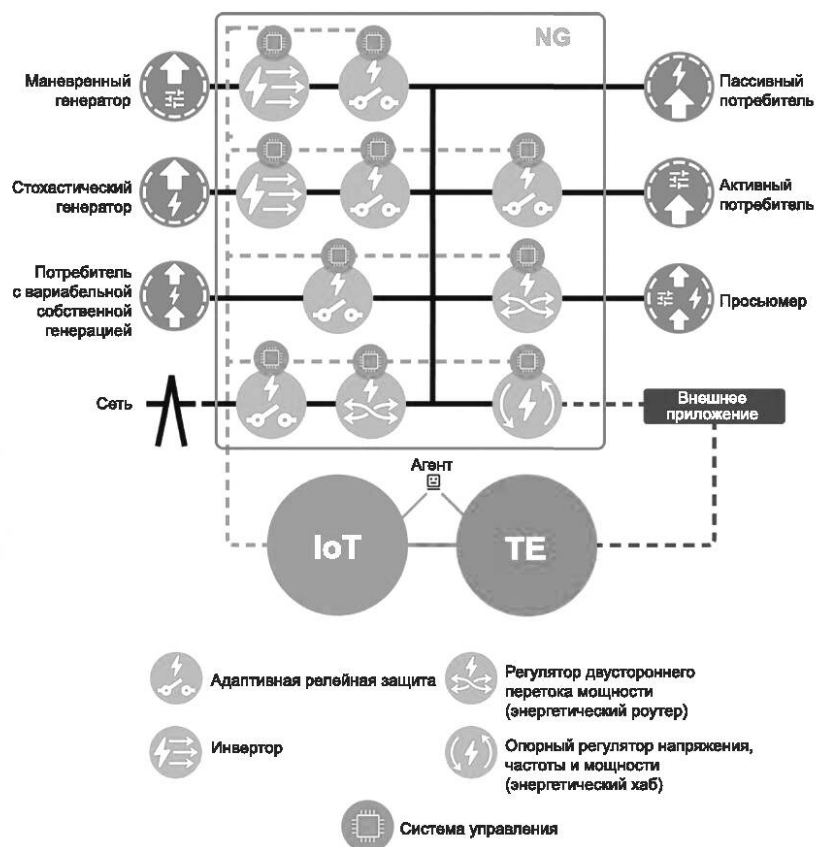


Рисунок 7 — Компоненты и внешнее окружение системы NG

8.5.1 Инвертор

Управляемый инвертор служит регулятором перетока мощности от энергетической ячейки типа «Маневренный генератор», «Стохастический генератор» к электрической сети. Допускается присоединение энергетических ячеек типа «Маневренный генератор» напрямую к электрической сети без использования инвертора.

Требования к инверторам следует применять согласно ГОСТ 24376, ГОСТ 32144.

8.5.2 Регулятор двустороннего перетока мощности (энергетический роутер)

Регулятор двустороннего перетока мощности служит для управления перетоком мощности в целях осуществления энергетических транзакций и устанавливается в сечении между двумя энергетическими ячейками, непосредственно связанной электрической сетью, или в сечении между энергетической ячейкой и внешней сетью, в котором необходимо обеспечить регулирование величины и направления перетока активной и/или реактивной мощностей в целях выполнения функций подсистемы NG.

Регулятор двустороннего перетока мощности должен обеспечивать возможность работы сервисов Интернета энергии в следующих режимах:

- питание микроэнергосистемы со стороны внешней электрической сети;
- ограничение перетока электрической энергии в микроэнергосистему со стороны внешней электрической сети;
- ограничение перетока электрической энергии во внешнюю электрическую сеть со стороны микроэнергосистемы;
- питание со стороны одной микроэнергосистемы другой микроэнергосистемы.

Уровень радиопомех, создаваемых регулятором двустороннего перетока мощности, не должен превышать значений, установленных в ГОСТ 30805.14.1. Протоколы обмена данными с системой управления верхнего уровня регулятором двустороннего перетока мощности должны соответствовать требованиям ГОСТ Р МЭК 60870-5-101.

8.5.3 Системы адаптивной релейной защиты и автоматики

Системы адаптивной РЗА в Интернете энергии обеспечивают выявление, предотвращение и ликвидацию аварийного режима в микроэнергосистемах и системах электроснабжения, управление которыми осуществляется на базе Интернета энергии.

Адаптивность систем РЗА в Интернете энергии должна заключаться в их способности оперативно получать уставки и данные настроек через систему IoT и осуществлять автоматическую реконфигурацию и смену уставок в соответствии с данными о конфигурации энергетических ячеек, микроэнергосистем и/или систем электроснабжения.

Требования к системам адаптивной РЗА в Интернете энергии следует применять согласно ГОСТ Р 55105, ГОСТ Р 59909, ГОСТ Р 59979.

8.5.4 Опорный регулятор напряжения, частоты и мощности (энергетический хаб)

Опорный регулятор напряжения, частоты и мощности (энергетический хаб) должен обеспечивать формирование опорного напряжения в изолированной микроэнергосистеме, в которой он установлен, и обеспечивать астатическое регулирование напряжения, частоты и мощности в изолированном режиме работы, в том числе в случае отсутствия в системе энергоснабжения синхронных генераторов.

Опорный регулятор напряжения, частоты и мощности должен обеспечивать регулирование частоты согласно требованиям раздела 4 ГОСТ Р 55890—2013.

8.6 Требования к пользовательским интерфейсам Интернета энергии

Требования к пользовательским интерфейсам программных агентов энергетических ячеек, подсистем Интернета энергии и программных систем сервисов следует применять согласно ГОСТ Р ИСО 14915-1 — ГОСТ Р ИСО 14915-3.

9 Требования к информационной безопасности Интернета энергии

Требования к информационной безопасности при реализации конкретного архитектурного решения Интернета энергии следует применять согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001, ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002, ГОСТ Р 52863. Рекомендуется учитывать положения ГОСТ Р 56205 и ГОСТ Р МЭК 62443-2-1.

Дополнительно требования к информационной безопасности системы ТЕ, ее программных интерфейсов и межсоединительных устройств с программным агентом энергетической ячейки и другими системами следует применять согласно ГОСТ Р ИСО/ТО 13569, ГОСТ Р 57580.1.

Дополнительно требования к информационной безопасности подсистем IoT и NG, их прикладных программных интерфейсов и межсоединительных устройств с другими системами следует применять согласно ГОСТ Р МЭК 62443-3-3.

При реализации архитектуры Интернета энергии в части обеспечения информационной безопасности могут быть применены средства криптографической защиты на основании стандартов, перечисленных в настоящем разделе.

Библиография

- [1] Доклад Энергетического центра Московской школы управления Сколково «Распределенная энергетика в России: потенциал развития», 2018 г.
- [2] Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»
- [3] Правила оптового рынка электрической энергии и мощности, утвержденные постановлением Правительства России от 27 декабря 2010 г. № 1172
- [4] Федеральный закон от 27 июня 2011 г. № 161-ФЗ «О национальной платежной системе»
- [5] IEEE 1547-2018 Стандарт IEEE взаимосвязи и совместимости распределенных энергетических ресурсов с интерфейсами связанных систем электропитания (IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces)
- [6] IEEE 2030.5-2018 Стандарт IEEE протокола применения профиля Умной энергетики (IEEE Standard for Smart Energy Profile Application Protocol)

УДК 004.7, 620.9, 621.311, 621.316:006.354

ОКС 35.020

Ключевые слова: информационные технологии, умная энергетика, Интернет энергии, типовая архитектура, распределенная энергетика, интеллектуальное управление, распределенное управление, транзакции, Интернет вещей

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 11.04.2024. Подписано в печать 23.04.2024. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,60.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru