ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

(IEC/TS 62933-5-1:2017, Electric energy storage (EES) systems — Part 5-1: Safety considerations for grid-integrated EES systems — General specification, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 044 «Аккумуляторы и батареи»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 мая 2018 г. № 292-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному документу IEC/TS 62933-5-1:2017 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Часть 5-1. Безопасность систем, работающих в составе сети. Общие требования» (IEC/TS 62933-5-1:2017 Ed. 1: Electric energy storage (EES) systems — Part 5-1: Safety considerations for grid-integrated EES systems — General specification, MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного документа для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном документе, приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Некоторые положения настоящего стандарта могут являться объектами патентных прав. Международная электротехническая комиссия (МЭК) не несет ответственности за идентификацию подобных патентных прав

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2018

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

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Термины и определения ... 2
4 Основные рекомендации по аспектам безопасности систем НЭЭ ... 4
5 Рассмотрение опасностей для систем НЭЭ ... 4
5.1 Опасности, связанные с электричеством ... 4
5.2 Механические опасности ... 5
5.3 Другие опасности ... 5
5.3.1 Опасность взрыва ... 5
5.3.2 Опасности, возникающие в результате электрического, магнитного и электромагнитного полей ... 6
5.3.3 Опасность пожара ... 6
5.3.4 Опасности, связанные с температурой ... 7
5.3.5 Химические опасности ... 7
5.3.6 Несоответствующие условия работы ... 8
6 Оценка рисков систем НЭЭ ... 8
6.1 Состав СНЭЭ ... 8
6.1.1 Общие характеристики ... 8
6.1.2 Особенные характеристики ... 9
6.2 Описание условий накопления ... 9
6.2.1 Виды сетей ... 9
6.2.2 Виды приложений ... 9
6.2.3 Расположение ... 9
6.2.4 Уязвимые элементы ... 9
6.2.5 Специальные положения для СНЭЭ в общедоступных местах ... 10
6.2.6 Источники внешнего воздействия ... 10
6.2.7 Работа без обслуживающего персонала ... 10
6.2.8 Непреднамеренное обособление ... 10
6.3 Анализ рисков ... 11
6.3.1 Общие положения ... 11
6.3.2 Рассмотрение рисков ... 11
6.3.3 Анализ уровня риска системы ... 12
7 Требования, необходимые для снижения рисков ... 13
7.1 Общие меры по снижению рисков ... 13
7.2 Профилактические меры против ущерба рядом проживающим жителям ... 15
7.3 Профилактические меры против ущерба рабочим и жителям ... 15
7.3.1 Защита от электрических опасностей ... 15
7.3.2 Защита от механических опасностей ... 16
7.3.3 Защита от других опасностей ... 16
7.4 Конструкция защиты от превышения тока ... 19
7.5 Отключение и выключение СНЭЭ ... 19
7.5.1 Общие положения ... 19
7.5.2 Отключенное от сети состояние СНЭЭ ... 19
7.5.3 Состояние останова СНЭЭ ... 19
7.5.4 Выключение СНЭЭ ... 19
7.5.5 Кибербезопасность ... 20
7.5.6 Частичное отключение ... 20
7.5.7 Руководство для оборудования аварийного отключения ... 21
7.6 Профилактическое техническое обслуживание ... 21
7.7 Обучение персонала ... 21
7.8 Безопасность конструкции ... 22
7.8.1 Общие положения ... 22
7.8.2 Первоначальная безопасность конструкции и последующий пересмотр конструкции ... 23
7.8.3 Пересмотр конструкции для незначительных и существенных изменений системы ... 23

8 Испытание системы 23
8.1 Общие положения 23
8.2 Неисправности вспомогательной системы 24
8.3 Неисправности подсистемы контроля и управления СНЭЭ 25
8.4 Неисправности внутренней связи СНЭЭ 25
8.5 Неисправности внешней связи СНЭЭ 25
9 Рекомендации и руководства 25
9.1 Руководство пользователя 25
9.2 Руководство по действиям в случае аварии 25
9.3 Руководство по первоочередным действиям 26
9.4 Рекомендации по средствам индивидуальной защиты 26
Приложение А (справочное) Основные риски различных технологий накопления 27
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном документе 30
Библиография 31

Введение

При разработке текущих планов правительств многих стран по производству и распределению электричества в будущем было определено, что они не могут быть реализованы без долговременного накопления и хранения энергии в диапазонах многих МВт·ч.

К настоящему времени возникли несколько видов технологий накопления. Примерами таких технологий являются гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), электрохимические батареи, системы накопления и хранения на основе маховиков, водорода, синтетического природного газа (СПГ). Наиболее широко используются гидроаккумулирующие установки. Маховики представляют собой пример кинетического накопителя энергии с высокой удельной мощностью, хорошей стабильностью циклов и большим сроком службы. Некоторые маховики предназначены для кратковременной работы, другие могут работать в течение длительного времени вплоть до нескольких часов. Аккумуляторы требуют в первую очередь работ по снижению стоимости, а по некоторым технологиям также и по увеличению удельной энергии. Водород и СПГ, добавляемые в природный газ, вероятно, будут существенными элементами будущей электрической сети благодаря их способности хранения энергии в больших объемах и продолжительное время. Водород и СПГ должны быть в дальнейшем исследованы и проработаны по широкому кругу вопросов, включая их физические возможности, взаимодействие с существующими потребителями газа для сетей распределения, оптимальные химические процессы, безопасность, надежность и эффективность. По рассматриваемым системам накопления электрической энергии (СНЭЭ) дополнительную справочную информацию может дать Белая книга МЭК «Накопление электрической энергии» (2011-12).

В связи с необходимостью выработки международных стандартов в отношении безопасности новых технологий накопления МЭК планирует сохранить темпы, как и в других областях в прошлом. МЭК рекомендует регулирующим органам проводить предварительную работу по выработке требований для того, чтобы гарантировать безопасность этих технологий и внести вклад в формирование соответствующих международных стандартов, на которых могут быть основаны согласованные правила.

Для старых типов СНЭЭ существуют различные стандарты МЭК, охватывающие технические требования, методы испытаний и построения систем. Для других технологий имеются лишь несколько стандартов, распространяющихся на отдельные вопросы.

До сих пор нет общего стандарта, касающегося безопасности присоединения СНЭЭ к электрическим сетям.

Быстрый рост и новые технологии, вовлекаемые в накопление и хранение электрической энергии в ближайшем будущем, а также установка накопителей непосредственно потребителями, предъявляют особые требования по безопасности. В то же время, общество и правительства должны быть уверены в их безопасности перед широким внедрением столь необходимых систем.

Настоящий документ направлен на последовательное выравнивание требований, выдвигаемых к отдельным технологиям и применениям в отношении безопасности предварительно собранных или собираемых на месте СНЭЭ, предназначенных для работы в составе сети.

Для учета потребностей национальной экономики Российской Федерации и особенностей российской национальной стандартизации в текст стандарта внесены соответствующие изменения:

- убраны терминологические статьи, полностью повторяющие ГОСТ Р 58092.1, остальные статьи терминов расположены в алфавитном порядке;

- изменены примечания статьи 3.12 (старый номер 3.28): примечания, относящиеся к английскому и французскому языкам заменены на одно, относящееся к русскому языку. Примечание 3 исключено как не относящееся к данному термину (термин «риск» не используется в статье);

- примечания статей 3.17 (3.46), 3.18 (3.38) исключены как неинформативные;

- в 5.3.5 устранена явная техническая ошибка — вместо термина «алкалоиды» использован термин, соответствующий контексту — «щелочи»;

- в 5.3.6 «низкие температуры в сочетании с любым из перечисленных факторов риска также могут увеличить вероятность осуществления MSD» перемещено в конец раздела, т.к. имеется несоответствие смысла;

- в 8.4 устранена явная техническая ошибка в первом абзаце относительно «внешних линий связи и управления», т.к. в наименовании раздела и в контролируемых параметрах речь идет о внутренних линиях связи. Информация о неисправности внешней связи приведена в 8.5.

- в тексте раздела 9 выделены подразделы.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ)

БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ, РАБОТАЮЩИХ В СОСТАВЕ СЕТИ

Общие требования

Electric energy storage (EES) systems.
Safety considerations for grid-integrated EES systems. General specification

Дата введения — 2019—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования безопасности (например, идентификация опасностей, оценка рисков, снижение рисков), применимые к СНЭЭ, встроенным в состав электрических сетей.

Настоящий стандарт содержит критерии для обеспечения безопасного применения и эксплуатации систем накопления и хранения электрической энергии любого типа и размера, предназначенных для работы в составе сети.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты.

ГОСТ Р 27.302 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей

ГОСТ Р 50571.3 (МЭК 60364-4-41:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током

ГОСТ Р 50571.4.42 (МЭК 60364-4-42:2010) Электроустановки низковольтные. Часть 4-42. Защита для обеспечения безопасности. Защита от тепловых воздействий

ГОСТ Р 51317 (МЭК 61000) (все части) Совместимость технических средств электромагнитная

ГОСТ Р 51901.11 (МЭК 61882:2001) Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство

ГОСТ Р 51901.12 (МЭК 60812:2006) Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов

ГОСТ Р 58092.1 (МЭК 62933-1:2018) Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Термины и определения

ГОСТ Р МЭК 61508 (все части) Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью

ГОСТ Р МЭК 62619 Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Требования безопасности для литиевых аккумуляторов и батарей для 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

Издание официальное

(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, приведенные в *ГОСТ Р 58092.1*, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в стандартизации по следующим адресам:

- Electropedia МЭК: доступна на gost.e-ecolog.ru ;
- Платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru .

3.1

анализ видов и последствий отказов; FMEA (Нрк. анализ видов и последствий неисправностей) (failure modes and effects analysis, FMEA, (Нрк. fault mode and effects analysis)): Качественный метод анализа, который предполагает изучение возможных видов отказов и неисправностей компонентов и их воздействий на следующий, более высокий функциональный уровень системы.

Примечание — Термин «режим неисправности и анализ воздействия» в МЭК 60050-191:1990 (заменен на МЭК 60050-192:2015) является устаревшим, поскольку неисправность (192-04-01) является состоянием и не может по логике иметь вид, в то время как вид отказа (192-03-17) — это изменение состояния.

[[1], статья 192-11-05]

3.2

анализ видов, последствий и критичности отказов; FMECA (Нрк. Анализ видов, последствий и критичности неисправностей) (failure modes, effects and criticality analysis, FMECA (Нрк. fault mode, effects and criticality analysis)): Количественный или качественный метод анализа, включающий анализ видов и последствий отказов, а также рассмотрение вероятности появления и серьезности последствий.

Примечание — Термин «анализ видов, последствий и критичности неисправностей» в МЭК 60050-191:1990 (заменен МЭК 60050-192:2015) является устаревшим, поскольку неисправность (192-04-01) является состоянием и не может по логике иметь вид, в то время как вид отказа (192-03-17) — это изменение состояния.

[[1], статья 192-11-06]

3.3

анализ дерева неисправностей; FTA (fault tree analysis, FTA): Дедуктивный анализ с использованием дерева неисправностей.

Примечание — См. также дерево неисправностей [1], статья 192-11-07.

[[1], статья 192-11-08]

3.4

анализ рисков (risk analysis): Систематическое использование имеющейся информации для выявления опасностей и количественной оценки риска.

[[2], статья 903-01-08]

3.5

безопасность (safety): Отсутствие неприемлемого риска при использовании СНЭЭ.

Примечания

1 В области стандартизации безопасность продукции, процессов и услуг обычно рассматривается с точки зрения достижения оптимального баланса ряда факторов, включая нетехнические факторы, такие как поведение человека, что позволит исключить неоправданные риски вреда для людей и имущества или снизить их до приемлемого уровня.

2 Неприемлемый риск должен быть определен в каждом конкретном случае.

3 Если не могут возникнуть условия, которые могут привести к неприемлемому риску, то СНЭЭ находится в безопасном состоянии, в противном случае СНЭЭ находится в опасном состоянии.

[[2], статья 903-01-19 с изменениями: включено примечание 2 из [3], статья 351-57-05]

3.6

вид отказа (Нрк. вид неисправности) (failure mode, (Нрк. fault mode): Способ и характер возникновения отказа объекта.

Примечание — Вид отказа может определяться утратой функциональности или переходом в другое состояние.

[[1], статья 192-03-17]

3.7

вред (harm): Физическая травма или ущерб лицам, имуществу и животным.
[[2], статья 903-01-01]

3.8

допустимый риск (tolerable risk): Риск, который считается приемлемым в данном контексте на основе текущих ценностей общества.
[[2], статья 903-01-12]

3.9 **исследование опасности и работоспособности;** HAZOP (hazard and operability studies; HAZOP): Структурированный и систематический метод для изучения определенной системы с целью выявления потенциальных опасностей в ней (опасности могут включать в себя как те, которые по сути актуальны только в непосредственной близости от системы, так и те, которые имеют гораздо более широкую сферу воздействия, например некоторые опасности для окружающей среды) и потенциальных проблем с работоспособностью системы и, в частности, выявления причин эксплуатационных нарушений и производственных отклонений, которые могут привести к несоответствию продукции.

3.10

жизненный цикл (life cycle): Последовательные и взаимосвязанные этапы существования продукции, начиная от получения сырья или от генерации из природных ресурсов и до конечной утилизации.
[ГОСТ IEC 60050-901—2016, статья 901-07-12 с изменениями]

3.11

защитная мера (protective measure): Мера, направленная на достижение адекватного снижения риска, реализованная конструктором (заложенная в конструкцию защита и дополнительные защитные меры, информация для использования) и пользователем (организация: безопасных рабочих процедур, контроля, обучения; системы допуска к работе; предоставление и использование дополнительных защит; использование средств индивидуальной защиты).
[[2], статья 903-01-17]

3.12

опасность (hazard): Потенциальный источник вреда.

Примечание — Термин «опасность» может быть дополнен в целях определения источника опасности или характера ожидаемого вреда (например, «опасность поражения электрическим током», «опасность раздавливания», «опасность обрушения», «токсическая опасность», «опасность пожара», «опасность утопления»).

[[2], статья 903-01-02]

3.13

оценка рисков (risk assessment): Общий процесс, включающий анализ риска и его величину.
[[2], статья 903-01-10]

3.14

под напряжением, под током (energized, live): Имеющая электрический потенциал, отличающийся от земли на рабочем месте и который представляет опасность поражения электрическим током.

Примечания

1 Часть находится под напряжением, когда она электрически подключена к источнику электрической энергии. Она также может быть под напряжением, когда она электрически заряжена и/или находится под воздействием электрического или магнитного поля.

2 Эта запись была приведена под номером 651-01-14 в ГОСТ IEC 60050-651—2014. Она была изменена следующим образом: слово «значительный» было удалено, поскольку оно не поддается количественной оценке.

[[4], статья 651-21-08]

3.15

разумно прогнозируемое неправильное использование (reasonably foreseeable misuse): Использование продукта, процесса или услуги способом, не предусмотренным поставщиком, но которое может быть результатом легко предсказуемого поведения человека.

[[2], статья 903-01-14]

3.16

расчет рисков (risk evaluation): Процедуры, основанные на анализе рисков, для определения того, достигнут ли допустимый риск.

[[2], статья 903-01-09]

3.17

риск (risk): Сочетание вероятности возникновения ущерба и его тяжести.

[[2], статья 903-01-07]

3.18

средства индивидуальной защиты; СИЗ (personal protective equipment, PPE): Любое приспособление или устройство, предназначенное для надевания или ношения человеком для защиты от одной или более опасностей для здоровья и безопасности при выполнении работы.

[[4], статья 651-23-01]

4 Основные рекомендации по аспектам безопасности систем НЭЭ

Настоящий стандарт основан на Руководстве МЭК 104, в котором определяются процедуры подготовки публикаций по безопасности в дополнение к Руководству ИСО/МЭК 51, включая подготовку и использование основных публикаций по безопасности. Руководство МЭК 104 подготовлено ACOS (Консультативный комитет по безопасности).

Подход, использованный в настоящем стандарте, показан на рисунке 1. Первая группа аспектов, описанная в разделе 5, это различные опасности, связанные с НЭЭ в зависимости от типа системы, расположения, размера и от того, как они могут воздействовать на окружающую среду или как окружающая среда может воздействовать на них. Вторая группа аспектов, рассматриваемая в разделе 6, — это проведение оценки риска, вытекающего из того, что определено в разделе 5 в соответствии с эксплуатационным применением. Третья группа аспектов, рассматриваемая в разделе 7, относится к мерам, направленным на снижение риска на основе оценки, полученной в соответствии с разделом 6.



Рисунок 1 — Общее описание подхода к устранению опасностей в системах НЭЭ

5 Рассмотрение опасностей для систем НЭЭ

5.1 Опасности, связанные с электричеством

Электричество проходит в замкнутых контурах, как правило, через проводник. Но иногда человеческое тело и, в случае непосредственной близости, вода и даже воздух могут быть проводниками электричества и случайно становятся частью электрической цепи.

Боль или травма, вызванные электричеством (поражение электрическим током), могут возникать, когда электрическая энергия, способная причинять боль или повреждение, передается на часть тела.

Передача электрической энергии происходит при наличии двух или более электрических контактов с телом:

- между частью тела и проводящей частью оборудования;
- между другой частью тела и землей и водой или другой проводящей частью оборудования.

Когда человек получает электрический удар, электричество течет между частями тела или через тело на заземление или землю.

В зависимости от величины, продолжительности, формы волны и частоты тока, эффект на человеческое тело варьируется от неопределяемого до обнаружимого, затем до болезненного и до вредного. Ожоги — это наиболее распространенная травма, вызванная электрическим ударом, но он может вызвать также аритмию желудочков сердца.

Помимо опасности удара и ожога, электричество создает и другие опасности. Так, например, дуги, возникающие в результате короткого замыкания во время работы на системах под напряжением, называемые «дуговая вспышка», могут привести к травме или вызвать пожар.

Термические ожоги могут быть получены при возгорании одежды, что может произойти при образовании электрической дуги. Необходимо определить границы дуговой вспышки, чтобы установить соответствующие уровни СИЗ для работников, занимающихся техническим обслуживанием и другими действиями на оборудовании, работающем под напряжением.

Чрезвычайно высокоэнергетические дуги могут повредить оборудование, в результате чего фрагментированный металл будет разлетаться во всех направлениях. Даже низкоэнергетические дуги могут вызывать сильные взрывы в атмосферах, которые содержат воспламеняющиеся газы, пары или горючие пыли.

Статическое электричество может также привести к ударам или может просто разрядиться на объект с серьезными последствиями, так как при трении возникает высокий уровень статического электричества в определенном месте на объекте. Это может произойти просто при касании к пластмассовым трубам и материалам или при нормальной работе прорезиненных приводов или ремней, имеющихся на многих рабочих местах. В таких случаях, например, статическое электричество может потенциально разрядиться, когда поблизости находится достаточное количество легковоспламеняющихся или горючих веществ, и вызывать взрыв.

Электрические опасности могут также возникать из-за несоответствующих процедур тушения пожара, вызванного электричеством.

5.2 Механические опасности

Механическое повреждение связано с переносом кинетической энергии на часть тела, когда возникает столкновение между частью тела и частью оборудования. Кинетическая энергия зависит от относительного движения между ними, включая части, выброшенные из оборудования, которые сталкиваются с частью тела.

Примерами источников кинетической энергии являются:

- движение тела по отношению к острым кромкам и углам;
- движение части за счет поворота или других движущихся частей, в том числе точек сжатия;
- движение части из-за ослабления, взрыва ее самой или взрыва других частей;
- движение оборудования из-за неустойчивости;
- движение оборудования из-за неисправности крепежа к стенам, потолку или стойке;
- движение оборудования из-за сбоев ручного манипулирования;
- движение части из-за взрыва аккумулятора;
- движение оборудования из-за недостаточности или отказа крепления тележки или штатива;
- смещение из-за механической вибрации;
- движение оборудования за счет действия природных факторов (наводнения, землетрясения).

Механическая травма включает в себя потертости, сдавливания, ссадины, рваные раны и контузии, вызывающие травмы различной степени тяжести.

5.3 Другие опасности

5.3.1 Опасность взрыва

При взрыве происходит быстрое расширение газов, что вызывает быстро движущийся фронт повышенного давления или ударной волны. Взрывы классифицируются в соответствии с характером «трансформации» системы, и обычно взрывы физического и химического происхождения различаются.

Физические взрывы включают BLEVE[1)] (взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости), который является сильным взрывным испарением, приводящим к разрыву резервуара, содержащего жидкость при температуре, значительно превышающей ее нормальную температуру кипения при атмосферном давлении. В этом случае «преобразование» представляет собой изменение внутренней энергии.

[1)] Справочно: BLEVE — boiling liquid expanding vapour explosion.

Химический взрыв может быть следствием разгона экзотермической химической реакции или разложения неустойчивых веществ. Также возможно сгорание горючих паров топливно-воздушной смеси (газовые взрывы) и суспензии частиц топлива в воздухе (пылевые взрывы), при этом преобразование представляет собой реакцию горения взрывоопасной атмосферы. Потенциальные опасности, связанные с взрывоопасной атмосферой, реализуются при наличии достаточного источника воспламенения.

В целом, взрывы твердых тел, жидкостей или газов делятся на два типа: дефлаграция и детонация. В обоих типах реакционная зона распространяется через реагент(ы). Из-за разницы в плотности веществ выделение энергии на единицу объема значительно выше для жидкостей и твердых веществ, чем для газообразных реагентов.

Взрывы угрожают жизни и здоровью людей, подвергшихся в результате неконтролируемого воздействия пламени и давления, воздействию вредных продуктов реакции, разлетающихся частей и снижению количества кислорода в окружающем воздухе.

5.3.2 Опасности, возникающие в результате электрического, магнитного и электромагнитного полей

В дополнение к обычным опасностям, связанным с электричеством и описанным в 5.1, высокочастотная электромагнитная энергия, создаваемая радиочастотным излучением (RFR[1)]), может индуцировать электрические токи или напряжения, которые могут быть источником помех на другом оборудовании, вызывать электрические дуги, которые могут воспламенять легковоспламеняющиеся материалы или действовать как источник воспламенения взрывоопасных сред в опасных зонах. Травмы, вызванные радиацией, выходят за рамки настоящего стандарта.

5.3.3 Опасность пожара

Опасность возгорания возникает, если горючие материалы, окислитель и энергия зажигания доступны в достаточном количестве в одном и том же месте и в одно и то же время. Опасность пожара зависит от взаимодействия этих трех элементов.

Некоторые материалы по своей природе нестабильны или обладают повышенными окислительными свойствами или способны самонагреваться. Это влияет на опасность пожара.

Изменение концентрации кислорода (например, обогащение кислородом) также может существенно влиять на опасность пожара.

Опасность возгорания может возникнуть от материалов, используемых в СНЭЭ или выходящих из нее, из материалов, находящихся вблизи СНЭЭ, или из материалов, используемых при ее изготовлении.

Горючие материалы могут быть в виде твердых веществ, жидкостей или газов органической или неорганической природы. Следует определить, существуют или могут ли существовать горючие материалы, в каком количестве и в каких местах.

На легкость возгорания материалов влияет размер, форма и осаждение материалов. Например, небольшие кусочки материала, собранные вместе, могут легче воспламениться, чем большие куски этого же материала. Комбинация материалов также может влиять на воспламеняемость и поведение при сжигании. Следует рассмотреть вопрос о том, могут ли свойства материалов меняться со временем или при их использовании. Такие изменения могут включать в себя возможность разложения материала с выделением горючих газов и паров. Это может привести к повышенной пожароопасности.

При оценке пожароопасности следует определить существование и количество веществ, поддерживающих горение, например веществ, выделяющих кислород, и вероятность их возникновения. Наиболее распространенным окислителем является воздух, но есть и другие окислители, которые поддерживают горение, например нитрат калия (KNO_3), перманганат калия ($KMnO_4$), хлорная кислота ($HClO_4$), пероксид водорода (H_2O_2) и закись азота (N_2O).

Следует определить, какие источники воспламенения существуют или могут возникнуть. Возможные источники воспламенения могут возникнуть из-за влияния:

a) тепловой энергии;

b) электрической энергии;

c) механической энергии;

d) химической энергии.

Пожар, вызванный электричеством, связан с преобразованием электрической энергии в тепловую, когда тепловая энергия нагревает горючий материал с последующим воспламенением и загоранием. Электрическая энергия преобразуется в тепловую энергию либо на сопротивлении, либо на дуге и переносится на горючий материал.

[1)] Справочно: RFR — radio frequency radiation.

Воспламенение происходит, когда энергия выделяется в количестве, достаточном для нагрева горючего элемента посредством проводимости, конвекции или теплового излучения до такой температуры, что начинается реакция горения. Следует отметить, что реакция горения всегда будет происходить между кислородом и газообразным горючим веществом.

В зависимости от природы топлива (газа, жидкости или твердого тела) процесс зажигания будет различным.

Для газов воспламенение происходит в смеси горючего вещества с окислителем с пропорциями между нижним пределом воспламеняемости (LFL) и верхним пределом воспламеняемости (UFL). Для инициирования горения смеси часто достаточно очень малого количества энергии. Эта энергия обычно измеряется в стехиометрических пропорциях реакции горения. Поэтому такой процесс называется воспламеняемостью низкой энергии (LEF). Требуемая энергия обычно имеет значение порядка нескольких мДж. Для зажигания смеси может быть достаточно искры.

Для жидкостей сгорание происходит от испускаемого пара, при условии, что скорость выделения пара достаточна для создания воспламеняющейся смеси с окружающим воздухом. Кроме того, воспламенение смеси происходит только при наличии достаточной энергии (≥ LEF), когда температура жидкости выше, чем температура ее вспышки.

Для твердого горючего вещества явление воспламенения более сложное, поскольку оно регулируется теплопередачей внутри материала. Энергия, получаемая от горючего вещества, увеличивает температуру твердого вещества до достижения температуры сублимации или разложения. Этот процесс называется явлением пиролиза. Время начала зависит от интенсивности теплового потока, тепловых свойств, температуры воспламенения и содержания воды.

Фаза распространения соответствует увеличению пламени, связанному с путем горения легковоспламеняющихся предметов. На этом этапе важную роль в качестве критерия, который позволяет или препятствует развитию огня, играет расположение горючих элементов.

Опасность пожара может быть вызвана, например, самим огнем, тепловым излучением, языками пламени или выделяющимися веществами. В дополнение к опасности пожара может существовать опасность взрыва.

Термические и химические опасности, вызванные пожаром, угрожают людям и окружающей среде. При этом пожары могут сильно различаться по характеру и интенсивности в зависимости от вещества, которое горит (природа, геометрия, количество) и условий горения.

5.3.4 Опасности, связанные с температурой

Передача тепловой энергии происходит тогда, когда тело соприкасается с горячей частью оборудования или горячими жидкостями. Степень повреждения зависит от разности температур, тепловой массы объекта, скорости передачи тепловой энергии на кожу и продолжительности контакта. Восприятие человеческим телом варьируется от теплоты до жара, что может привести к боли или травме (ожог).

Вдыхание горячего дыма может привести к ожогу. В реальной жизни от 60 % до 80 % ожогов со смертельным исходом происходят в большинстве случаев из-за вдыхания дыма. Непосредственные эффекты могут включать обморочное состояние, закупорку дыхательных путей, опаление волос лица и/или носовых полостей и ожоги вокруг лица и шеи. Вдыхание дыма также может привести к пульмонологической травме (травме легких).

Воздействие теплового излучения может вызвать ожоги кожи. Наибольшую угрозу представляет радиационное излучение, исходящее от открытого пламени и взрывов.

Воздействие экстремально низких температур также может вызвать некоторые повреждения кожи и частей тела.

Как нормальные рабочие операции, так и условия неправильного обращения могут вызывать выделение тепла и, следовательно, потенциальные тепловые опасности.

5.3.5 Химические опасности

Повреждения, вызванные опасными веществами, происходят из-за химической реакции с частями тела. Степень повреждения от данного вещества зависит как от величины и продолжительности воздействия, так и от восприимчивости части тела к этому веществу.

Кожа и глаза работника могут подвергаться воздействию опасных химических веществ при прямом контакте с загрязненными поверхностями, попадании аэрозолей, погружении или брызгах.

Химические агенты делятся на два типа: первичные раздражители и сенсибилизаторы. Первичные или прямые раздражители действуют непосредственно на кожу через химические реакции. Сенсибилизаторы могут не вызывать немедленную реакцию кожи, но повторяющееся воздействие может привести к аллергическим реакциям.

Контакт с сильными кислотами или щелочами, другими коррозионными или едкими материалами может вызвать разъедание или «сжигание» кожи и более глубоких тканей. Это может быть вызвано различными химическими веществами, используемыми на рабочих местах.

Существуют также немедленные и долгосрочные опасности вдыхания, глотания или поглощения токсичных химических веществ через кожу.

Химический эффект может быть вызван возгоранием (например, токсичность горючих газов), а может быть и не связан с ним (выброс стоков во время нормальной работы) или может быть вызван нагреванием химических веществ до температуры разложения в нормальных условиях или условиях неправильного использования.

Химический эффект может также включать создание взрывоопасной атмосферы при образовании легковоспламеняющихся газов (например, водорода).

Сброс ранее накопленного токсичного газа может привести к серьезным опасностям с точки зрения массового воздействия на людей в зоне выброса. Кроме того, могут возникнуть серьезные проблемы коррозионного характера.

5.3.6 Несоответствующие условия работы

Все СНЭЭ, расположенные в помещении или находящиеся на открытом воздухе в огороженных местах, должны быть оборудованы для облегчения доступа в зону и выхода из зоны, в которой система установлена или огорожена, чтобы люди не оказались в ловушке. Рабочие места и условия должны быть адаптированы к риску травм нарушений опорно-двигательного аппарата (MSD), который зависит от рабочих мест и поз, от того как часто выполняется задача, от уровня необходимых усилий и как долго длится задача. Факторы риска, которые могут привести к появлению MSD, включают:

- приложение чрезмерных усилий при подъеме и перемещении тяжелых грузов, заливке материалов вручную или при управлении оборудованием или инструментами;
- выполнение одних и тех же или аналогичных задач в повторяющемся режиме. Выполнение одних и тех же движений или последовательности движений постоянно или часто в течение длительного периода времени;
- работа в неудобных позах или нахождение в одной и той же позе в течение длительного периода времени;
- прижатие тела или части тела (например, руки) к твердым или острым краям или использование руки в качестве молотка;
- чрезмерный непрерывным шум, который может привести к повреждению слуха для лиц, находящихся в непосредственной близости, которые не используют оборудование, защищающее слух;
- воздействие энергии радиочастоты существенной интенсивности на частотах от 3 кГц до 300 ГГц, которые могут неблагоприятно повлиять на персонал.

Низкие температуры в сочетании с любым из перечисленных факторов риска также могут увеличить вероятность осуществления MSD.

6 Оценка рисков систем НЭЭ

6.1 Состав СНЭЭ

6.1.1 Общие характеристики

Для проведения исследования по оценке риска требуется описание СНЭЭ. Должны быть указаны следующие общие характеристики:

- тип, мощность, энергия, нормированный календарный или циклический срок службы (гарантированный срок службы, количество циклов);
- тип применения;
- содержание опасных веществ (формулы, физическое состояние, количество, листы данных по безопасности);
- общие функции, функции защиты, программируемые функции;
- функции самотестирования, дистанционного управления, необходимость присутствия персонала;
- перечень вспомогательных устройств, включенных в систему;
- меры, принимаемые для обеспечения безопасности конструкции и надежности системы;
- меры, доступные для снижения рисков;
- рабочие параметры;
- известные опасности, связанные с какими-либо компонентами СНЭЭ;
- инструкции по эксплуатации.

6.1.2 Особенные характеристики

Основными типами СНЭЭ, согласно формам энергии, являются механические, электрохимические, тепловые и химические, как указано ниже:

- механические:
  - гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС);
  - сжатый воздух (НЭСВ);
  - маховики (НЭМ).
- электрохимические:
  - вторичные батареи;
  - проточные батареи.
- тепловые;
- химические:
  - водород.

Приложение А дает краткое описание основных рисков различных механических, электрохимических и химических технологий хранения.

6.2 Описание условий накопления

6.2.1 Виды сетей

СНЭЭ включают в себя все типы соединяемых с сетью накопителей энергии, которые могут как накапливать электрическую энергию от сети или любого другого источника, так и снабжать электрической энергией сеть. Понятие «сеть» включает в себя:

a) передающие сети;

b) распределяющие сети;

c) коммерческие сети;

d) промышленные сети;

e) частные сети;

f) изолированные сети.

6.2.2 Виды приложений

Ниже приведены некоторые приложения СНЭЭ:

a) срезание пика (приложения длительного действия);

b) выравнивания пиков нагрузки (приложения длительного действия);

c) регулирование частоты сети (приложения короткого действия);

d) выравнивание режима работы возобновляемых источников энергии (приложения короткого действия);

e) резервная мощность.

6.2.3 Расположение

Ниже приведены места расположения СНЭЭ:

a) жилые дома, включая группу домохозяйств;

b) коммерческие и общественные здания;

c) промышленные;

d) общего назначения.

Также следует учитывать физические места расположения. Примерами физических мест расположения накопителей являются:

- на открытом воздухе огороженные и/или неогороженные;
- внутри зданий огороженные и/или неогороженные;
- подземные.

6.2.4 Уязвимые элементы

Для того, чтобы оценить тяжесть возможной аварии или инцидента, необходимо четко определить элементы окружающей среды, которые могут быть затронуты. Как правило, на рассмотрении должны быть следующие элементы:

- люди (например, занятые в месте расположения сотрудники, местное население или люди, работающие вокруг местоположения, включая их количество, время присутствия, расстояние от установки, тип людей и их ограничения);
- сооружения и оборудование, не находящиеся непосредственно в области изучения;
- некоторые основные средства безопасности;
- устройства, опирающиеся на систему НЭЭ;

- свойства и структуры;

- природная окружающая среда (например, подземные воды, реки, почвы, атмосфера, направление ветра, сейсмические уровни, уровни освещенности и высота над уровнем моря).

6.2.5 Специальные положения для СНЭЭ в общедоступных местах

С сетями жилых домов существует дополнительная проблема, связанная с воздействием системы на необученных людей. Оборудование, имеющееся в сетях жилых домов, может быть расположено там, где обычные люди могут иметь с ним прямой контакт, поэтому конструкция системы должна учитывать это обстоятельство. К этому относятся предотвращение доступа к опасным частям с помощью ограждений и защит для ограничения доступа, изоляция для предотвращения тепловых опасностей и предотвращение доступа к средствам управления для исключения несанкционированного вмешательства или неправильной работы. Элементы управления должны быть спроектированы таким образом, чтобы они были автоматизированы, а также недоступны с определенного уровня, поскольку на месте нет квалифицированных операторов. Оборудование для использования в сетях жилых домов может потребовать обеспечение защитой, чтобы предотвратить повреждение от непреднамеренного воздействия транспортных средств, если они находятся в гаражах или вблизи дорог. Если они расположены внутри жилых домов, СНЭЭ должны соответствовать местным строительным нормам. Использование СНЭЭ в сетях жилых домов может ограничить возможность применения некоторых технологий в случаях, когда при установке в жилых районах опасность не может быть в достаточной степени снижена.

6.2.6 Источники внешнего воздействия

В общем случае следует выявить некоторые источники возможного внешнего воздействия:

- источники, связанные с местом расположения: другие объекты и опасное оборудование, транспортные средства и другие движущиеся объекты, проведение работ, потери функциональности, злонамеренные действия;

- природные источники: экстремальные погодные условия (мороз, ветер, снег, туман и т. д.), оползни и землетрясение, молния, затопление пресной или соленой водой.

6.2.7 Работа без обслуживающего персонала

В автоматическом режиме в процессе эксплуатации СНЭЭ может подвергаться различным внешним воздействиям и внутренним проблемам. Часто система может распространять вибрации, звуки или запахи, которые могут не быть обнаружены людьми. Система дистанционного контроля может послать сигнал о неисправности на станцию управления оператора. Оператор дистанционно принимает необходимые действия, а управляющие сигналы поступают в систему. Должны быть приняты во внимание все риски, как связанные с неправильными сигналами в обе стороны, так и риски, связанные с ошибками человека.

6.2.8 Непреднамеренное обособление

В общем случае линия распределительной сети не находится под напряжением во время отключения от энергосистемы, так как выключатели линии разомкнуты (см. рисунок 2). В линиях распределительной сети, которые подключены к СНЭЭ, область, которая должна была бы быть обесточенной, однако, остается под напряжением в случае продолжения работы СНЭЭ и неотделения ее от сетей энергоснабжения. Состояние, в котором распределительные линии питаются только электроэнергией, подаваемой из СНЭЭ, называется непреднамеренным обособлением.

При использовании СНЭЭ, предназначенной для преднамеренного обособления, в случае, если в распределительной линии открывается размыкатель, отсоединенная часть может быть обеспечена энергией от СНЭЭ и возможным производством энергии в этом месте.

Непреднамеренное обособление может представлять значительную опасность для людей и объектов. Местное население, а также технический персонал могут подвергаться риску поражения электрическим током во время выяснения причин аварии или во время операций по замене оборудования.

Существует требование, что, если выделенный район не предназначался для преднамеренного обособления, необходимо принять меры для предотвращения работы в изолированном режиме, прямо или косвенно определяя это, используя защитное реле или другие методы и быстро отключая СНЭЭ от распределительной линии.



Даже если размыкатель линии рапределения открывается, прерыватель СНЭЭ не открывается, когда мощность СНЭЭ и спрос потребителей равны

Рисунок 2 — Обособление СНЭЭ

6.3 Анализ рисков

6.3.1 Общие положения

Во время оценки риска воздействие опасностей следует учитывать на всех этапах жизненного цикла (разработка и проектирование, транспортировка, установка, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт, а также окончание срока службы).

Все компоненты СНЭЭ, такие как подсистемы преобразования энергии, генераторы, гидротурбины и насосы, устройства накопления энергии (батареи, плотины и т. д.), трансформаторы, контроллеры системы, размыкатели, предохранители, электропроводка, фильтры, резервуары, трубы, воздуходувки, источники питания управления и т. д., обязательно проектируются, разрабатываются, производятся и испытываются на основе соответствующих международных стандартов соответствия их требованиям безопасности.

Для работы этих компонентов СНЭЭ имеет множество соединений между компонентами, такие как соединения основной цепи, цепи сигналов управления, цепи сигналов связи, трубы, управляющие силовые линии, крепежные детали для зданий, траншеи и т. д.

Кроме того, компоненты для СНЭЭ могут быть изготовлены или поставлены различными производителями. Комбинация этих компонентов не должна рассматриваться как безопасная как таковая, поэтому необходима дальнейшая оценка риска в связи с их объединением. В частности, с помощью соответствующих методов оценки риска должен быть оценен риск несовместимости некоторых компонентов, возникающий в результате интеграции. Кроме того, следует рассмотреть общую энергию, накопленную в СНЭЭ и потенциально подверженную воздействию населения в этом районе.

6.3.2 Рассмотрение рисков

6.3.2.1 Вопросы возможности несанкционированного или небезопасного доступа в результате недостаточной защиты

Неэффективное управление доступом или отсутствие контроля доступа (например, по соображениям безопасности), или небезопасные условия доступа (например, отсутствие эргономичности пространства для операций технического обслуживания), неадекватная конструкция, размер аварийных выходов или другие недостатки защиты могут вызвать особые причины опасности.

6.3.2.2 Неэффективная координация защиты всей системы

Неэффективная координация защиты может привести к опасности пожара или поражения электрическим током. Например, когда защитное устройство не может прервать большой ток в случае случайного короткого замыкания, какие-либо части системы перегреваются, и в результате может возникнуть пожар.

6.3.2.3 Обнаружение неисправностей

Отсутствие или неэффективная работа обнаружения неисправности может привести к возникновению электрических опасностей, механических опасностей, опасности взрыва, пожара и т. п. Например, когда электрическая неисправность вызывает утечку или ток замыкания на землю и не обнаруживается, это может привести к поражению электрическим током. Когда неисправность не обнаружена, СНЭЭ может работать вне пределов безопасности. Результатом может быть взрыв или пожар.

6.3.2.4 Неисправность системы контроля и управления

Неисправность системы контроля и управления и работа вне пределов безопасности СНЭЭ могут привести к возникновению электрических опасностей, механических опасностей, опасности взрыва, пожара и т. д. Неисправность системы контроля и управления и работа вне пределов безопасности СНЭЭ

могут быть вызваны потерей внешней связи, связи между оборудованием, коротким замыканием или разрывом цепи сигналов управления, ошибкой управляющего сигнала, неисправностью оборудования, потерей управления мощностью и т. д. Когда высвобождаются большие объемы энергии, материалы или химические вещества, хранящиеся в СНЭЭ, может произойти взрыв или пожар.

6.3.2.5 Неисправность вспомогательной подсистемы

Неисправности вспомогательной подсистемы могут вызывать различные опасности, такие как температурные опасности, химические опасности, опасности взрыва и пожара. Например, неисправность воздушного кондиционера может привести к превышению рабочей температуры некоторых компонентов. Неисправность вентиляции может вызвать химическое отравление.

6.3.2.6 Правила безопасности

Необходимо соблюдать правила безопасности, чтобы свести к минимуму опасность из-за ошибки человека, неправильной конструкции или установки, недостаточной проверки или технического обслуживания, а также неправильного обучения и предупреждающих табличек.

6.3.2.7 Неправильная рабочая среда, условия и оборудование

Неправильная рабочая среда, условия и оборудование могут вызвать множество опасностей. СНЭЭ должна быть спроектирована и построена таким образом, чтобы она соответствовала окружающей среде, в которой она должна использоваться. В критериях проектирования должны учитываться среди многих других и такие факторы, как влажность, температура и возможность наводнения.

6.3.2.8 Рекомендации и указания по тушению пожаров, план эвакуации, его маршрут и указатели

Неэффективные рекомендации и указания по тушению пожаров, неэффективный план эвакуации, маршрут и указатели могут увеличить последствия пожара и взрыва.

6.3.2.9 Риски серьезных опасностей

Значительный сбой в некоторых СНЭЭ может привести к пожару, взрыву или выбросу токсичного газа. Кроме того, во время взрыва отдельные части могут разлетаться, как снаряды. Такие опасности могут иметь серьезные последствия в виде травмы или смерти. Для надлежащего проектирования СНЭЭ необходимо рассмотрение рисков этих серьезных опасностей.

6.3.2.10 Риски, связанные с техническим обслуживанием

Отсутствие надлежащих процедур технического обслуживания или неквалифицированный/плохо обученный обслуживающий персонал могут привести к рискам. При анализе рисков техническое обслуживание следует учитывать в качестве потенциального источника опасности.

6.3.3 Анализ уровня риска системы

Одним из ключевых действий по обеспечению безопасности СНЭЭ является эффективное использование методов анализа надежности системы, таких как процедура анализа видов и последствий отказов (FMEA), описанной в *ГОСТ Р 51901.12*. В FMEA на уровне системы, если все функции компонентов и все точки соединения между этими компонентами определены правильно, анализируются эффекты неисправности функций компонентов и точек подключения. Также может быть определена роль персонала и учтены возможные ошибки человека.

Для систем низкого риска и низкой сложности, анализ видов, последствий и критичности отказов (FMECA) может быть очень экономически эффективным и приемлемым методом. Если во время проведения FMECA обнаруживается вероятность воздействия высокого риска, рекомендуется провести вероятностный анализ риска (PRA) в предпочтении к FMECA.

В качестве альтернативы могут использоваться другие инструменты анализа риска, определенные в стандартах МЭК, такие как анализ дерева неисправностей (FTA), описанный в *ГОСТ Р 27.302*, и исследования опасности и работоспособности (HAZOP), описанные в *ГОСТ Р 51901.11*. Результаты анализа рисков должны быть документированы и доступны для организаций, ответственных за эксплуатацию СНЭЭ.

Когда FMEA, FTA или HAZOP показывают возможность пожара, взрыва или выброса токсичного газа, управление функциональной безопасностью должно проводиться согласно *ГОСТ Р МЭК 61508 (все части)* или одному из производных ему стандартов.

В случае использования общественных линий связи, даже тогда, когда она используется только частично, следует учитывать также кибербезопасность. Анализ риска для кибербезопасности может быть сделан и описан отдельно от описанного здесь анализа.

7 Требования, необходимые для снижения рисков

7.1 Общие меры по снижению рисков

В результате FMEA на уровне системы или выводов анализа риска для предотвращения аварий и ограничения их последствий должны быть приняты необходимые предупреждающие и защитные меры. Это означает, что для всех сценариев, для которых вероятность и/или серьезность последствий слишком высока, должны быть предложены меры по снижению риска в соответствии с рисунком 3. Подраздел 7.1 предназначен для описания рекомендаций по снижению рисков. Подробности должны быть обсуждены для каждой технологии отдельно.

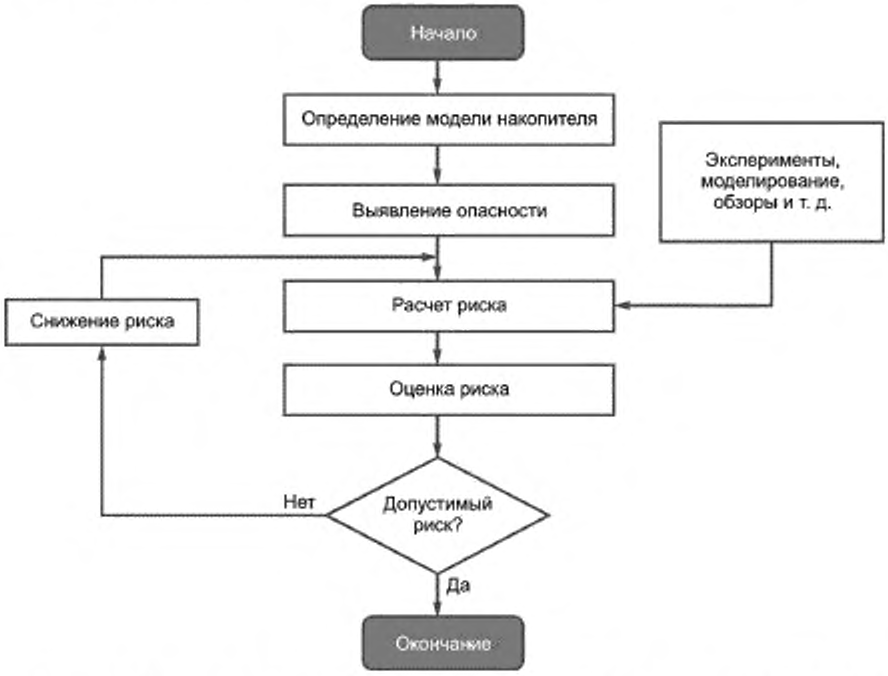


Рисунок 3 — Итеративная последовательность проверки в общих процедурах оценки риска

Сценарии, рассмотренные в анализе рисков, должны включать катастрофические внешние последствия для системы как от серьезных стихийных бедствий, так и от серьезного социального/человеческого воздействия. Стихийные бедствия включают все виды стихийных бедствий, часть которых носят сезонный характер, а часть (такие, как землетрясения, наводнения и цунами) — приходят лишь с небольшим временным предупреждением. Социальное/человеческое воздействие включает в себя саботаж со стороны одного человека, социальные потрясения и терроризм.

Профилактические меры в значительной степени зависят от местоположения системы, но меры должны быть определены даже для редких внешних событий, которые могут оказать значительное влияние на СНЭЭ. Здесь должны быть определены превентивные меры: меры по предотвращению воздействия, минимизация воздействия для ограничения ущерба системе и смягчение нанесения катастрофического ущерба системе.

Несмотря на превентивные меры, в случае возможного частичного ущерба необходимо немедленно принять меры по пресечению распространения ущерба. Проверенные средства пожаротушения и средства внутреннего снижения распространения огня, аварийные огнетушители и аварийное отключение также являются частью этой профилактики. Дальнейший вызов команды экстренной помощи добавляется в зависимости от уровня нанесенного ущерба.

На рисунке 4 показаны общие меры по снижению риска для СНЭЭ. При возникновении инцидента опасной аварии меры по контролю за распространением ущерба следует рассматривать в слоях

предупреждения и смягчения последствий. Кроме того, чтобы свести к минимуму масштабы опасности, необходимо заранее планировать и готовить меры реагирования на аварийные ситуации на уровне установки и на уровне прилегающей территории.



Рисунок 4 — Общие меры по снижению риска для минимизации опасностей

На рисунке 5 показаны распространение ущерба от аварии к опасности и многоуровневые меры по минимизации ущерба. Незначительное происшествие, такое как внешнее воздействие, неисправность аппаратных средств/программного обеспечения и системы, разумно предвидимое неправильное использование, могут нанести частичный ущерб системе. Если частичное повреждение распространяется более широко по системе, может произойти большая авария. Необходимость многоуровневых мер для контроля распространения ущерба следует рассматривать отдельно от обычного управления и контроля.

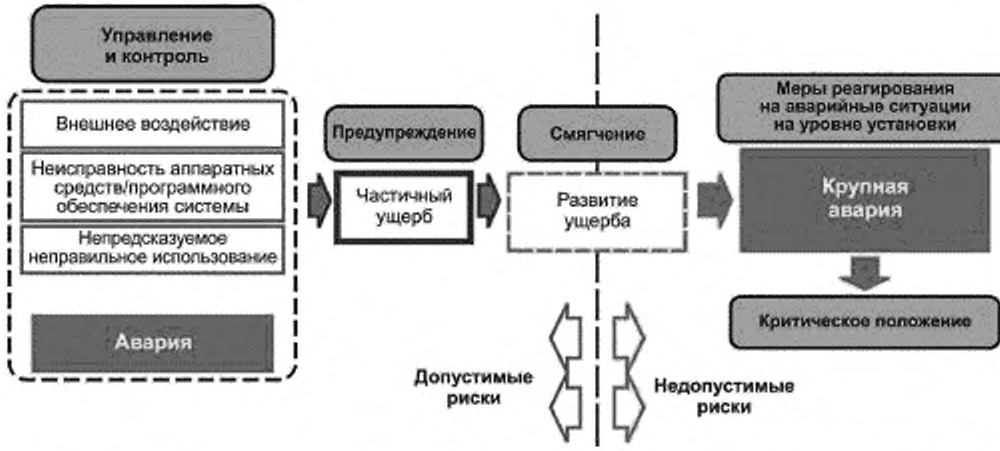


Рисунок 5 — Распространение повреждений от аварии до большой аварии, и многоуровневые меры по минимизации ущерба

7.2 Профилактические меры против ущерба рядом проживающим жителям

Следует обратить внимание на случайные явления, вызывающие воздействия, которые могут оказать влияние на соседних жителей (например, взрыв, пожар, дисперсия ядов).

«Крупная авария» означает возникновение таких событий, как крупный выброс, пожар или взрыв в результате неконтролируемого развития событий в ходе работы СНЭЭ, которые ведут к серьезной опасности для здоровья человека или окружающей среды, немедленные или отложенные, внутренние или внешние, и с участием одного или более опасных веществ.

Операторы должны иметь общее обязательство: принимать все необходимые меры для предотвращения крупных аварий, смягчения их последствий и принимать меры по восстановлению.

Если оценка риска в отношении пожара, взрыва или выброса токсичного газа показывает недопустимую возможность опасности, СНЭЭ должна иметь систему безопасности (SRS), предпочтительно в соответствии с *ГОСТ Р МЭК 61508 (все части)*, чтобы уменьшить риск опасности до допустимых уровней. Рекомендуется использовать простые надежные аппаратные SRS, которые независимы и отделены от подсистемы контроля и управления СНЭЭ.

7.3 Профилактические меры против ущерба рабочим и жителям

7.3.1 Защита от электрических опасностей

Все источники электрической энергии в СНЭЭ должны контролироваться таким образом, чтобы свести к минимуму риск поражения электрическим током человека и предотвратить доступ к СНЭЭ животных и растений. Токопроводящие части СНЭЭ, которые имеют цепи с опасными напряжениями, должны быть защищены от случайного контакта с помощью оболочек или с помощью других средств, таких как ограждение, охрана и т. д., для предотвращения непреднамеренного доступа к ним.

Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию должна включать информацию о безопасных методах работы. Везде, где это возможно, работа должна начинаться только тогда, когда проводники, находящиеся обычно под опасным напряжением, будут надежно изолированы и заземлены. Области внутри и вокруг СНЭЭ, требующие специальных мер защиты против вспышки дуги и поражения электрическим током, должны быть снабжены предостерегающими табличками для обозначения опасностей и необходимых мер предосторожности. Там, где изоляция невозможна (например, работа на клеммах аккумуляторной батареи), должна быть предусмотрена инструкция на соответствующие СИЗ, необходимые для выполнения данной задачи.

СНЭЭ и связанное с ними электрическое оборудование, которое может потребовать проведения осмотра, регулировки, ремонта или обслуживания в то время, когда они находятся под напряжением, должны быть сконструированы так, чтобы свести к минимуму риск поражения электрическим током или получения ожогов. В тех случаях, когда практически невозможно предотвратить доступ к опасным токоведущим частям, должны быть размещены предупредительные надписи, чтобы предупредить квалифицированное лицо об опасности.

Когда провода и кабельная продукция подвергаются воздействию пресной или соленой воды или чрезмерной влажности, компоненты могут быть повреждены в результате коррозии или плесени. Это повреждение может привести к нарушению изоляции или разрывам и может вызвать дополнительные электрические опасности.

Примеры превентивных мер по предотвращению опасности поражения электрическим током должны учитывать следующее:

- обнаружение замыкания на землю,
- обнаружение превышения/понижения напряжения,
- обнаружение превышения/понижения тока,
- превышение/понижение температуры,
- защита от удара молнии,
- электростатическое рассеивание,
- защита предохранителями.

Дополнительная информация приведена в *ГОСТ Р 50571.3*, который имеет дело с защитой от поражения электрическим током применительно к низковольтным электрическим установкам.

В случае непреднамеренного обособления, чтобы уменьшить электрические риски, когда СНЭЭ подключена к сети, следует использовать совместно следующие два метода обнаружения обособления:

а) Пассивный метод

Событие, в котором фаза напряжения и частота изменяются внезапно при разбалансе выхода генерации электроэнергии и нагрузок в момент перехода к обособлению.

b) Активный метод

Событие, в котором колебание напряжения, частоты и сопротивления линии в результате отключения от сети становится заметным, является признаком обособления.

Если система не спроектирована специально и не разрешена работа при преднамеренном обособлении, когда такое состояние определяется, СНЭЭ должна автоматически отключаться от сети.

При планировании операций по техническому обслуживанию, перед проведением работ должен быть выполнен и документально оформлен анализ электрического изолирования затрагиваемых частей сети.

7.3.2 Защита от механических опасностей

Защита от механической травмы зависит от конкретной СНЭЭ. Основные меры защиты могут включать в себя:

- структурные требования к оболочке (закругленные края и углы, защита для предотвращения доступа к подвижным частям);
- блокирующее устройство безопасности для управления доступом к движущейся части;
- средство для остановки движения движущейся части;
- средство для стабилизации оборудования;
- прочные ручки;
- надежные крепежные средства;
- средства для удержания частей, высвободившихся во время взрыва или механического отказа.

7.3.3 Защита от других опасностей

7.3.3.1 Защита от взрыва

Сочетание наличия взрывоопасной среды и эффективного источника зажигания в качестве потенциального источника взрыва требует применения основных принципов предотвращения взрыва и защиты в следующем порядке:

a) предупреждение:

- избегайте или уменьшите взрывоопасность атмосферы; эта цель может в основном быть достигнута снижением концентрации либо горючего вещества до значения ниже диапазона взрыва, либо кислорода до значения ниже предельной концентрации кислорода (LOC);
- избегайте каких-либо возможных эффективных источников зажигания.

b) защита:

- остановка взрыва и/или ограничение диапазона до приемлемого уровня с помощью методов защиты, например изоляции, сброса, подавления и сдерживания. В отличие от двух мер, описанных в пункте a), здесь допускается взрыв.

Снижение риска может быть достигнуто путем применения только одного из вышеуказанных предупредительных или защитных принципов. Может применяться также сочетание этих принципов.

На первом месте всегда должно быть предотвращение образования взрывоопасной атмосферы.

Чем более вероятно возникновение взрывоопасной атмосферы, тем выше уровень мер по предотвращению возможных источников воспламенения.

Чтобы сделать выбор соответствующих мер, для каждого конкретного случая должны быть проведены оценки уменьшения риска.

При планировании мер по предотвращению взрыва и защиты должно быть уделено внимание нормальному режиму работы, который включает в себя запуск и выключение. Кроме того, должны быть приняты во внимание возможные технические неисправности, а также предсказуемое неправильное использование. Применение предупреждения взрыва и мер защиты требует глубоких знаний о фактах и достаточного опыта. Таким образом, желательно получить указания от компетентных лиц.

7.3.3.2 Защита от опасностей, возникающих от электрических, магнитных и электромагнитных полей

СНЭЭ должны быть интегрированы с оборудованием, которое удовлетворяет требованиям соответствующих стандартов, таких как *ГОСТ Р 51317 (все части)*, так что они имеют достаточный иммунитет против электрических, магнитных и электромагнитных помех, чтобы предотвратить опасность от их возникновения. Кроме того, должны быть приняты во внимание любые возможные изменения, вызванные уровнем интеграции.

Достаточная стойкость к ЭМС компонентов подтверждается в испытании ЭМС отдельных компонентов, но следует учитывать, что взаимодействия в системе могут усилить магнитные, а также электромагнитные помехи и могут привести к нарушению работы отдельных компонентов и связей между ними. Для достижения необходимой безопасности должно быть разработано и протестировано управление защитой СНЭЭ с учетом возможного наличия нарушений электромагнитной совместимости, которые могут возникнуть в среде, в которой находится СНЭЭ.

7.3.3.3 Защита от опасности пожара

Основная защита от пожара, вызванного электричеством состоит в том, что температура материала при нормальных условиях эксплуатации и в ненормальных условиях эксплуатации не должна вызывать воспламенения материала. Дополнительная защита от пожара, вызванного электричеством, состоит в снижении вероятности возгорания или, в случае возгорания, в уменьшении вероятности распространения огня.

Примеры мер профилактики и защиты включают в себя следующее:

- использование в конструкции материалов, которые являются не горючими, не воспламеняются и/или пониженной горючести/воспламеняемости, например материалов, замедляющих горение,

- устранение или сведение к минимуму риска перегрева с помощью анализа процессов технологических отклонений, которые могут привести к перегреву;

- в тех случаях, когда возможность пожара не может быть устранена, чтобы исключить или свести к минимуму риск получения травмы человеку и/или повреждение имущества, и/или нанесение ущерба окружающей среде, последствия этого пожара, в том числе пламени, тепла, дыма и т. д., должны быть ограничены, например, путем экранирования или использования оболочки накопителя;

- снижение риска может быть достигнуто путем соответствующего использования комплексных систем противопожарного обнаружения и пожаротушения (элементов безопасности), которые содержат устройства с функциями обнаружения, контроля, сигнализации и пожаротушения;

- запрограммированное выключение или аварийный останов накопителя и/или вспомогательного оборудования;

- изоляция пространства, защищаемого системой пожаротушения, например, ограждением или водяной завесой;

- предоставление всеобъемлющей и понятной документации пользователям для того, чтобы они могли поддерживать установки и оборудование противопожарной защиты в надлежащем и готовом к использованию состоянии и, в случае необходимости, инициировать требуемые противопожарные меры.

Уровень обнаружения и тушения пожаров, необходимый для СНЭЭ, зависит от размера, технологии и расположения установки системы, а также количества и расположения опасных веществ. Защита может быть простейшей, такой как инструкции по использованию подходящих средств пожаротушения, которые должны находиться в пределах местоположения, инструкции по установке и основным процедурам поддержания в чистоте и по безопасности, которые следует соблюдать, по установке систем пожаротушения в месте установки СНЭЭ.

В целях обеспечения соответствия требованиям пожарной безопасности и противопожарной защиты для защиты людей и имущества в соответствии с местными нормами и правилами, для того, чтобы определить уровень и тип обнаружения требуемой системы пожаротушения, должна проводиться оценка риска пожара установок СНЭЭ.

Установки СНЭЭ, которые должны быть обеспечены средствами пожаротушения, должны быть снабжены средствами обнаружения и тушения пожаров в соответствии с размещением системы (т. е. в помещении и т. д.), технологией накопления энергии и применимыми нормами, правилами и положениями по строительству и пожарной безопасности. Если система обнаружения и тушения пожара не поставляется как часть системы накопления энергии, в инструкции по монтажу и техническому обслуживанию СНЭЭ должно быть предусмотрено руководство по выбору и установке подходящих систем обнаружения и тушения пожара.

Дополнительная информация приведена в *ГОСТ Р 50571.4.42*, который имеет дело с защитой от тепловых эффектов, включая воспламенение и пожар, вызванные электроустановками.

7.3.3.4 Защита от температурных опасностей

В системе, которая содержит горячие части, должна быть обеспечена тепловая изоляция или соответствующие средства защиты для горячих частей.

Независимо от того, содержит ли система горячие детали или нет при нормальном режиме работы, в том случае, когда система отклоняется от нормальной работы, части системы могут разогреться. Такие детали должны быть определены на стадии проектирования. Должна быть предусмотрена защита и/или соответствующее обозначение.

Повышение температуры в связи с отклонением от нормальной работы должно постоянно контролироваться с помощью датчиков температуры и, в зависимости от уровня опасности для работника, должны быть обеспечены сигналы тревоги.

7.3.3.5 Защита от воздействия химических веществ

Основной защитой от вреда, причиняемого опасными веществами является удержание материала.

Дополнительная защита от травм, вызванных опасными веществами, может включать в себя:

- второй контейнер или контейнер с защитой от протекания достаточной емкости для хранения жидкости в СНЭЭ;
- удерживающие лотки;
- антивандальные винты для предотвращения несанкционированного доступа,
- инструкции о действиях при возникновении опасности;
- датчики и сигнализация;
- использование материалов, стойких к содержащимся химическим веществам.

Если существует возможность выброса токсичного газа, то необходимо предусмотреть меры, чтобы избежать его накопления. Меры, касающиеся накопления токсичного газа должны учитывать рельеф, конструкцию здания и физические характеристики газа. Частью этих мер могут быть устройства обнаружения токсичного газа и сигнализация. Кроме того, должно быть рассмотрено использование соответствующих СИЗ.

7.3.3.6 Защита от неподходящей для работы окружающей среды

a) Удаленное управление и автоматическое управление

СНЭЭ, которая имеет возможность управляться дистанционно, должна быть обеспечена средствами для отключения дистанционного управления для выполнения проверки или технического обслуживания. Использование систем дистанционного контроля и управления не должно приводить к опасным условиям, определенным с помощью системы анализа рисков, и они не должны иметь приоритет над управлением безопасностью на месте. Те же требования применяются для автоматического управления без участия человека, в ответ на возникновение заранее установленных условий.

b) Рабочее пространство

Должно быть обеспечено достаточное, в соответствии с местными нормами и правилами, рабочее пространство, которое может потребоваться для осмотра, регулировки, ремонта или обслуживания СНЭЭ и оборудования под напряжением. Вокруг СНЭЭ должно быть обеспечено и поддерживаться достаточное пространство, чтобы обеспечить быструю и безопасную эксплуатацию и техническое обслуживание такого оборудования.

c) Выход и защита от физических опасностей

СНЭЭ, которые расположены в огороженном месте вне помещений, должны быть снабжены по меньшей мере одним входом достаточного размера, чтобы обеспечить доступ к входу и выходу из рабочего пространства системы в соответствии с местными правилами и нормативно-правовыми актами.

Двери, предусмотренные для входа в СНЭЭ должны открываться в направлении выхода и быть оборудованы антипаниковыми решетками, нажимными плитами или другими устройствами, которые обычно закрыты, но открываются при простом давлении с внутренней стороны. Двери должны быть оборудованы замками для предотвращения доступа неквалифицированных лиц. Должны быть приняты достаточные меры, чтобы гарантировать, что никто не остался внутри перед запиранием двери с внешней стороны.

Входы в СНЭЭ должны быть обозначены предупреждающими знаками, запрещающими вход неквалифицированных лиц.

Области доступа внутри СНЭЭ должны быть сконструированы так, чтобы предотвратить возможность споткнуться, поскользнуться или упасть во время входа или выхода, или во время пребывания в системе. Поверхности и части внутри СНЭЭ, предусматривающей вход, должны быть разработаны, чтобы предотвратить случайную опасность для персонала внутри ограждения (например, от острых кромок, двигающихся частей, горячей поверхности и т. д.) посредством соответствующей защиты, электрической и тепловой изоляции, предостерегающих вывесок и надписей.

d) Предупреждение вредных выбросов и утечек

СНЭЭ не должны выпускать или давать протечек опасных или токсичных материалов в зонах доступа к СНЭЭ или в окружающую среду, в соответствии с местными нормами и правилами.

СНЭЭ, установленные в помещении, и контейнера комплектных СНЭЭ, в которые можно войти целиком, должны иметь достаточную вентиляцию для лиц, работающих со СНЭЭ, расположенных в помещениях или лиц, работающих внутри СНЭЭ.

Если на основании оценки риска установлена такая необходимость, должны быть обеспечены меры для обнаружения утечки и разлива жидкости, появления токсичных газов.

e) Задача освещения в СНЭЭ

Для всех рабочих пространств внутри СНЭЭ должно быть предусмотрено освещение. Светильники должны быть расположены таким образом, чтобы работник, осуществляющий замену ламп или производящий ремонт систем освещения, не подвергался опасности касания к токоведущим частям или другому оборудованию.

Аварийное освещение должно быть предусмотрено в соответствии с местными правилами.

7.4 Конструкция защиты от превышения тока

Конструкция защиты от превышения тока, которая включает в себя координацию расположения емкости и защиты, должна быть подтверждена расчетом.

Расчет следует документировать и поддерживать в документации системы.

Должны быть ссылки на соответствующие применимые документы МЭК.

7.5 Отключение и выключение СНЭЭ

7.5.1 Общие положения

Процедуры отключения и выключения имеют важное значение для обеспечения безопасности во время эксплуатации, планового технического обслуживания или ремонта неисправностей. Они зависят от конструкции СНЭЭ, используемых технологий (см. рисунок 6), размеров и причин для отключения и выключения. СНЭЭ должна допускать полное или частичное отключение, чтобы обеспечить проведение возможной требуемой операции, текущего обслуживания и надежную работу по ремонту неисправностей. Также должно быть обеспечено аварийное завершение работы.

Основными обстоятельствами, которые могут потребовать отключение СНЭЭ или некоторых из его компонентов, являются:

- очередное техническое обслуживание;
- неисправность подсистемы/компонента;
- внешние проблемы;
- обновления системы;
- окончание срока службы.

Отключение или частичное отключение может быть достигнуто на различных частях СНЭЭ:

- в точке подключения к сети;
- оборудовании переменного тока, включая трансформатор;
- устройстве отключения (УО);
- подсистеме преобразования энергии;
- генераторе;
- подсистеме накопления;
- вспомогательной подсистеме;
- более мелких частях в подсистемах.

В тех местах, где СНЭЭ имеет высокие уровни энергии или высокую запасенную энергию, могут потребоваться специальные меры предосторожности. Процедура отключения или выключения не должна приводить к тому, что СНЭЭ становится небезопасной.

Как показано на рисунке 6, отключающие устройства (УО) расположены по-разному для различных технологий. Конкретная последовательность открытия УО зависит от технологии.

7.5.2 Отключенное от сети состояние СНЭЭ

В отключенном от сети состоянии СНЭЭ будет электрически отделена от соединения с местной сетью. СНЭЭ должна быть снабжена устройством разъединения, которая разъединяет незаземленные провода между первичной подсистемой СНЭЭ и основной точкой подключения накопителя (ТПН) с сетью. Если не указано непосредственно на СНЭЭ, в инструкции по установке должна быть представлена информация, содержащая:

- тип и номинал УО;
- что УО должны быть расположены там, где они доступны и в зоне видимости на СНЭЭ, а также
- что УО должны быть снабжены маркировкой/табличками, на которых должны быть указаны:
- нормируемые параметры СНЭЭ, а также
- возможное значение тока короткого замыкания.

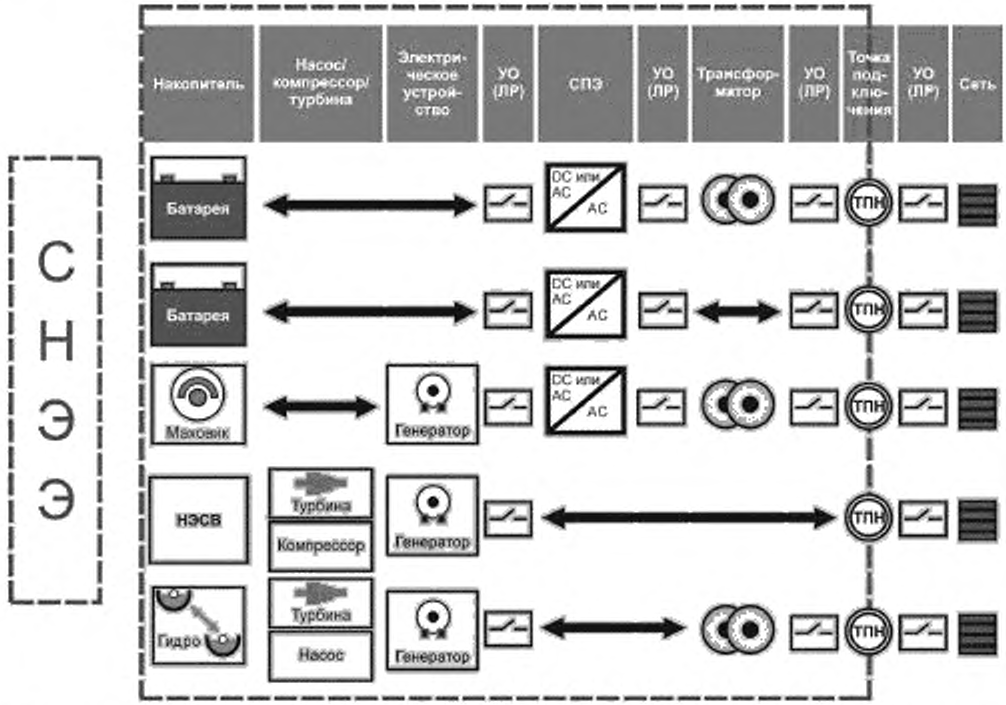
7.5.3 Состояние останова СНЭЭ

Когда СНЭЭ отключена и подсистема накопления не подключена к системе преобразования энергии, СНЭЭ считается находящейся в состоянии останова. В этом состоянии СНЭЭ может быть под напряжением и обычно не может быть обесточена без серьезных повреждений. В состоянии останова часть вспомогательной подсистемы остается запитанной, поскольку она поддерживает важные подсистемы для обеспечения безопасности и контроля.

7.5.4 Выключение СНЭЭ

Выключение СНЭЭ — это команда для перевода СНЭЭ в состояние останова.

Как определено при анализе рисков системы, СНЭЭ должна быть снабжена устройствами как для нормального, так и аварийного отключения.



НЭСВ — накопитель энергии на сжатом воздухе; СПЭ — система преобразования энергии; УО — устройство отключения; ЛР — линейный разъединитель

Рисунок 6 — Примеры различных архитектур СНЭЭ

Условия, которые могут быть безопасно контролируемы или которые не представляют непосредственной опасности, могут быть исправлены с помощью завершения работы СНЭЭ нормальным выключением.

Когда напряжение, ток, температура, давление или скорость вращения и т. д. превышает предел безопасности, может произойти опасное событие. Оно может быть результатом неисправности в компоненте системе или ошибки связи и т. д. Ненормальные условия эксплуатации, которые могут вызвать опасное событие, должны быть идентифицированы и обработаны, чтобы инициировать аварийное отключение. При приведении в действие СНЭЭ, как ожидается, вернется к безопасному состоянию. Функция выключения СНЭЭ, в том числе аварийной остановки, должна быть обеспечена устройствами, способными произвести скоординированное отключение всех необходимых частей системы, а также оборудования уровня выше и/или ниже системы, если продолжение работы может быть опасным.

СНЭЭ отключается с помощью соответствующего выключающего устройства (устройств) или других альтернативных мер.

7.5.5 Кибербезопасность

Кибербезопасность важна не только для удаленного контроля, но и для системы, подключенной к интернету. За дополнительными инструкциями обратитесь к соответствующим стандартам.

7.5.6 Частичное отключение

Там, где это возможно, конструкция СНЭЭ может разрешить отключение составных частей СНЭЭ отдельно. Для тех, кто работает в СНЭЭ должна быть возможность отключить только те части, с которыми они будут работать, чтобы обеспечить к ним безопасный доступ. Тем не менее, следует уделять особое внимание рискам, связанным с отдельными системами, находящимися рядом с теми, с которыми ведется работа. В случае надлежащим образом спроектированных нескольких подсистем накопления, отдельные подсистемы могут быть отключены для безопасной работы, в то время как СНЭЭ может оставаться в рабочем состоянии.

Кроме того, в случае маховичного накопителя, допускается остановить его, передав энергию в сеть или другим устройствам в системе. Эта процедура будет способствовать минимизации времени нахождения системы в опасной ситуации.

Для некоторых СНЭЭ, где трудно обесточить подсистему накопления (например, систему накопления энергии на основе батарей), следует соблюдать осторожность при разработке системы, чтобы свести к минимуму опасность.

7.5.7 Руководство для оборудования аварийного отключения

a) Чтобы избежать опасных ситуаций, которые, как определено путем анализа риска в системе, не могут быть исправлены с помощью других элементов управления, в СНЭЭ должна быть обеспечена функция аварийного останова. Эта функция должна:

- остановить опасную ситуацию без создания дополнительных опасностей,
- при необходимости инициировать или разрешать запуск определенных защитных действий,
- переопределить все другие функции и операции во всех режимах,
- предотвратить сброс на инициирование перезагрузки,
- быть оснащена блокировками перезапуска таким образом, чтобы новая команда запуска могла вступить в силу,
- вернуться к нормальной работе только после того, как блокировки перезапуска были сознательно сброшены.

b) Средства ручного аварийного останова

Средства ручного аварийного останова, если они требуются по анализу риска, должны быть обозначены, ясно видны и доступны в соответствии с нормативным документом[1)].

c) Функции управления в случае выхода из строя системы контроля и управления

В случае неисправности в логике системы контроля и управления или выхода из строя, или повреждения аппаратных средств системы контроля и управления:

- если аварийная команда останова уже была дана, то СНЭЭ не должна допускать прерывания последовательности ее отключения,
- защитные устройства должны оставаться полностью эффективными,
- СНЭЭ не должна повторно подключиться/перезагрузиться непреднамеренно.

Когда защитное устройство или устройство блокировки вызывает аварийный останов СНЭЭ по причинам безопасности, это условие должно быть передано в логику системы контроля и управления. Сброс функции отключения не должен инициировать какие-либо опасные условия. Системы управления/контроля, которые могут работать безопасно в опасной ситуации, могут быть оставлены под напряжением, чтобы обеспечить информацию о системе.

7.6 Профилактическое техническое обслуживание

Для предотвращения непредвиденных состояний важны схемы профилактического обслуживания. Чтобы эффективно проводить профилактическое обслуживание, важно регулярно контролировать систему, и в большинстве случаев это делается удаленно.

Контроль частоты предупреждений о параметрах СНЭЭ, таких как эффективность системы или температура, может быть ранним признаком неисправности подсистемы и/или компоненты.

Чтобы проверять, безопасна ли система, следует рассмотреть возможность внедрения системы удаленного мониторинга. Данные, предоставляемые СНЭЭ автоматически или через запрос, могут помочь оценить состояние работоспособности и оставшийся срок службы ее компонентов. Диагностика осуществляется путем контроля изменения емкости или изменений в эволюции измеряемых параметров. Эти данные могут быть своевременно переданы через информационную сеть.

В случае удаленного контроля, надежность контролируемого значения имеет важное значение для поддержания безопасности СНЭЭ. Следует рассматривать обнаружение неисправности измерительной системы и ошибки измеренного значения.

Для работы без присмотра, СНЭЭ должна иметь возможность контролировать и обнаруживать аномальные условия и автоматически входить в безопасное состояние без необходимости вмешательства оператора.

7.7 Обучение персонала

Хорошо обученный персонал значительно повышает безопасность при работе. Любое отклонение от желаемого процесса может быть обнаружено и, следовательно, исправлено более быстро.

[1)] См. [5].

Персонал должен быть обеспечен обучением, которое информирует их об опасностях на рабочем месте, и защитных мерах, которые должны быть приняты. Это обучение должно объяснить, каким образом возникают различные виды опасности и в каких местах на рабочем месте они присутствуют. Должны быть перечислены принимаемые меры и объяснено их действие. Должен быть объяснен правильный способ работы с имеющимся оборудованием. Рабочие должны быть проинструктированы о безопасных методах работы или работы вблизи опасных мест. Оно также включает в себя объяснение смысла всех возможных предупредительных маркировок или маркировок опасных мест, а также указание, какое мобильное оборудование может быть там использовано. Работники также должны быть проинструктированы, какие СИЗ они должны носить на работе внутри СНЭЭ и рядом с ней. Во время тренировки доступные инструкции по эксплуатации должны быть закрыты.

Работники должны проходить обучение:

- перед тем, как первоначально начать работу на СНЭЭ;
- когда рабочее оборудование будет введено в первый раз или изменено;
- когда будет введена новая технология.

Обучение работников должно повторяться через соответствующие интервалы. Следует проверять уровень усвоения материала персоналом.

Обязанность по прохождению обучения также распространяется на сотрудников внешних подрядчиков. Обучение должно проводиться компетентным лицом. Записи должны храниться в письменной форме с информацией о дате, содержании учебных мероприятий и участниках.

7.8 Безопасность конструкции

7.8.1 Общие положения

СНЭЭ должны работать в течение назначенной ожидаемой продолжительности жизни при условии, что они эксплуатируются надлежащим образом. Во время этой продолжительности жизни на работу СНЭЭ, скорее всего, будут влиять различные факторы, часть из которых приведена ниже:

- изменения компонентов использованной технологии;
- местные факторы окружающей среды;
- рыночные условия;
- новые нормативно-правовые акты.

Влияние этих факторов на СНЭЭ не должно ставить под угрозу ее безопасную эксплуатацию. Для обеспечения этого, когда происходят изменения, может потребоваться проведение пересмотра конструктива, связанного с безопасностью. Также пересмотр конструкции СНЭЭ может быть необходим, если становится доступной другая информация, например такая как:

- опыт эксплуатации;
- отказ компонентов;
- отказ программного обеспечения;
- проблемы, присущие конструкции.

На рисунке 7 показан этот процесс в течение срока службы СНЭЭ.



Рисунок 7 — Первоначальная безопасность конструкции и пересмотр конструкции

7.8.2 Первоначальная безопасность конструкции и последующий пересмотр конструкции

Первоначальная безопасность конструкции делается в начале разработки всей системы. Если система претерпевает какие-либо изменения, то при наличии возможности влияния внесенных изменений на безопасность, проверка безопасности конструкции должна проводиться вновь. При этом вновь должны проводиться анализ рисков и FMEA.

7.8.3 Пересмотр конструкции для незначительных и существенных изменений системы

Когда система претерпевает незначительные изменения, анализ риска, возможно, включающий в ограниченном виде FMEA, является более практичным. Когда происходят существенные изменения, например, такие как увеличение общей емкости накопления и большие изменения в окружающей среде, при проведении FMEA следует принимать во внимание, не только саму систему, но и граничные области между системой и окружающей средой.

8 Испытание системы

8.1 Общие положения

Для того, чтобы подтвердить конструкцию СНЭЭ и надлежащее осуществление и функциональность механизмов безопасности, определенных в FMEA, должна быть оценена реакция системы на потенциальные условия неисправностей. Проверка и подтверждение деталей должны определяться на основе FMEA на уровне системы. Кроме того, СНЭЭ должна иметь систему, отвечающую за безопасность (SRS), например по *ГОСТ Р МЭК 61508-1*.

Пример СНЭЭ с подсистемой контроля и управления показан на рисунке 8.

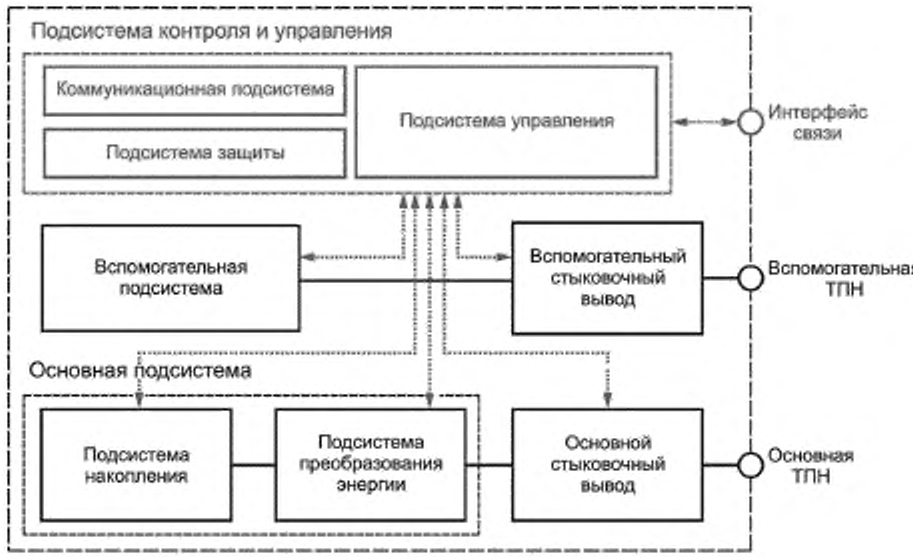


Рисунок 8 — Архитектура СНЭЭ в двух основных конфигурациях, лист 1

СНЭЭ включает основную, вспомогательную подсистему и подсистему контроля и управления, как показано на рисунке 8. Каждая подсистема содержит различные компоненты. Также в СНЭЭ существуют внутренние линии связи между этими компонентами, линии контролирующих и управляющих сигналов.

Эти компоненты СНЭЭ могут быть разработаны, проверены и подтверждены на основе других стандартов МЭК. Например, система накопления энергии на основе литий-ионных батарей может удовлетворять требованиям *ГОСТ Р МЭК 62619*, но надо иметь в виду, что могут появиться риски из-за системной интеграции.



Рисунок 8, лист 2

Так, например, электромагнитное излучение, индуцированное системой преобразования энергии, может привести к неисправности центрального процессора, управляющего накоплением энергии и повлиять на работу устройства накопления энергии. Устойчивость к излучению компонентов СНЭЭ может удовлетворять требованиям *ГОСТ Р 51317 (все части)*, но есть некоторая вероятность того, что один из компонентов системы может отказать из-за излучения, вызванного подсистемой преобразования энергии. Кроме того, может произойти также случайная неисправность компонентов. Следует проверить, что неисправность компонентов системы и связи не влияют на безопасность людей на уровне системны.

Испытательное оборудование, аппаратура или условия окружающей среды в месте испытаний должны быть подходящими для целей испытаний, возможных результатов испытаний, размеров выборки и функционирования.

Должны быть предусмотрены соответствующие СИЗ, стандартные рабочие процедуры и средства для защиты персонала во время испытаний.

Должны быть предусмотрены стандартные процедуры для безопасного хранения, обращения, эксплуатации, испытаний и утилизации образцов испытаний.

Образцы, используемые для испытаний, должны быть репрезентативными образцами продукции. Испытания может проводиться на подузлах, если доказано, что они являются представителями полной СНЭЭ для удовлетворения конкретных целей испытания.

8.2 Неисправности вспомогательной системы

Когда питание управления прерывается, механизмы защиты системы могут работать неправильно. Выходы управления с более низким или высоким, чем допустимо, напряжением, могут влиять на устройства и компоненты, обеспечивающие безопасность системы. Следующие пункты должны быть рассмотрены в FMEA и испытаниях на уровне системы. Условия неисправностей вспомогательной системы, касающиеся безопасности, такие как отмеченные ниже, должны быть проверены FMEA:

1) полная потеря питания управления;
2) частичная потеря питания управления;
3) временная потеря питания управления;
4) напряжение питания управления превышает допустимый уровень напряжения;
5) напряжение питания управления падает ниже допустимого уровня напряжения;
6) неисправность системы охлаждения;

7) другие неисправности вспомогательной подсистемы;

8) временная потеря входных данных управления.

При испытаниях всех условий, функциональные возможности системы безопасности не должны быть снижены и должны реагировать в соответствии с ожидаемыми по FMEA результатами.

8.3 Неисправности подсистемы контроля и управления СНЭЭ

Когда подсистема контроля и управления СНЭЭ предоставляет неправильную информацию управления блоку обработки подсистемы преобразования энергии, СНЭЭ может быть повреждена и перейти в небезопасное состояние. Условия неисправности системы управления, касающиеся безопасности, такие как сбой управления системы контроля и управления СНЭЭ, должны быть проверены FMEA.

При испытаниях всех условий функциональные возможности системы безопасности не должны быть снижены и должны реагировать в соответствии с ожидаемыми по FMEA результатами.

8.4 Неисправности внутренней связи СНЭЭ

Когда внутренняя линия связи оборвана или замкнута накоротко, или, когда управляющий сигнал от внешней линии нарушается, СНЭЭ может работать не должным образом. Условия неисправностей внутренних линий связи, касающиеся безопасности, такие как отмеченные ниже, должны быть проверены FMEA:

1) внутренняя линия связи разорвана;

2) внутренняя линия связи закорочена;

3) внутренняя линия связи нарушена.

При испытаниях всех условий, функциональные возможности системы безопасности не должны быть снижены и должны реагировать в соответствии с ожидаемыми по FMEA результатами.

8.5 Неисправности внешней связи СНЭЭ

Есть ряд факторов, которые могут повлиять на безопасное функционирование СНЭЭ и которые изложены ниже. Эти факторы должны быть рассмотрены в процессе проектирования; должны быть выполнены FMEA и испытания на уровне системы, чтобы гарантировать, что СНЭЭ находится в безопасном состоянии в каждом из случаев:

1) внешняя линия связи оборвана;

2) внешняя линия связи закорочена;

3) внешняя линия связи нарушена.

При испытаниях всех условий функциональные возможности системы безопасности не должны быть снижены и должны реагировать в соответствии с ожидаемыми по FMEA результатами.

9 Рекомендации и руководства

9.1 Руководство пользователя

Руководство пользователя должно содержать, по крайней мере, следующие части:

- общее описание характеристик установки;
- основные правила безопасности, включая информацию о соответствующих СИЗ, необходимых для выполнения различных задач;
- инструкция по установке;
- инструкции по вводу в эксплуатацию;
- инструкции для интерфейса управления;
- техническое обслуживание и устранение неисправностей;
- вывод из эксплуатации и утилизация.

9.2 Руководство по действиям в случае аварии

Руководство по действиям в случае аварии должно содержать по крайней мере следующую информацию:

- для прогнозируемых условий или событий, которые могут быть значительными в случае крупной аварии, описание действий, которые необходимо предпринять для контроля условий или событий и для ограничения их последствий, включая описание оборудования для обеспечения безопасности и имеющихся ресурсов;

- меры по ограничению рисков для лиц на месте, в том числе информация о том, как следует давать предупреждения, и о действиях, которые люди должны совершать при получении предупреждения (директивы первому ответившему, план экстренной эвакуации);

- меры по обеспечению раннего предупреждения об инциденте органу, ответственному за приведение в действие внешнего чрезвычайного плана, тип информации, которая должна содержаться в первоначальном предупреждении, и меры по предоставлению более подробной информации по мере ее поступления;

- где это необходимо, меры по обучению персонала по выполнению обязанностей, которые они должны выполнять, и, в случае необходимости, по координации действий со службами экстренной помощи вне площадки.

9.3 Руководство по первоочередным действиям

Руководство по первоочередным действиям должно описывать методы и общие шаги по снижению последствий пожара:

- должны быть разработаны конкретные процедуры или инструкции для конкретного участка, четко обозначены роли и обязанности для определения лиц, необходимых для выполнения указанных действий или шагов;

- должна быть описана работа автоматической системы пожаротушения и какие должны быть приняты меры предосторожности при срабатывании.

9.4 Рекомендации по средствам индивидуальной защиты

Инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию должны включать информацию о соответствующем СИЗ, требуемом для выполнения различных задач. Области внутри и вокруг СНЭЭ, требующие специальных мер защиты от дуговой вспышки и опасности поражения электрическим током, должны быть снабжены предупредительными вывесками для определения опасностей и необходимых мер предосторожности.

Приложение А
(справочное)

Основные риски различных технологий накопления

А.1 Гидроаккумулирующие электростанции

ГАЭС представляет собой особый тип гидроэлектростанции. Эти установки имеют два взаимосвязанных водохранилища, расположенных на разных высотах. Во время внепиковых часов вода накачивается в верхний резервуар для накопления энергии. Затем, в периоды высокого потребления электроэнергии, вода выпускается, проходит через водяные турбины в нижний резервуар производя электроэнергию.

Основные сценарии риска ГАЭС приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Основные сценарии риска гидроаккумулирующих электростанций

Причины	Центральные события	Опасность	Последствия
Землетрясение, оползень, просачивание воды, которое может привести к повреждению структуры (дамбы или насыпи)	Разрыв или нарушение в структуре плотины или водохранилища. Разрыв дренажного устройства, трубы, турбины или электрической машины	1 Формирование волны паводка. 2 Резкое увеличение потока вниз по течению	Смертельные потоки сметают людей. Утопление людей. Затопление имущества
Лавина, вызывающая резкое повышение уровня воды			
Внешняя агрессия на плотине или водохранилище (растительность, столкновение транспортных средств или машин, роющая фауна)			
Внутренняя авария плотины или водохранилища (коррозия, эрозия дна водой, повреждение облицовки)			
Эффект домино при разрыве восходящей плотины			
Исключительное наводнение, превышающее разрешенный уровень			
Превосходящий поток наполнения с недостаточным потоком оттока			
Нагнетание, вызывающее переполнение верхнего резервуара			
Неисправность механических деталей (коррозия, старение, потеря уплотнения и т. п.)			

А.2 Маховик

Маховик хранит энергию в виде кинетической энергии. В качестве средства накопления служит колесо со значительной массой на ободе. Когда энергия должна быть накоплена, скорость вращения колеса увеличивается, а когда запасенная энергия должна быть выпущена, скорость вращения колеса уменьшается. Преобразование электрической энергии в механическую осуществляется с помощью электрической машины, которая может функционировать как в качестве двигателя, так и в качестве генератора.

Основные сценарии риска маховиков приведены в таблице А.2.

Таблица А.2 — Основные сценарии риска маховика

Причины	Центральные события	Опасность	Последствия
Превышение скорости из-за дефекта инвертора частоты	Усталость материала из-за чрезмерного напряжения. Дисбаланс ротора. Распад ротора. Отсутствие ротора	1 Оборудование подвержено риску внезапного (резкого) отказа без предупреждения. 2 Повышенная вибрация, перегрев подшипников, износ материала. 3 Пожар (ротор из композитных материалов), высокая скорость разлетающихся частей (все роторы), мощное разрушение оборудования (все роторы). 4 Мощное разрушение оборудования, разлетающиеся части, пожар	Болезни, травмы или смерть. Повреждения зданий. Поломка системы
Повреждение датчиков			
Прерывание управляющих команд			
Недостаточное тепловое рассеяние			
Внешний тепловой поток			
Неисправность вакуумного насоса или вакуумной линии			
Поступление воздуха, вызванное пробивкой корпуса (коррозия, разрыв)			
Неисправность магнитного подвеса подшипников			
Короткое замыкание в моторе/генераторе			

А.3 Вторичные батареи

Коммерчески доступные технологии батарей, используемые в больших системах накопления, включают свинцово-кислотные, NiCd, NiMH, Li-ионные, Li-металлические, натрий-серные (NaS), натрий-никель хлоридные (NaNiCl) и проточные батареи.

Основные сценарии риска вторичных батарей (фокусировка на одном их типе), приведены в таблице А.3.

Таблица А.3 — Пример основных сценариев риска для литий-ионных батарей

Причины	Центральные события	Опасность	Последствия
Внутренние повреждения аккумулятора (перезаряд, переразряд, внешнее короткое замыкание, внутреннее короткое замыкание, повышение температуры, потеря герметичности)	Тепловой разгон аккумулятора или группы аккумуляторов, сопровождающийся: - повышением температуры; - увеличением давления; - потерей герметичности, - каскадным распространением на другие аккумуляторы и модули	1 Взрыв оболочки аккумулятора, вызванный повышением внутреннего давления и влияния температуры. 2 Химические выбросы: - выпуск токсичных газов; - выпуск горячего, легковоспламеняющегося, коррозионного газа; - течь токсичных жидких веществ (электролита). 3 Пожар: - горение компонентов	Эффект взрыва. Тепловые эффекты. Выброс мусора. Огонь с выделением токсичных и коррозионно-агрессивных выбросов. Разброс опасных химических веществ. Потеря изоляции (например, оболочки кабеля) и электрические короткие замыкания
Распространение электрических эффектов между аккумуляторами в одной и той же сборке вслед за отказом первого аккумулятора			
Недостаточное рассеивание тепла в корпусе сборки			
Внешнее механическое воздействие на корпус			
Воздействие теплового потока на корпус при аварии			
Сброс через клапан аккумулятора в сборке			

А.4 Водород и синтетический природный газ

Типичная система накопления с использованием водорода состоит из электролизера, резервуара для хранения водорода и топливного элемента. Электролизер представляет собой электрохимический конвертер, который расщепляет воду с помощью электричества на водород и кислород. Процесс эндотермический, то есть во время реакции тепло потребляется. Водород хранится под давлением в газовых баллонах или резервуарах, и это может быть сделано в течение практически неограниченного времени, или в виде криогенной жидкости. Водород может храниться в абсорбированном или адсорбированном состоянии в твердых веществах или в результате химической реакции. Для выработки электроэнергии, оба газа подаются в топливный элемент, где происходит электрохимическая реакция, которая является обратной расщеплению воды: водород и кислород реагируют с образованием воды, при этом выделяется тепло и генерируется электричество. По экономическим и практическим причинам кислород не хранится, он выбрасывается в атмосферу при электролизе, а для выработки электроэнергии кислород берут из воздуха.

Основные сценарии рисков для систем накопления на основе водорода приведены в таблице А.4.

Таблица А.4 — Основные сценарии рисков для систем накопления на основе водорода

Причины	Центральные события	Опасность	Последствия
Механический удар Водородное охрупчивание/ коррозия, вызывающая деградацию и механические повреждения Усталость и отказ при повторяющихся эффектах теплового расширения Внешний тепловой поток Деградация стенки контейнера Избыточное давление в результате сбоя контролирующих устройств Деградация при низкой температуре и старение материалов Снижение характеристик тепловой изоляции Переполнение резервуара в результате сбоя контролирующих устройств Слабый контроль экзотермических реакций в циклах абсорбции и десорбции	Повышения давления в сосуде. Потери герметичности: - утечка жидкого или газообразного водорода; - разрушение резервуара. Реакция гидрида с воздухом или водой. Разбрасывание частиц гидрида в присутствии водорода	Возможно формирование взрывоопасной среды вблизи утечки или в местном замкнутом пространстве. 1 Воспламенение в присутствии источника зажигания: - струя огня. 2 Задержка воспламенения в присутствии источника зажигания: - взрыв воздушно-водородной смеси (тепловые эффекты, выброс обломков, взрывная волна). 3 Быстрый фазовый переход: - физический взрыв. 4 Воспламенение гидридов при контакте с водой. 5 Гибридный взрыв газа и порошка	Тепловые эффекты. Эффект взрывной волны. Выброс обломков. Риск недостатка кислорода в условиях замкнутого пространства. Криоожог

А.5 Другие технологии СНЭЭ

Существуют и другие технологии СНЭЭ, которые не перечислены здесь.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном документе

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего международного стандарта
ГОСТ Р 27.302	NEQ	IEC 61025:2006 «Анализ дерева отказов (FTA)»
ГОСТ Р 50571.3 (МЭК 60364-4-41:2005)	IDT	IEC 60364-4-41:2005 «Низковольтное оборудование. Часть 4-41. Защита для безопасности — Защита от поражения электрическим током»
ГОСТ Р 50571.4.42 (МЭК 60364-4-42:2010)	IDT	IEC 60364-4-42:2010 «Низковольтное оборудование. Часть 4-42. Защита для безопасности — Защита от тепловых эффектов»
ГОСТ Р 51317 (МЭК 61000) (все части)	MOD	IEC 61000 (все части) «Электромагнитная совместимость (ЭМС)»
ГОСТ Р 51901.11 (МЭК 61882:2001)	MOD	IEC 61882:2001 «Изучение опасности и работоспособности (исследования HAZOP) — Руководство по применению»
ГОСТ Р 51901.12 (МЭК 60812:2006)	MOD	IEC 60812:2006 «Методы анализа надежности системы — Процедура анализа отказов и эффектов (FMEA)»
ГОСТ Р 58092.1 (МЭК 62933-1:2018)	NEQ	IEC 62933-1:2018 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Часть 1. Термины и определения»
ГОСТ Р МЭК 61508 (все части)	IDT	IEC 61508 (все части) «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью»
ГОСТ Р МЭК 62619	IDT	IEC 62619:2017 «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Требования безопасности для литиевых аккумуляторов и батарей для промышленных применений»

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:
- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты;
- NEQ — неэквивалентные стандарты.

Библиография

[1] МЭК 60050-192:2015 (IEC 60050-192:2015) Международный электротехнический словарь. Часть 192. Надежность (International Electrotechnical Vocabulary — Part 192: Dependability)

[2] МЭК 60050-903:2013 (IEC 60050-903:2013) Международный электротехнический словарь. Часть 903.Оценка риска (International Electrotechnical Vocabulary — Part 903: Risk assessment)

[3] МЭК 60050-351:2013 (IEC 60050-351:2013) Международный электротехнический словарь. Часть 351. Автоматическое управление (International Electrotechnical Vocabulary — Part 351: Control technology)

[4] МЭК 60050-651:2014 (IEC 60050-651:2014) Международный электротехнический словарь. Часть 651. Работа под напряжением (International Electrotechnical Vocabulary — Part 651: Live working)

[5] ИСО 13850:2015 (ISO 13850:2015) Безопасность машин. Функция аварийного останова. Принципы проектирования (Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design)

УДК 621.355:006.354 621.311	ОКС 13.020, 27.010, 29.020, 29.220, 29.240	ОКП 27.1, 27.2, 35.1

Ключевые слова: система накопления, накопитель, аккумулятор, батарея аккумуляторная, батарея литий-ионная, безопасность

БЗ 5—2018/87

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Ю. Митрофанова*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 31.05.2018. Подписано в печать 21.06.2018 Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 4,18.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 123001 Москва, Гранатный пер., 4
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru