



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
890—
2023
(IEC/CD
62933-5-4)

**Системы накопления
электрической энергии (СНЭЭ)**

**МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ В СЕТЬ СИСТЕМ
НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Системы на основе литий-ионных батарей

(IEC/CD 62933-5-4, Electrical energy storage (EES) systems —
Part 5-4: Safety test methods and procedures for grid integrated EES systems —
Lithium ion battery-based systems, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Национальной ассоциацией производителей источников тока «РУСБАТ» (Ассоциация «РУСБАТ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии проекта стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 044 «Химические источники тока и электрохимические системы накопления электрической энергии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2023 г. № 95-пнст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к проекту международного стандарта IEC/CD 62933-5-4 «Системы накопления электрической энергии (EES). Часть 5-4. Испытания на безопасность систем EES, работающих в составе сети. Системы на основе литий-ионных батарей» (IEC/CD 62933-5-4 «Electrical energy storage (EES) systems — Part 5-4: Safety test methods and procedures for grid integrated EES systems — Lithium ion battery-based systems», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом. Внесение указанных технических отклонений направлено на учет потребностей национальной экономики Российской Федерации.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного проекта международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5) и со структурой наименования комплекса стандартов ГОСТ Р 58092.

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном проекте международного стандарта, приведены в дополнительном приложении ДА

Правила применения настоящего стандарта и проведение его мониторинга установлены в ГОСТ 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 стандартов можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: 105094 Москва, ул. Б. Семеновская, д. 42, стр. 1, пом. VI, 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)

© IEC, 2023

© 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 применения1

2 Нормативные ссылки1

3 Термины и определения.2

4 Методы испытаний систем накопления электрической энергии.4

Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных
и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным
в качестве ссылочных в примененном проекте международного стандарта 19

Библиография21

Введение

Настоящий стандарт является дополнительным по отношению к *ГОСТ Р 58092.5.1*, который устанавливает общие требования безопасности для систем накопления электроэнергии (СНЭЭ), и к *ГОСТ Р 58092.5.2*, который содержит конкретизированные требования безопасности для батарейных систем накопления энергии (СНЭЭБ). Настоящий стандарт устанавливает методы испытаний безопасности СНЭЭБ на основе литий-ионных батарей.

Цель настоящего стандарта:

- а) предоставить дополнительные методы и процедуры испытаний с учетом особенностей характеристик СНЭЭБ на основе литий-ионных батарей;
- б) уменьшить количество аварий, связанных с безопасностью СНЭЭБ на основе литий-ионных батарей, путем предоставления методов проверки безопасности, введенных по результатам анализа аварий таких систем.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ)

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ
В СЕТЬ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Системы на основе литий-ионных батарей

Electrical energy storage (EES) systems. Safety test methods and procedures
for grid integrated electrical energy storage systems. Lithium ion battery-based systems

Срок действия — с 2024—03—01
до 2026—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на подключенные к электрической сети системы накопления электрической энергии батарейные (СНЭЭБ) с подсистемами электрохимического аккумулирования энергии (ПЭАЭ) на основе батарей литий-ионных электрохимических систем и устанавливает требования и методы испытаний безопасности, возникающие из-за особенностей литий-ионных батарей.

Установленные в настоящем стандарте требования и методы испытаний дополняют и в некоторых случаях пересматривают требования и методы испытаний безопасности по *ГОСТ Р 58092.5.1* и *ГОСТ Р 58092.5.2*.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ IEC 60079-29-1 Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Требования к эксплуатационным характеристикам газоанализаторов горючих газов

ГОСТ IEC 60079-29-2 Взрывоопасные среды. Часть 29-2. Газоанализаторы. Требования к выбору, монтажу, применению и техническому обслуживанию газоанализаторов горючих газов и кислорода

ГОСТ IEC 60079-29-3 Взрывоопасные среды. Часть 29-3. Газоанализаторы. Руководство по функциональной безопасности стационарных газоаналитических систем

ГОСТ IEC 60730-1—2016¹⁾ Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 1. Общие требования

ГОСТ IEC 61000-4-18 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-18. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне

ГОСТ CISPR 11—2017 Электромагнитная совместимость. Оборудование промышленное, научное и медицинское. Характеристики радиочастотных помех. Нормы и методы испытаний

ГОСТ CISPR 16-1-2 Требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 1-2. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Устройства связи для измерений кондуктивных помех

¹⁾ Устранена ошибка оригинала.

ГОСТ Р 52350.29.4 (МЭК 60079-29-4:2009) Взрывоопасные среды. Часть 29-4. Газоанализаторы. Общие технические требования и методы испытаний газоанализаторов горючих газов с открытым оптическим каналом

ГОСТ Р 58092.5.1—2018 (IEC/TS 62933-5-1:2017) Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Безопасность систем, работающих в составе сети. Общие требования

ГОСТ Р 58092.5.2—2024¹⁾ (IEC/TS 62933-5-2:2021) Системы накопления электрической энергии. Безопасность систем, работающих в составе сети. Электрохимические системы

ГОСТ Р МЭК 61000-6-7 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-7. Общие стандарты. Требования к помехоустойчивости для оборудования, предназначенного для выполнения функций в системах, связанных с безопасностью (функциональная безопасность), на промышленных площадках

ГОСТ Р МЭК 62133-2—2019 Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие неокислотные электролиты. Требования безопасности портативных герметичных аккумуляторов и батарей из них при портативном применении. Часть 2. Системы на основе лития

ГОСТ Р МЭК 62619—2023 Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие неокислотные электролиты. Требования безопасности для литиевых аккумуляторов и батарей промышленных применений

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства 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 Р 58092.5.1 и ГОСТ Р 58092.5.2, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

степень энергосодержания; СЭ (state of energy; SOE): Отношение доступной энергии СНЭЭ и фактической энергоемкости в заданном состоянии СНЭЭ, обычно выражаемое в процентах.
[ГОСТ Р 58092.1—2021, статья 88]

3.2

короткое замыкание (short-circuit): Случайный или преднамеренный проводящий путь между двумя или более проводящими частями, принуждающий разность электрических потенциалов между этими проводящими частями становиться равной или приближаться к нулю.
[ГОСТ Р МЭК 60050-195—2005, статья 195-04-11]

3.3 короткое замыкание переменного тока (AC short-circuit): Случайный или преднамеренный проводящий путь между двумя или более проводящими частями электрической сети переменного тока и подсистемой преобразования энергии, принуждающий разность электрических потенциалов между этими проводящими частями становиться равной или приближаться к нулю.

3.4 короткое замыкание постоянного тока (DC short-circuit): Случайный или преднамеренный проводящий путь между двумя или более проводящими частями системы преобразования энергии и подсистемой электрохимического аккумулирования, принуждающий разность электрических потенциалов между этими проводящими частями становиться равной или приближаться к нулю.

¹⁾ Вступит в силу в 2024 г.

3.5 короткое замыкание коммутационного элемента (switching element short-circuit): Случайный или преднамеренный проводящий путь между двумя или более проводящими частями верхнего плеча и нижнего плеча коммутационного элемента системы преобразования энергии, принуждающий разность электрических потенциалов между этими проводящими частями становиться равной или приближаться к нулю.

3.6

замыкание на землю (earth fault): Состояние, характеризующееся возникновением случайной проводящей цепи между проводником, находящимся под напряжением, и землей.
[ГОСТ Р МЭК 60050-195—2005, статья 195-04-14]

3.7 замыкание на землю переменного тока (AC earth fault): Состояние, характеризующееся возникновением случайной проводящей цепи между проводником, находящимся под напряжением, и землей в точке между сетью и системой преобразования энергии.

3.8 замыкание на землю постоянного тока (DC earth fault): Состояние, характеризующееся возникновением случайной проводящей цепи между проводником, находящимся под напряжением, и землей в точке между системой преобразования энергии и подсистемой электрохимического аккумулирования.

3.9 выброс газа (off-gas): Выброс горючих паров и газов наружу при повышении давления, превышающего расчетное давление из-за внутреннего перегрева батареи.

3.10

стравливание (venting): Высвобождение избыточного внутреннего давления из аккумулятора, модуля, батарейного блока или батарейной системы таким образом, чтобы предотвратить разрыв или взрыв.
[ГОСТ Р МЭК 62619—2023, пункт 3.14]

3.11 главный автоматический выключатель (main circuit breaker): Механическое коммутационное устройство, способное отключать токи при определенных ненормальных условиях цепи, таких как короткое замыкание для защиты СНЭЭ (батареи).

3.12

система контроля и управления (батареей); СКУ (battery management system; BMS): Электронная система, связанная с батареей, которая имеет функции управления током в случае перезаряда, превышения тока, перезаряда и перегрева и которая контролирует и/или управляет состоянием батареи, рассчитывает вторичные данные, передает эти данные и/или контролирует окружение батареи для обеспечения безопасности, рабочих характеристик и/или срока службы батареи.
[ГОСТ Р МЭК 62619—2023, пункт 3.12]

3.13 система управления питанием; СУП (power management system; PMS): Электронная система, которая отслеживает информацию о состоянии подсистемы преобразования энергии (ППЭ) и защищает СНЭЭ от нештатных ситуаций, а также передает информацию, необходимую для управления зарядом/разрядом, в ППЭ.

3.14

опасное (химическое) вещество [материал]: Химическое вещество, прямое или опосредованное, воздействие которого на человека может вызывать острые и хронические заболевания людей или их гибель.
[ГОСТ Р 58092.1—2021, статья 141]

Примечание — Могут включать другие вещества, помимо тех, которые официально признаны таковыми в существующих системах классификации опасных материалов, например в глобальной гармонизированной системе (GHS), транспортировке опасных грузов (TDG).

3.15 нормированный ток (rated current): Значение тока, определяемое при заданных условиях и заявленное изготовителем.

3.16 контактор постоянного тока (DC contactor): Коммутирующее устройство с электрическим управлением, предназначенное для включения и выключения тока.

3.17

верхний предел напряжения заряда (аккумулятора) [upper limit charging voltage (of a cell)]: Наибольшее напряжение при заряде в рабочей зоне аккумулятора, установленное изготовителем аккумулятора.

[ГОСТ Р МЭК 62619—2023, пункт 3.19]

3.18 автоматический выключатель дифференциального тока (устройство защиты от замыкания на землю); АДТ (ground fault device; GFD): Устройства замыкания на землю, которые предотвращают движение тока по любым непредусмотренным путям во время замыкания на землю.

3.19 выключатель дифференциального тока (устройство контроля изоляции); ВДТ (insulation monitoring device; IMD): Устройства контроля изоляции, которые контролируют незаземленную систему между проводником активной фазы и землей.

4 Методы испытаний систем накопления электрической энергии

4.1 Общие положения

Испытания проводят на полной СНЭЭБ, являющейся представителем изготавливаемых СНЭЭ, или на представительном испытуемом образце (ИО) СНЭЭБ.

Испытуемый образец должен быть репрезентативным для всей СНЭЭБ с точки зрения масштабируемости и конструкции критических компонентов, чтобы результаты испытаний могли быть экстраполированы и продемонстрировали безопасность всей СНЭЭБ.

Минимальная единица размера репрезентативной испытуемой СНЭЭБ должна состоять из одной подсистемы преобразования энергии (ППЭ) и приемлемых батарейных стоек.

Примечание — Если СНЭЭБ с максимальной мощностью 1 МВт разделена на четыре блока на основе четырех ППЭ, испытания проводят с использованием ИО СНЭЭБ, состоящего из батарейных стоек (например, три-четыре стойки) максимальной мощностью 250 кВт, подключенных к одной ППЭ.

В таблице 1 представлен перечень методов испытаний СНЭЭ на основе литий-ионных батарей по ГОСТ Р 58092.5.2, требования в отношении которых представлены в более развернутом виде в настоящем стандарте.

Т а б л и ц а 1 — Перечень испытаний СНЭЭБ на основе литий-ионных батарей

Испытание	Обязательные испытания для подсистем СНЭЭБ		Альтернативный приемлемый метод, требуемый для испытаний на уровне продукта (если невозможно установить испытание)		Обязательные испытания для СНЭЭБ	
	Типовые	Контрольные	Техническая оценка	Моделирование/расчет	Приемочные испытания заводские (ПИЗ)	Приемочные испытания на месте установки (ПИМ)
Электробезопасность						
Защита от разряда большим током (короткого замыкания)	—	S	—	—	T/R	—
Защита от перезарядки, заряда большим током	—	S	—	—	T/R	—
Защита от замыкания на землю	—	S	—	—	T/R	—

Окончание таблицы 1

Испытание	Обязательные испытания для подсистем СНЭЭБ		Альтернативный приемлемый метод, требуемый для испытаний на уровне продукта (если невозможно установить испытание)		Обязательные испытания для СНЭЭБ	
	Типовые	Контрольные	Техническая оценка	Моделирование/расчет	Приемочные испытания заводские (ПИЗ)	Приемочные испытания на месте установки (ПИМ)
Взрывобезопасность						
Спецификация горючего газа	<i>T</i>	<i>T</i>	—	—	<i>T/R</i>	<i>R</i>
Система обнаружения выделяющихся газов	<i>T</i>	—	<i>X</i>	<i>X</i>	—	<i>C</i>
Система вентиляции	<i>T</i>	<i>T</i>	—	—	<i>T/R</i>	<i>R</i>
Электромагнитная совместимость	<i>T</i>	—	—	—	—	—
Опасности, связанные с неисправностями вспомогательной системы, системы управления и коммуникации						
Устойчивость к ошибкам связи СКУ с батарейными модулями и с СУП	<i>T</i>	—	—	—	<i>R</i>	—
Устойчивость к потере связи СКУ с батарейными модулями и с СКУ других батарейных модулей СНЭЭБ	<i>T</i>	—	—	—	—	<i>R</i>
<i>T</i> — испытание; <i>S</i> — имитационное испытание; <i>R</i> — повторяющееся испытание (по соглашению между заказчиком и изготовителем/поставщиком); <i>C</i> — проверка путем визуального осмотра; <i>X</i> — допускается альтернативный метод проверки (например, с помощью технической оценки, моделирования или расчета).						

4.2 Электробезопасность

4.2.1 Защита от разряда большим током (короткого замыкания)

4.2.1.1 Общие положения

Перед выполнением испытания на проверку защиты от разряда большим током (короткого замыкания) для защиты испытательного оборудования в испытательной системе должны быть установлены защитные устройства (например, плавкие предохранители, автоматические выключатели и т. д.). Защитные устройства должны иметь соответствующую или большую (например, 120 %) мощность защиты от перегрузки по току, чем нормированные параметры ППЭ, и представлять тип защитных устройств, которые будут расположены в этом месте установки, как показано в таблице 2. Параметры защитных устройств, расположение в схеме и их тип должны быть задокументированы в протоколе испытаний.

Защитные устройства, дополнительно устанавливаемые для защиты испытательных стендов, не должны срабатывать при работе ППЭ с номинальной нагрузкой.

Степень энергозаряженности (СЭ) батарей ИО до начала испытания должна составлять 90 % верхнего предела СЭ, рекомендованного для работы СНЭЭБ.

Для приведения литий-ионных батарей к установленной СЭ их следует разрядить при нормальной температуре окружающей среды (25 ± 5) °С до конечного напряжения, указанного изготовителем, и зарядить до требуемой СЭ в соответствии со спецификацией изготовителя.

4.2.1.2 Метод испытания

Испытания проводят в нижеприведенной последовательности.

а) Подключают оборудование для испытаний на короткое замыкание к каждому соответствующему месту для проверки на короткое замыкание в соответствии со схемами, приведенными в таблице 2.

б) Электрическое сопротивление оборудования для испытаний на короткое замыкание должно быть подобрано таким образом, чтобы ток короткого замыкания, возникающий во время испытаний, превышал нормированный ток в 10 раз или более.

с) СЭ батарей ИО перед началом испытания должна составлять не менее 90 %.

д) Переводят ИО в режим заряда и выполняют испытание на короткое замыкание, используя оборудование для испытания на короткое замыкание по перечислению а).

е) После выполнения действия по перечислению д) ИО оставляют в замкнутом состоянии на 24 ч или до тех пор, пока его температура не снизится на 20 % от максимального повышения температуры, в зависимости от того, что происходит раньше в соответствии с 7.3.2 ГОСТ Р МЭК 62133-2—2019.

ф) Восстанавливают ИО до состояния, предшествующего испытанию, и повторяют действия по перечислениям с)–е) в режиме разряда согласно действию по перечислению д).

ИО должен быть проверен на наличие признаков повреждения (см. таблицу 3) в результате примененного короткого замыкания, устройства защиты должны быть проверены для того, чтобы убедиться в том, что они функционируют должным образом.

Таблица 2 — Примеры электрических схем для испытания на короткое замыкание

Место короткого замыкания	Принципиальная электрическая схема для испытания на короткое замыкание
Короткое замыкание переменного тока	
Короткое замыкание постоянного тока	
Короткое замыкание коммутационного элемента	
Внешнее короткое замыкание в одной из батарейных стоек	

4.2.1.3 Критерии соответствия

При испытании на короткое замыкание коммутационные элементы ППЭ не должны иметь повреждений в виде взрыва/возгорания в контакторе постоянного тока, влияющего на безопасность СНЭЭБ.

Предохранители, установленные в цепях переменного тока ППЭ, должны быть безопасно разомкнуты для защиты СНЭЭБ.

Зарядка/разрядка СНЭЭБ должна быть безопасно остановлена путем включения функции блокировки коммутационного устройства ППЭ и функции остановки при перегрузке по току или при пониженном напряжении постоянного тока.

В таблице 3 приведены критерии оценки испытаний на короткое замыкание.

Т а б л и ц а 3 — Критерии оценки испытаний на короткое замыкание

Место короткого замыкания	Критерии оценки испытания на короткое замыкание
Короткое замыкание переменного тока	Должны работать функция блокировки затвора коммутационного элемента ППЭ и функция прерывания переменного тока при низком напряжении, а заряд (или разряд) СНЭЭ должен быть безопасно остановлен. Защитные устройства (например, предохранители, реле, гибридная шина и т. д.) должны работать в соответствии с проектом
Короткое замыкание постоянного тока	Должны работать функция блокировки затвора коммутационного элемента ППЭ и функция останова при перегрузке постоянным током или при низком напряжении, а заряд/разряд СНЭЭ должен быть безопасно остановлен. Защитные устройства (например, предохранители, реле, гибридная шина и т. д.) должны работать в соответствии с проектом
Короткое замыкание коммутационного элемента	ППЭ должна быть безопасно остановлена и отделена со стороны как переменного тока (со стороны оборудования), так и постоянного (со стороны батареи)
Внешнее короткое замыкание в одной из батарейных стоек	Защитные устройства (например, предохранители, реле, гибридная шина и т. д.) должны работать в соответствии с проектом. Защитные устройства, такие как предохранители, установленные в батарейных стойках, должны быть открыты для защиты батарейной системы

4.2.2 Защита от перезаряда, заряда большим током и защита от замыкания на землю

4.2.2.1 Перезаряд

4.2.2.1.1 Метод испытания

а) Испытание проводят при температуре окружающей среды $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ и нормальных условиях эксплуатации.

б) ИО разряжают постоянным током $0,2I_n$, А, до конечного напряжения, указанного изготовителем. Затем его заряжают максимальным током рекомендованного зарядного устройства с установленным напряжением, превышающим верхний предел зарядного напряжения на 10 % в соответствии с 8.2.3 ГОСТ Р МЭК 62619—2023.

с) Испытание проводят до тех пор, пока СКУ или ППЭ не прекратят зарядку. В течение 1 ч после прекращения зарядки регистрируют температуру и напряжение.

д) Если СКУ или ППЭ не прервет зарядку, испытание должно быть остановлено из соображений безопасности, например: когда зарядное напряжение достигает 110 % верхнего предела зарядного напряжения или через 1 мин после превышения верхнего предела зарядного напряжения.

4.2.2.1.2 Критерии соответствия

Когда ИО достигает предельного значения напряжения заряда и переходит в режим перезаряда, СКУ, СУП или иные соответствующие системы защиты должны распознать перезаряд с помощью аварийных или сигнальных выходов и привести в действие защитный элемент (например, автоматический выключатель), чтобы остановить заряд.

Система защиты должна работать для безопасного отключения ППЭ и ПЭАЭ так, как спроектировано и предназначено изготовителем.

Батарейная стойка, входящая в состав ПЭАЭ и достигшая состояния перезаряда, не должна повредить остальные батарейные стойки, а защитные устройства должны работать так, как спроектировано и предназначено изготовителем для защиты остальных батарейных стоек ПЭАЭ.

4.2.2.2 Заряд большим током

4.2.2.2.1 Метод испытания

Должна быть соблюдена нижеприведенная последовательность выполнения испытания.

а) Испытание проводят при температуре окружающей среды $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ и нормальных условиях эксплуатации.

б) ИО разряжают постоянным током $0,2I_t$, А, до конечного напряжения, указанного изготовителем. Затем его заряжают током, превышающим максимальный зарядный ток на 20 % в соответствии с 8.2.3 ГОСТ Р МЭК 62619—2023.

с) Испытание проводят до тех пор, пока СКУ или ППЭ не прекратят зарядку. В течение 1 ч после прекращения зарядки регистрируют температуру и напряжение.

д) Если СКУ или ППЭ не прервет зарядку, испытание должно быть остановлено из соображений безопасности, например когда зарядное напряжение достигает 110 % верхнего предела зарядного напряжения или через 1 мин после превышения верхнего предела зарядного напряжения.

4.2.2.2.2 Критерии соответствия

Когда ИО достигает предельного значения напряжения заряда и переходит в режим перезаряда, СКУ, СУП или иные соответствующие системы защиты должны распознать перезаряд с помощью аварийных или сигнальных выходов и привести в действие защитный элемент (например, автоматический выключатель), чтобы остановить заряд.

Система защиты должна работать для безопасного отключения ППЭ и ПЭАЭ так, как спроектировано и предназначено изготовителем.

Батарейная стойка, входящая в состав ПЭАЭ, достигшая состояния перезаряда, не должна повредить остальные батарейные стойки, а защитные устройства должны работать так, как спроектировано и предназначено изготовителем для защиты остальных батарейных стоек ПЭАЭ.

4.2.2.3 Замыкание на землю

4.2.2.3.1 Общие положения

Перед выполнением испытания на проверку защиты замыкания на землю для защиты испытательного оборудования в испытательной системе должны быть установлены защитные устройства (например, плавкие предохранители, автоматические выключатели и т. д.). Защитные устройства должны иметь соответствующую или большую (например, 120 %) мощность защиты от перегрузки по току, чем нормированные параметры ППЭ, и представлять тип защитных устройств, которые будут расположены в этом месте установки, как показано в таблице 4. Параметры защитных устройств, расположение в схеме и тип должны быть задокументированы в протоколе испытаний.

Защитные устройства, дополнительно устанавливаемые для защиты испытательных стендов, не должны срабатывать при работе ППЭ с номинальной нагрузкой.

СЭ батарей ИО перед началом испытания должна составлять не менее 90 % верхнего предела СЭ, рекомендованного для работы СНЭЭБ.

При температуре окружающей среды $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ и нормальных условиях эксплуатации СНЭЭБ разряжают постоянным током $0,2I_t$, А, до конечного напряжения, указанного изготовителем. Затем ее заряжают до требуемого СЭ током, рекомендованным изготовителем.

4.2.2.3.2 Метод испытаний

Испытания проводят в нижеприведенной последовательности.

а) Подключают оборудование для испытаний на замыкания на землю к каждому соответствующему месту для проверки на замыкание на землю в соответствии со схемами, приведенными в таблице 4.

б) АВДТ или ВДТ должны быть установлены в соответствии со спецификацией изготовителя.

с) Значения сопротивления АВДТ на землю должны быть установлены в соответствии со значениями АВДТ и ВДТ, указанными в спецификации изготовителя СНЭЭ.

д) СЭ батарей ИО перед началом испытания должна составлять не менее 90 %.

е) Переводят ИО в режим заряда и выполняют испытание на замыкание на землю, используя устройство проверки замыкания на землю, установленное в перечислении а).

ф) После выполнения действия по перечислению е) батарею оставляют в испытании на 24 ч или до тех пор, пока ее температура не снизится на 20 % от максимального повышения температуры, в зависимости от того, что происходит раньше в соответствии с 7.3.2 ГОСТ Р МЭК 62133-2—2019.

г) После выполнения действия по перечислению ф) повторяют действия по перечислениям д)—ф) в режиме разряда согласно действию по перечислению д).

Защитные устройства должны работать так, как спроектировано и предназначено изготовителем.

Таблица 4 — Примеры принципиальных электрических схем для испытания на замыкание на землю

Место замыкания на землю	Принципиальная электрическая схема для испытания замыкания на землю
Замыкание на землю переменного тока	
Замыкание на землю постоянного тока	

4.2.2.3.3 Критерии соответствия

Во время испытания защитные устройства должны работать так, как спроектировано и предназначено изготовителем, чтобы не повлиять на безопасность литий-ионной СНЭЭБ.

ППЭ должна безопасно прекращать работу по истечении длительности отключения (время, необходимое для размыкания ВДТ/АВДТ после обнаружения замыкания на землю), установленного для ВДТ/АВДТ изготовителем, без какого-либо повреждения внутренних частей.

Примечание — Применение ВДТ/АВДТ может привести к задержке в работе.

Во время испытания коммутационные элементы ППЭ не должны повреждаться (коротко замыкаться), а токи замыкания на землю не должны проходить через литий-ионную батарейную систему ПЭАЭ.

4.3 Взрывобезопасность

4.3.1 Спецификация горючего газа

Должна быть получена информация обо всех компонентах газа, которые могут возникнуть для одиночного составляющего аккумулятора за весь период от стравливания газа до возгорания. Информация должна включать:

- состав газа;
- количество газа (общий объем и процент каждого компонента от общего объема);
- время возникновения события (стравливание, возгорание, достижение взрывоопасной концентрации компонента).

Отчет об испытаниях должен включать состав, количество каждого компонента газа, время возникновения события и график обнаружения газа.

Испытание проводят в емкости объемом 82 л (или большим, достаточным для размещения ИО), способной выдерживать давление, в условиях содержания кислорода менее 1 % атмосферного давления (см. рисунок 1).

Уловленный отходящий газ должен быть проанализирован с помощью газовой хроматографии или аналогичного метода для определения состава газа. Газ, используемый для сокращения содержания кислорода в емкости, не следует учитывать в анализе состава.

Отчет об испытаниях должен включать таблицу и график, которые систематизируют информацию о составе газа.



Рисунок 1 — Схема камеры, используемой для испытания отдельных аккумуляторов

Температура испытательной среды составляет $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$, относительная влажность — $(50 \pm 25)\%$.

Примечание — Аккумуляторы подвергают испытаниям в полностью заряженном состоянии, рекомендованном изготовителем.

Испытанию подвергают не менее двух аккумуляторов. Для инициирования теплового разгона применяют нижеизложенный метод.

Поверхность аккумулятора должна быть покрыта тонкопленочным нагревателем, который покрывает большую часть его внешней поверхности, но не ограничивает механизм сброса давления.

- а) Температуру поверхности аккумулятора повышают со скоростью $4\text{--}7^\circ\text{C}/\text{мин}$.
- б) Повышение температуры контролируют и регулируют с помощью термопары на поверхности аккумулятора, расположенной под пленочным нагревателем.
- в) Для измерения температуры аккумулятора во время линейного изменения температуры на его поверхность, не покрытую тонкопленочным нагревателем, помещают еще одну термопару.
- г) Во время испытания регистрируют напряжение разомкнутой цепи аккумулятора в информационных целях.
- е) Аккумулятор нагревают до тех пор, пока его температура не достигнет начала теплового разгона. Такая температура, как правило, соответствует началу стравливания. В этот момент нагреватели выключают, продолжая регистрировать температуру аккумулятора до тех пор, пока она не возвратится к температуре окружающей среды.

Если при использовании метода нагрева возгорание не происходит, повторяют испытание, применив другой метод (механический, электрические нагрузки в виде перезарядки, чрезмерной разрядки или внешнего короткого замыкания).

Информацию о компонентах газа допускается представлять в протоколе испытаний (см. [1]).

4.3.2 Система обнаружения выделяющихся газов

4.3.2.1 Общие положения

Место установки и количество датчиков газа (или выброса газов) выбирает заявитель. Расположение и количество датчиков, установленных для испытания, должны быть отмечены на схеме СНЭЭБ (см. рисунок 2), указаны в отчете об испытании и должны быть репрезентативными для предполагаемой установки, включая конкретный тип используемых датчиков.

В отчет об испытаниях должна быть включена информация о технических характеристиках (тип обнаруживаемого газа, количество, возможное перекрестное обнаружение, модель и изготовитель датчика газа) датчика, установленного в СНЭЭБ.

4.3.2.2 Метод испытания

Система обнаружения газа, установленная в СНЭЭБ, должна соответствовать *ГОСТ IEC 60079-29-1, ГОСТ IEC 60079-29-2, ГОСТ IEC 60079-29-3, ГОСТ Р 52350.29.4* или аналогичному стандарту, оценивающему надежность системы обнаружения газа, включая датчики. Электронные и программные средства управления, связанные с системой обнаружения газа, должны быть оценены [см. [2] (приложение Н)] на предмет функциональной безопасности.

Во время проведения испытания работа подсистемы, создающей воздушный поток в СНЭЭБ (например, система вентиляции, система кондиционирования воздуха), должна быть остановлена. Температура испытательной среды составляет $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$, а относительная влажность поддерживается на уровне $(50 \pm 25)\%$.

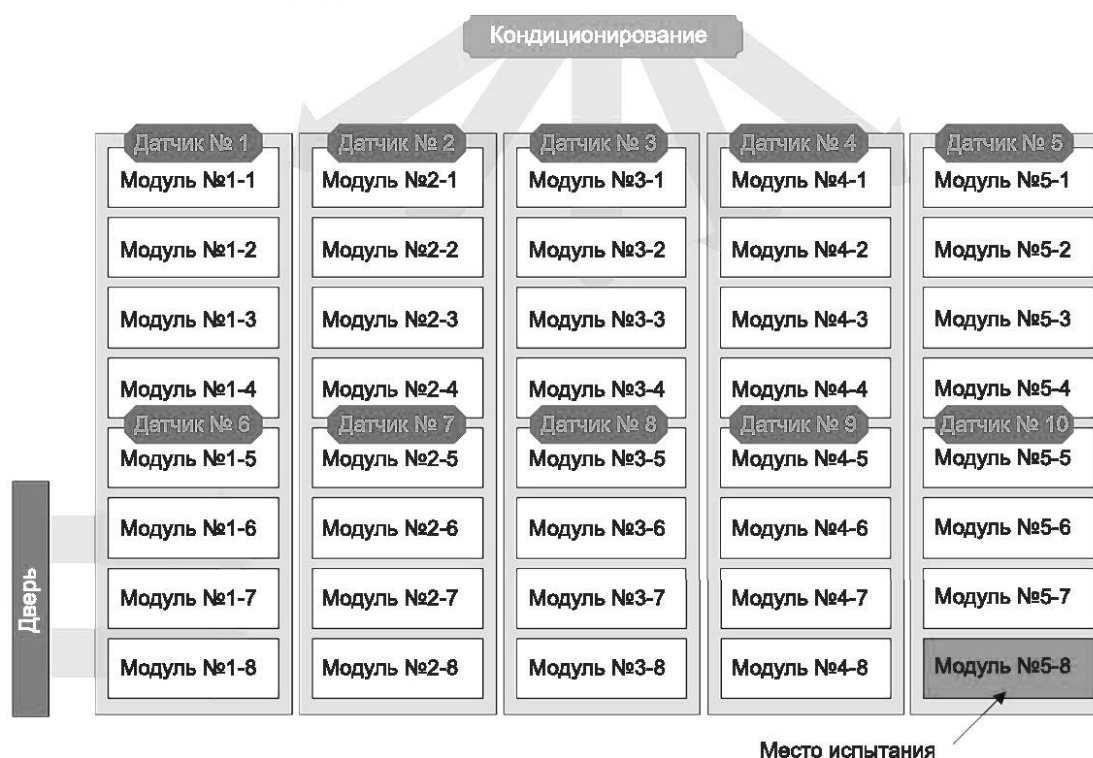


Рисунок 2 — Пример расположения датчиков, используемых при проверке обнаружения газа/отходящих газов

В зависимости от расположения датчика, вентилятора в модуле и устройства кондиционирования воздуха, установленных в СНЭЭБ, должна быть идентифицирована точка, в которой обнаружение газа, как ожидается, будет наиболее затрудненным (например, слепая зона), и в этой точке должен быть введен горючий газ.

Тип и количество горючего газа, используемого при испытании, выбирают на основании информации, полученной в соответствии с 4.3.1.

4.3.2.3 Критерии соответствия

Для СНЭБ с установленным детектором выброса газов должны быть выполнены нижеприведенные испытания.

В зависимости от местоположения датчика выброса газов, установленного в СНЭЭБ, должна быть определена точка, в которой обнаружение газа считают наиболее затрудненным (например, слепая зона), и в этой точке устанавливают модельный аккумулятор.

С помощью испытаний по 4.3.1 должно быть подтверждено, что газ, образующийся в аккумуляторе, используемом в СНЭЭБ, и в модельном аккумуляторе одинаковый.

Принимая во внимание среду установок СНЭЭБ, следует определить возможные режимы работы (рабочая температура СНЭЭ, работа вентилятора модуля и кондиционера и т. д.), и все режимы работы каждой из них, которые могут повлиять на результаты испытаний, должны быть испытаны.

а) Выбирают точку, в которой обнаружение газа, как ожидается, будет затрудненным, принимая во внимание место установки датчика внутри СНЭЭ.

б) Снимают модуль в этой точке и устанавливают модельный модуль того же типа с установленным внутри модельным аккумулятором и токопленочным нагревательным элементом.

с) Обеспечивают внутренние условия СНЭЭБ в соответствии с режимом работы.

д) После вскрытия модельного аккумулятора с токопленочным нагревательным элементом регистрируют данные в интервале времени срабатывания датчиков в течение 10 мин и наблюдают дополнительно 3 мин после последнего сигнала тревоги. Если все установленные датчики генерируют аварийный сигнал или в течение дополнительных 3 мин не подается дополнительный аварийный сигнал, испытание прекращают.

е) Удаляют вышедшие газы из СНЭЭБ с помощью вентиляции, инициализируют аварийный сигнал датчика и проверяют его нормальную работу.

ф) Повторяют действия по перечислениям а)–е) в соответствии с каждым режимом работы.

4.3.2.4 Критерии соответствия

После выхода газа из модельного аккумулятора датчик должен выдать сигнал тревоги в течение времени, полученного при испытании по 4.3.1, и датчик должен передать управляющий сигнал разрыва цепи ППЭ.

4.3.3 Система вентиляции

4.3.3.1 Метод испытаний

Для управления системой вентиляции используют смоделированный сигнал. Система вентиляции должна обеспечивать проток со скоростью 18 м³/ч на площади 1 м².

Если в СНЭЭБ имеется более одного вентиляционного устройства, сумма вытяжной способности всех вентиляционных устройств должна быть 18 м³/ч или более на площади 1 м².

При отсутствии корпуса СНЭЭБ для проверки работоспособности системы вентиляции необходимо использовать ПИМ, где установлена СНЭЭБ.

Если испытание по 4.3.2 выполняют с системой вентиляции, необходимость использовать смоделированный сигнал отсутствует.

4.3.3.2 Критерии соответствия

Система вентиляции должна работать нормально, а объем проходящего воздуха должен составлять не менее 18 м³/ч на площади 1 м².

4.4 Электромагнитная совместимость

4.4.1 Испытание на электромагнитную эмиссию

Применяют 8.2.4 *ГОСТ Р 58092.5.2—2024*. Кроме того, должны быть выполнены нижеприведенные испытания.

Примечание — *ГОСТ CISPR 11* является аналогом европейского стандарта [3]. Этот стандарт применяют к промышленному, научному и медицинскому электрическому оборудованию, работающему в диапазоне частот от 0 до 400 ГГц, а также к бытовым и аналогичным приборам, предназначенным для генерации и/или локального использования радиочастотных (РЧ) сигналов. Он охватывает требования к излучению, связанному с РЧ помехами в диапазоне частот от 9 кГц до 400 ГГц.

4.4.1.1 Метод испытания

При расследовании первопричин пожаров на СНЭЭБ выявлена уязвимость к электромагнитному излучению, генерируемому портом электропитания постоянного тока (ПЭППТ) между ППЭ и ПЭАЭ, который превышает предел по *ГОСТ CISPR 11*. Это представляет опасность для СНЭЭБ в течение длительного срока ее жизненного цикла, и его следует контролировать, чтобы не допустить превышения предела.

ППЭ и ПЭАЭ основной подсистемы в СНЭЭБ должны соответствовать *ГОСТ CISPR 11*. Кроме того, применяют нижеизложенное.

Проводят измерение тока помех ПЭППТ (синфазный режим).

Точка измерения (ТИ) на ПЭППТ приведена на рисунке 3.

Синфазный ток помех ПЭППТ должен быть измерен с помощью токоизмерительного датчика по *ГОСТ CISPR 16-1-2*.



Рисунок 3 — Точка измерения кондуктивного излучения на ПЭППТ

4.4.1.2 Критерии соответствия

Кондуктивное излучение на ПЭППТ в условии режима заряда СНЭЭБ должно соответствовать ограничениям по току, установленным в таблице 3 *ГОСТ CISPR 11—2017*, в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 5.

Таблица 5 — Предельные значения кондуктивных электромагнитных помех от ПЭППТ

Полоса частот, МГц	Нормированная входная мощность > 20 кВ·А, ≤ 75 кВА		Нормированная входная мощность > 75 кВ·А	
	Квазипиковое значение, дБ (мкА)	Среднее значение, дБ (мкА)	Квазипиковое значение, дБ (мкА)	Среднее значение, дБ (мкА)
0,15—5	72—62	62—52	88—78	78—68
5—30	62—45	52—32	78—61	68—48

4.4.2 Требования помехоустойчивости

Для испытаний на помехоустойчивость к электромагнитному излучению применяют *ГОСТ Р МЭК 61000-6-7* с нижеприведенным дополнением.

4.4.2.1 Метод испытаний

Функции безопасности связанных с безопасностью подсистем СНЭЭБ должны соответствовать приведенным в *ГОСТ Р МЭК 61000-6-7*. Кроме того, проводят испытание на устойчивость к затухающим колебательным волнам порта связи СНЭЭБ.

При расследовании первопричин пожаров на СНЭЭБ было также выявлено, что коммуникационный кабель, обеспечивающий предоставление данных от СКУ батареями, не был защищен должным образом от воздействия электромагнитных помех, в частности от внешних затухающих колебаний. Это представляет опасность для безопасной работы СНЭЭБ и должно контролироваться, чтобы обеспечить невосприимчивость.

Коммуникационный порт СНЭЭБ должен быть испытан по *ГОСТ IEC 61000-4-18*, и СНЭЭБ не должна иметь неисправностей. Пример затухающей колебательной волны показан на рисунке 4.

Затухающие колебательные волновые явления делятся на две части. Первая часть называется медленной затухающей колебательной волной и включает частоты колебаний от 100 кГц до 1 МГц.

Вторая часть называется быстрой затухающей колебательной волной и включает частоты колебаний более 1 МГц.

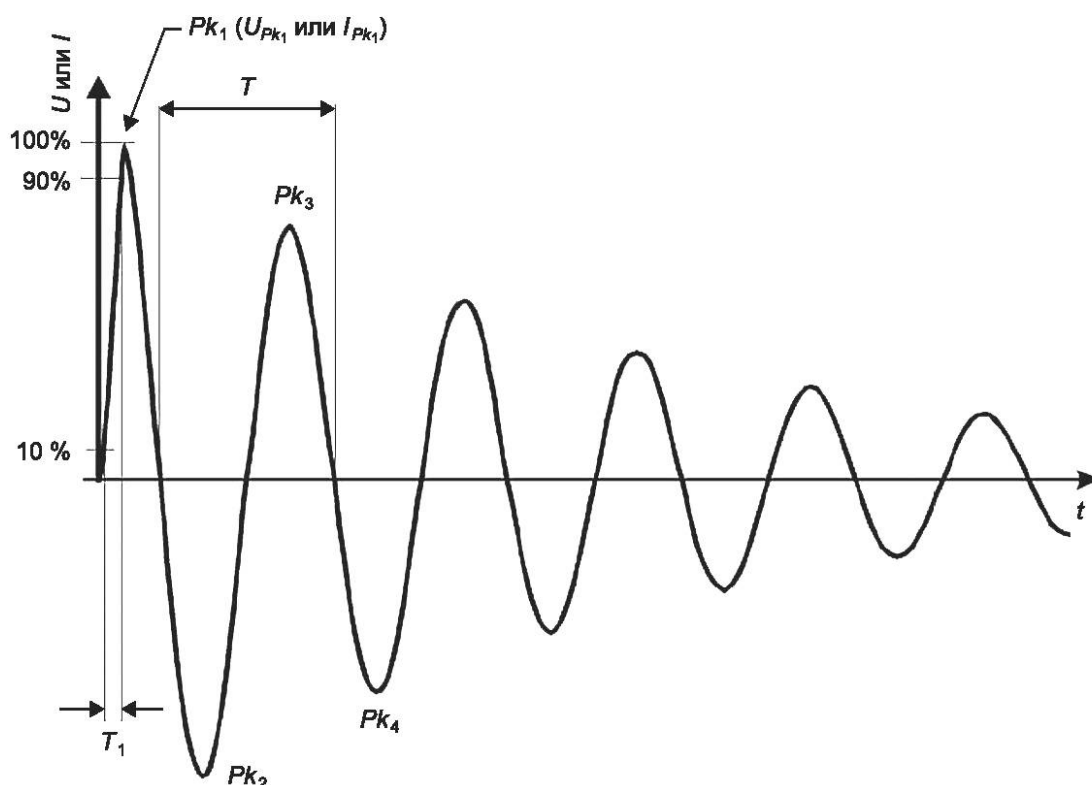
Идеальную форму колебательной волны на рисунке 4, где $\omega(t)$ — напряжение холостого хода или ток КЗ, определяют по формуле

$$\omega(t) = A \cdot K \frac{\left(\frac{t}{t_1}\right)^n}{1 + \left(\frac{t}{t_1}\right)^n} \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_2}\right) \cdot \cos(2\pi f \cdot t + \varphi). \quad (1)$$

Значения параметров $\omega(t)$ для напряжения разомкнутой цепи приведены в таблице 6 для всех стандартных частот колебаний $T = 1/f$.

Т а б л и ц а 6 — Значения параметров $\omega(t)$ для стандартных частот колебаний

Форма волны	A	K	n	t_1 , нс	f , МГц	t_2	φ
Быстрая 30 МГц	Pk_1	1,19	1,67	2,26	30	126 нс	$-\pi/2$
Быстрая 10 МГц	Pk_1	1,04	2,65	1,69	10	377 нс	$-\pi/4$
Быстрая 3 МГц	Pk_1	1,07	2,30	2,89	3	1026 мкс	0



T — период колебания, T_1 — время нарастания

Рисунок 4 — Пример затухающей колебательной волны по ГОСТ IEC 61000-4-18

К коммуникационному порту СНЭЭБ применяют испытание на воздействие затухающих колебательных волн по ГОСТ IEC 61000-4-18.

Условия испытаний на устойчивость к затухающим колебательным волнам следующие:

- испытательный уровень 3: 2 кВ;
- частота повторения импульсов: 5000/с;

- частота колебаний: 3; 10; 30 МГц;
- время нарастания импульса: 5 нс;
- период импульса: 50 нс;
- длительность пачки: 50 мс при 3 МГц; 15 мс при 10 МГц; 5 мс при 30 МГц;
- период повторения пачки: 300 мс;
- продолжительность испытания: не менее 1 мин;
- способ применения: зажим емкостной связи.

Пример местоположения контрольной точки измерения приведен на рисунке 5; пример реализации испытательной установки — на рисунке 6.

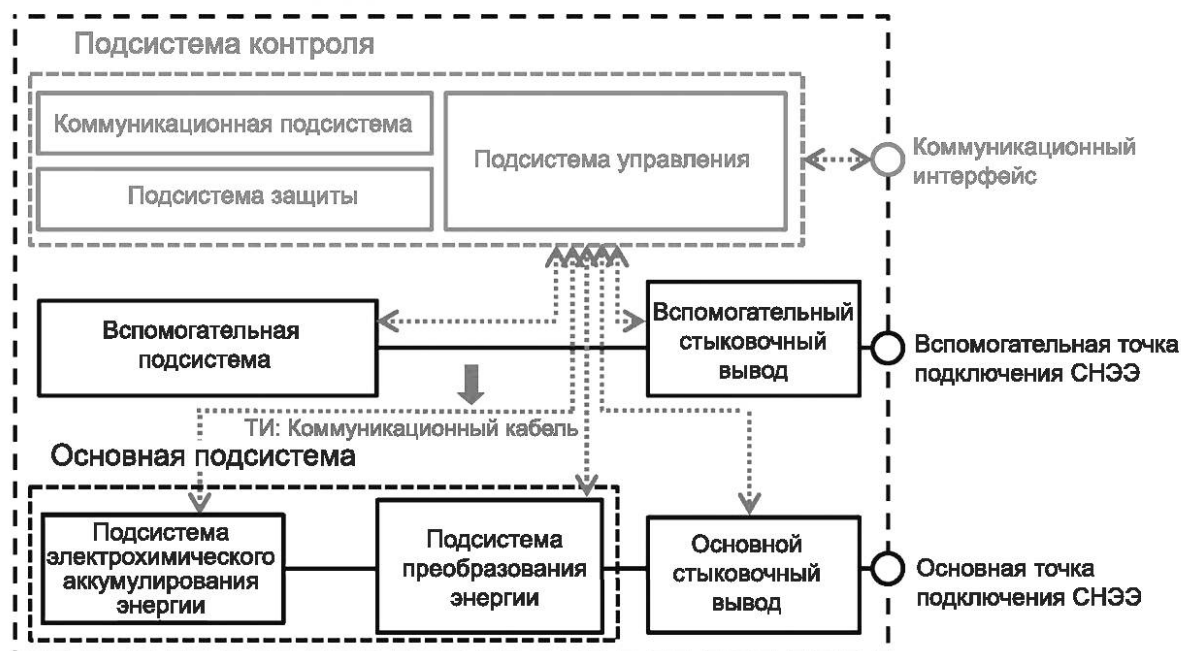


Рисунок 5 — Контрольная точка на устойчивость к затухающим колебательным волнам на кабеле связи

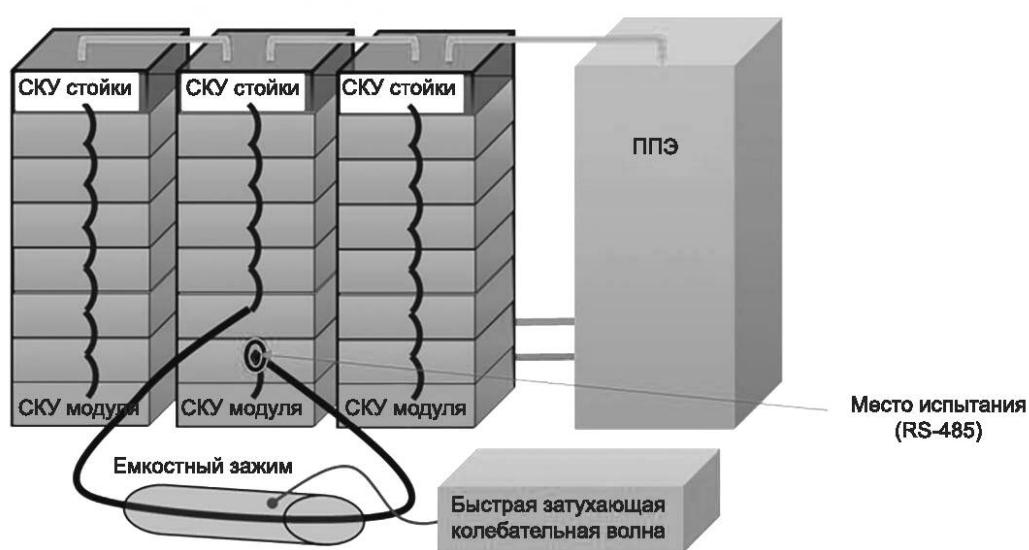


Рисунок 6 — Пример испытательной установки для испытаний на устойчивость к затухающим колебательным волнам

4.4.2.2 Критерии соответствия

Функциональное описание и определение конкретных критериев эффективности при проведении испытаний на помехоустойчивость ИО или после них должны быть предоставлены изготовителем и отмечены в отчете об испытаниях. Они должны соответствовать одному из нижеприведенных общих критериев.

а) Критерий эффективности А: ИО должен продолжать работать так, как спроектировано и предназначено изготовителем, во время и после испытания. Не допускается ухудшения рабочих характеристик или потеря функций ниже уровня рабочих характеристик, указанного изготовителем, когда ИО используется в соответствии с конструкцией и по своему назначению. Если уровень рабочих характеристик не указан изготовителем, он может быть получен из описания продукта и документации, а также из того, чего потребитель может ожидать при применении оборудования, если оно использовано в соответствии с конструкцией и по своему назначению.

б) Критерий эффективности В: ИО должен продолжать работать так, как спроектировано и предназначено изготовителем, после испытания. Не допускается ухудшения рабочих характеристик или потеря функций ниже уровня рабочих характеристик, указанного изготовителем, когда ИО используют в соответствии с конструкцией и по своему назначению. Уровень рабочих характеристик может быть заменен допустимой потерей рабочих характеристик. Во время испытаний допустимо снижение рабочих характеристик, но недопустимо изменение фактического рабочего состояния или сохраненных данных. Если минимальный уровень рабочих характеристик или допустимая потеря рабочих характеристик не указаны изготовителем, они могут быть получены из описания продукта и документации, а также из того, чего потребитель может ожидать при применении оборудования, если оно использовано в соответствии с конструкцией и по своему назначению.

с) Критерий эффективности С: допускается временная потеря работоспособности во время испытания при условии, что она восстанавливается самостоятельно или с помощью органов управления.

Если в результате применения испытаний, определенных в настоящем стандарте, ИО становится опасным или небезопасным, считают, что он не прошел испытание.

4.5 Опасности, связанные с неисправностями вспомогательной системы, системы управления и коммуникации

Для наблюдения и общего контроля за состоянием СНЭЭ (ток, напряжение, СЭ, температуры и т. д.) СКУ, СУП (или СУЭ) и т. д. должен быть обмен информацией на основе стандартных протоколов связи (CAN, Modbus, TCP/IP и т. д.).

Ошибки связи относятся к тем ситуациям, когда данные, которыми обычно обмениваются, не связаны с физическими неисправностями в коммуникационных кабелях (разделение, повреждение и т. д.) между СКУ или между СКУ и СУП (или СУЭ).

4.5.1 Устойчивость к ошибкам связи СКУ с батарейными модулями и с СУП

4.5.1.1 Общие положения

Целью испытания является подтверждение того, срабатывает ли система защиты СНЭЭ при потере связи независимо от протокола связи.

4.5.1.2 Метод испытания

Испытание применяют к коммуникационным кабелям СКУ батарейного модуля и коммуникационным кабелям между СКУ батарейной стойки и СУП и проводят в нижеприведенной последовательности.

а) Устанавливают оборудование для испытаний отказа связи на коммуникационной линии выbranного СКУ батарейного модуля.

б) Запускают ППЭ в режиме заряда и заряжают СНЭЭ до нормированной энергоемкости.

с) Во время заряда литий-ионной СНЭЭБ следует убедиться в том, что данные в СКУ, СУП и т. д. (напряжение, ток, СЭ и другие измерения/расчеты, предоставленные изготовителем) передаются правильно.

д) Создают режим неисправности (обрыв линии связи, неисправность соединения и т. д.) с использованием оборудования для испытаний отказа связи.

е) Восстанавливают ИО до состояния, предшествующего испытанию, и повторяют шаги по перечислениям б)—д) в режиме разряда и ожидания.

ф) Изменяют действия по перечислению а) для применения к коммуникационным кабелям между СКУ и СУП и повторяют шаги по перечислениям б)—е) для каждого режима работы.

4.5.1.3 Критерии соответствия

СУП или СКУ должна обнаружить физические ошибки в кабелях связи в течение продолжительности времени, установленной изготовителем.

При обнаружении физических ошибок связи функции защиты должны работать так, как спроектировано и предназначено изготовителем.

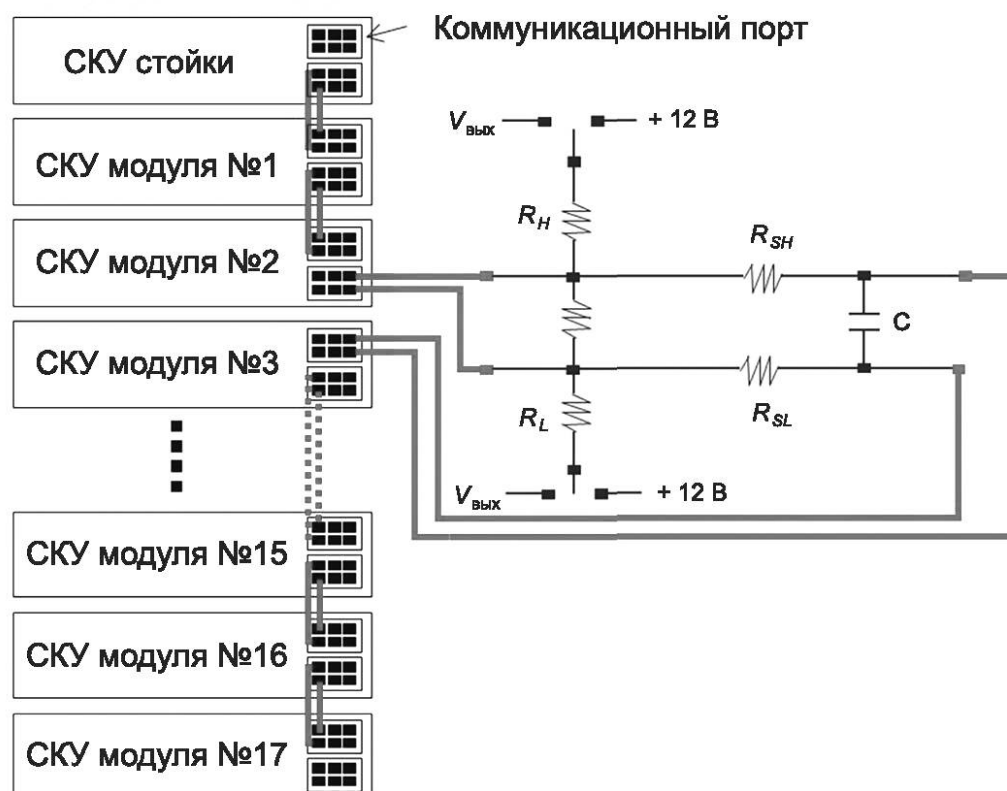
4.5.2 Устойчивость к потере связи СКУ с батарейными модулями и с СКУ других батарейных модулей СНЭЭБ

4.5.2.1 Общие положения

Испытание проводят с целью подтверждения того, работает ли система защиты СНЭЭБ, если связь имеет ошибку или дефект, независимо от протокола связи.

4.5.2.2 Метод испытаний

Испытание применяют к коммуникационным кабелям СКУ батарейной стойки и коммуникационным кабелям между СКУ батарейных модулей (см. рисунок 7).



Сопротивления, имитирующие нарушение линий связи: R_H — изоляция линии $H(+)$; R_L — изоляция линии $L(-)$;
 R_{SH} — соединения линии $H(+)$; R_{SL} — соединения линии $L(-)$

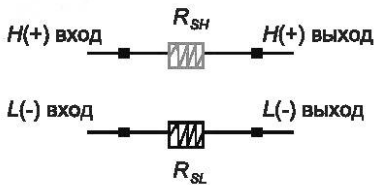
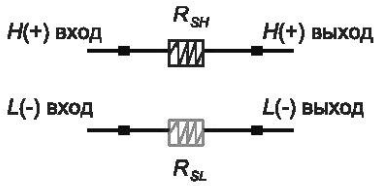
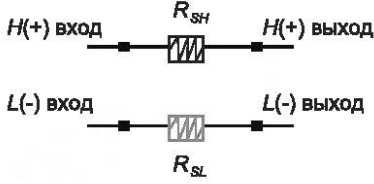
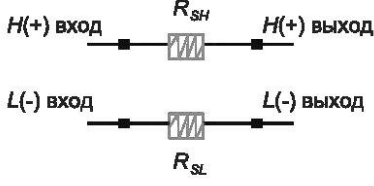
Рисунок 7 — Пример схемы обнаружения ошибки связи

Применяют дефекты соединения изменением значения последовательного сопротивления (R_{SH} , R_{SL}) обоих концов линии связи.

В таблице 7 приведены возможные состояния коммуникационной системы:

- состояние 1 — линия связи работает нормально;
- состояние 2 — значения сопротивления составляют от 70 до 120 Ом, что связано с нарушением соединения $H(+)$, а соединение $L(-)$ относится к нормальному состоянию;
- состояние 3 — состояние, противоположное состоянию 2, представляет собой нарушение соединения $L(-)$, при этом значения сопротивления находятся в диапазоне от 70 до 120 Ом, а соединение $H(+)$ относится к нормальному состоянию.
- состояние 4 — $H(+)$ и $L(-)$ находятся в состоянии разрыва соединения, а значения сопротивления находятся в диапазоне от 70 до 120 Ом.

Таблица 7 — Значения сопротивления для каждого режима неисправности

Состояния коммуникационной подсистемы	Состояние линий связи		Схема ввода сигнала о неисправности
	Линия связи (+)	Линия связи (–)	
Состояние 1	Нормальный		
	$R_{SH} = 0 \text{ Ом}$	$R_{SL} = 0 \text{ Ом}$	
Состояние 2	$H(+)$ ошибка подключения к линии		
	$70 \text{ Ом} < R_{SH} < 120 \text{ Ом}$	$R_{SL} = 0 \text{ Ом}$	
Состояние 3	$L(-)$ ошибка подключения к линии		
	$R_{SH} = 0 \text{ Ом}$	$70 \text{ Ом} < R_{SL} < 120 \text{ Ом}$	
Состояние 4	$H(+)/L(-)$ ошибка подключения к линии		
	$70 \text{ Ом} < R_{SH} < 120 \text{ Ом}$	$70 \text{ Ом} < R_{SL} < 120 \text{ Ом}$	

а) Устанавливают оборудование для проверки отказа связи на коммуникационный кабель СКУ батарейного модуля.

б) Включают ППЭ в режиме заряда и заряжают ИО до нормированной емкости.

с) Во время заряда литий-ионной аккумуляторной батареи с помощью ППЭ проверяют правильность передачи данных СКУ, СУП и т. д. (напряжение, ток, СЭ).

д) Применяют режимы отказа состояния 1—4 по таблице 7, изменяя значения сопротивления на R_{SH} , R_{SL} для каждого состояния.

е) Восстанавливают ИО до состояния, предшествующего испытанию, и повторяют действия по перечислениям б)—д) в режиме разряда и в режиме ожидания.

ф) Изменяют действия по перечислению а) на применение к коммуникационным кабелям между СКУ батарейной стойки и ППЭ и повторяют действия по перечислениям б)—е) для каждого режима.

4.5.2.3 Критерии соответствия

СУП или СКУ должна обнаружить физические ошибки в кабелях связи в течение продолжительности времени, установленной изготовителем.

При обнаружении физических ошибок связи функции защиты должны работать так, как спроектировано и предназначено изготовителем.

Приложение ДА
(справочное)

**Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов
международным стандартам, использованным в качестве ссылочных
в примененном проекте международного стандарта**

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ IEC 60079-29-1—2013	IDT	IEC 60079-29-1:2007 «Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Требования к эксплуатационным характеристикам газоанализаторов горючих газов»
ГОСТ IEC 60079-29-2—2013	IDT	IEC 60079-29-2:2007 «Взрывоопасные среды. Часть 29-2. Газоанализаторы, требования к выбору, монтажу, применению и техническому обслуживанию газоанализаторов горючих газов и кислорода»
ГОСТ IEC 60079-29-3—2013	IDT	IEC 60079-29-3:2009 «Атмосфера взрывоопасная. Часть 29-3. Газовые детекторы. Руководство по функциональной безопасности стационарных систем обнаружения газа»
ГОСТ IEC 61000-4-18—2016	IDT	IEC 61000-4-18:2011 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-18. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне»
ГОСТ CISPR 11—2017	IDT	CISPR 11:2015 «Оборудование промышленное, научное и медицинское. Характеристики радиочастотных помех. Нормы и методы измерений»
ГОСТ Р 52350.29.4—2023	MOD	IEC 60079-29-4:2009 «Взрывоопасные среды. Часть 29-4. Газоанализаторы. Общие технические требования и методы испытаний газоанализаторов горючих газов с открытым оптическим каналом»
ГОСТ Р 58092.5.1—2018	MOD	IEC TS 62933-5-1:2017 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Часть 5-1. Безопасность систем, работающих в составе сети. Общие требования»
ГОСТ Р 58092.5.2—2024	MOD	IEC/TS 62933-5-2:2021 «Системы накопления электрической энергии. Безопасность систем, работающих в составе сети. Электрохимические системы»
ГОСТ Р МЭК 61000-6-7—2019	IDT	IEC 61000-6-7:2014 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-7. Общие стандарты. Требования помехоустойчивости для оборудования, предназначенного для выполнения функций в системе, связанной с безопасностью (функциональная безопасность) в промышленных расположениях»
ГОСТ Р МЭК 62133-2—2019	IDT	IEC 62133-2:2017 «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие неокислотные электролиты. Требования безопасности для портативных герметичных аккумуляторов и батарей из них при портативном применении. Часть 2. Системы на основе лития»
ГОСТ Р МЭК 62619—2023	IDT	IEC 62619:2022 «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие неокислотные электролиты. Требования безопасности для литиевых аккумуляторов и батарей для промышленных применений»

Окончание таблицы ДА.1

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

Библиография

- [1] UL 9540A *Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Cell Energy Storage Systems, Prepared by UL LLC for Natron Energy, Inc. Issued: December 23, 2019*
- [2] МЭК 60370 *Процедура испытаний на термостойкость изоляционных смол и лаков для пропитки. Методы электрического пробоя (Test procedure for thermal endurance of insulating resins and varnishes for impregnation purposes. Electric breakdown methods)*
- [3] ЕН 55011:2009 *Оборудование промышленное, научное и медицинское. Характеристики радиочастотных помех. Пределы и методы измерений (Industrial, scientific and medical equipment. Radio-frequency disturbance characteristics. Limits and methods of measurement)*

УДК 621.355.9:006.354

ОКС 29.220

Ключевые слова: системы накопления электрической энергии, батареи, безопасность, литиевые аккумуляторы

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 15.12.2023. Подписано в печать 09.01.2024. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

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

