ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 61427-2— 2016

АККУМУЛЯТОРЫ И АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Общие требования и методы испытаний

Часть 2

Сетевое применение

(IEC 61427-2:2015, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Некоммерческой организацией «Национальная ассоциация производителей источников тока «РУСБАТ» (Ассоциация «РУСБАТ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, 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 12 октября 2016 г. № 1380-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 61427-2:2015 «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи для возобновляемых источников энергии. Общие требования и методы испытаний. Часть 2. Сетевое применение» (IEC 61427-2:2015 «Secondary cells and batteries for renewable energy storage — General requirements and methods of test — Part 2: On-grid applications», IDT)

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 23 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, 2016

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 1
4 Общие замечания 6
5 Общие условия испытаний 7
6 Выносливость батарей 12
7 Свойства батарей и электрические характеристики 23
Приложение А (справочное) Аспекты опасности батарей 37
Библиография 39

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АККУМУЛЯТОРЫ И АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Общие требования и методы испытаний

Часть 2

Сетевое применение

Secondary cells and batteries for renewable energy storage. General requirements and methods of test. Part 2. On-grid applications

Дата введения — 2017—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на аккумуляторы и аккумуляторные батареи, используемые в приложениях систем хранения электрической энергии (СХЭЭ), эксплуатируемых в сети, и содержит методы испытаний для проверки их рабочих характеристик, выносливости и других свойств.

Поскольку методы испытаний не зависят от электрохимической системы, настоящий стандарт распространяется на все типы аккумуляторов и аккумуляторных батарей сетевого применения.

Сетевое применение характеризуется тем, что батареи подключены через устройства преобразования энергии к региональной, государственной или общеконтинентальной электросети и выступают в качестве мгновенных источников и потребителей энергии для стабилизации параметров сети при неожиданной подаче большого количества электрической энергии от возобновляемых источников энергии.

Настоящий стандарт не распространяется на устройства преобразования энергии и устройства, обеспечивающие взаимосвязь с другим оборудованием.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки не использованы.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **точность** (измерительного инструмента) (accuracy of a measuring instrument): Качество, которое характеризует способность измерительного инструмента обеспечить показание величины, близкой к ее истинному значению.

Примечания

1 Этот термин использован в понятии истинного значения.

2 Точность тем выше, чем показанное значение ближе к истинному значению.

[МЭК 60050-311:2001, статья 311-06-08]

3.2 **класс точности** (accuracy class): Метрологическая характеристика прибора, определяющая допустимые значения основных и дополнительных погрешностей, влияющих на точность измерения.

[МЭК 60050-311:2001, статья 311-06-09]

3.3 **температура окружающей среды** (ambient temperature): Средняя температура воздуха или другой среды около оборудования.

Издание официальное

Примечание — В процессе измерения температуры окружающей среды измерительный прибор (зонд) должен быть экранирован от сквозняков и нагрева излучением.

[МЭК 60050-826:2004, статья 826-10-03]

3.4 **температура окружающей среды максимальная** (для работы батареи) (ambient temperature maximum for battery operation): Значение верхнего диапазона температуры окружающей среды, при котором батарея работоспособна и соответствует установленным требованиям.

[МЭК 60050-426:2008, статья 426-20-17]

3.5 **температура окружающей среды минимальная** (для работы батареи) (ambient temperature minimum for battery operation): Значение нижнего диапазона температуры окружающей среды, при котором батарея работоспособна и соответствует установленным требованиям.

[МЭК 60050-426:2008, статья 426-20-20, в определении слова «кабельная система обогрева» заменены на «батарея»]

3.6 **ампер-час** (ampere-hour): Внесистемная единица измерения электрического заряда, используемая для характеристики емкости аккумуляторов.

Примечание — В международной системе единиц СИ электрический заряд или количество электричества выражают в Кулонах (1 Кл = 1 А·с), но на практике вместо понятия электрический заряд для источников тока используют эквивалентное понятие «емкость», которую выражают в этом случае в Ампер-часах (А·ч).

3.7 **батарея** (battery): Два или более элемента, оборудованные устройствами, необходимыми для использования, например: корпусом, клеммами, и устройствами защиты, и имеющие маркировку.

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-01-04, в определении слово «одно» заменено на «два»]

3.8 **система контроля и управления батареи;** СКУ, **блок контроля и управления;** БКУ (battery management system; BMS, battery management unit; BMU): Электронная система, связанная с батареей, которая контролирует и/или управляет ее состоянием, рассчитывает вторичные данные, сообщает эти данные и/или контролирует окружающую среду для воздействия на характеристики и/или срок службы батареи.

Примечания

1 Функцию системы контроля и управления батареи может полностью или частично выполнять сама аккумуляторная батарея и/или оборудование, которое ее использует.

2 СКУ иногда также называют БКУ.

3.9 **режим ожидания** (батарейной системы) (idle state battery system): Состояние батарейной системы, при котором она полностью функциональна, но не активна, не передает или не поглощает энергию.

Примечания

1 Такая система может передавать и поглощать энергию по требованию приложения с нужным ему временем реакции.

2 Время реакции изменяется в диапазоне от нескольких миллисекунд до нескольких секунд.

3.10 **система батареи вспомогательная;** СБВ (battery support system; BSS): Группа взаимосвязанных и взаимодействующих частей, которые выполняют существенную задачу в качестве компонента системы батарей.

Примечание — Примерами таких систем являются емкости для хранения электролита, насосы для его циркуляции, устройства нагрева и охлаждения, отвода выделяющихся газов и жидкостей, системы пожаротушения, барьеры безопасности, стеллажи и подобные объекты.

3.11 **емкость** (аккумуляторов и батарей) (capacity of cells and batteries): Количество электрического заряда, который элемент или батарея может отдать при определенных условиях разряда.

Примечание — В международной системе единиц СИ электрический заряд или количество электричества выражают в Кулонах (1 Кл = 1 А·с), но на практике емкость выражают главным образом в Ампер-часах (А·ч).

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-03-14, в определении добавлено слово «количество»]

3.12 **заряд** (аккумуляторов, аккумуляторных батарей) (charging of a battery): Процесс, во время которого аккумулятор или аккумуляторная батарея получает электрическую энергию от внешней цепи, в результате происходят химические изменения внутри аккумулятора и получаемая электрическая энергия сохраняется в виде химической энергии.

Примечание — Процесс заряда зависит от максимального напряжения, тока, продолжительности и дополнительных условий, указанных изготовителем.

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-05-27, добавлено примечание]

3.13 **заряд при постоянной мощности** (аккумуляторов, аккумуляторных батарей) (constant power charge of a battery): Вид заряда, для проведения которого подаваемая мощность, т. е. произведение тока и напряжения заряда, остается постоянной, а значения тока и напряжения свободно изменяются в соответствии с поляризационными эффектами батареи.

3.14 **разряд** (аккумулятора, батареи) (discharge of a battery): Процесс, при котором электрическая энергия источника тока (химического) при определенных условиях выдается во внешнюю электрическую цепь; электрическая энергия вырабатывается в аккумуляторе.

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-03-23]

3.15 **разряд при постоянной мощности** (аккумуляторных батарей) (constant power discharge of a battery): Вид разряда, при проведении которого разрядная мощность, т. е. произведение тока и напряжения разряда, поддерживается постоянной, а значения тока и напряжения свободно изменяются в соответствии с поляризационными эффектами батареи.

3.16 **электролит** (electrolyte): Вещество, содержащее подвижные ионы, которые обеспечивают ионную проводимость.

Примечание — Электролит может быть жидким, твердым или гелеобразным.

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-02-29]

3.17 **выносливость** (аккумуляторов, батарей) (endurance of a battery): Поведение батареи, оцениваемое количественно[1)], при испытании, имитирующем условия работы.

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-03-44]

3.18 **испытания на выносливость** (аккумуляторных батарей) (endurance test of a battery): Испытание, проводимое в интервале времени, для исследования изменения характеристик (параметров) изделия вследствие длительного или повторяющегося воздействия установленных нагрузок.

[МЭК 60050-151:2001, статья 151-16-22]

3.19 **энергия** (аккумуляторов, батарей) (energy of a battery): Электрическая энергия, отдаваемая аккумулятором или батареей при заданных условиях.

Примечания

1 В международной системе единиц СИ энергию выражают в Джоулях (1 Дж = 1 Вт·с), но на практике энергию батареи обычно выражают в Ватт-часах (Вт·ч) (1 Вт·ч = 3600 Дж).

2 Величину такой энергии, как правило, определяют при разряде с постоянной мощностью, Вт.

3 Могут быть использованы префиксы единиц, обозначающие в метрической системе умножение единицы на тысячу (к) или миллион (М).

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-03-21, добавлены примечания 2 и 3]

3.20 **энергия фактическая** (аккумуляторов, аккумуляторных батарей) (actual energy of a battery): Количество энергии, определенное экспериментально в заданный момент времени, при разряде с постоянной заданной мощностью до заданного конечного напряжения и при заданной температуре.

Примечание — Значение фактической энергии изменяется в ходе рабочих циклов или срока службы батареи, Вт·ч.

3.21 **конечное напряжение, конечное напряжение разряда, напряжение отключения, напряжение конечной точки разряда, $U_к$** (аккумуляторов, батарей) (final voltage, end-of-discharge voltage, cut-off voltage, end-point-voltage, U_{final} of a battery): Заданное напряжение аккумулятора, батареи, при котором разряд прекращают.

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-03-30]

3.22 **проточный элемент** (flow cell): Вторичный элемент, имеющий пространственное разделение электрода от объема жидкости или газа, которые содержат активные материалы.

Примечания

1 Активные материалы, состоящие из жидкостей, растворов, суспензий или газов, проходят по отдельности через электродные пространства.

2 Проточный элемент, в котором один из активных материалов, в зависимости от состояния заряда, является твердым веществом, осажденным на одном из электродов, называется гибридным проточным элементом.

[1)] Справка разработчика стандарта: например, число рабочих циклов.

3.23 **проточная батарея** (flow battery): Два или более проточных элемента, электрически соединенных последовательно и включающие все компоненты, необходимые для их использования в качестве электрохимической системы хранения энергии.

Примечание — Компонентами могут быть резервуары, насосы, системы управления теплом и батареями, трубопроводы и т. п.

3.24 **эксплуатация в режиме регулирования частоты** (с батареями) (frequency regulation service with batteries): Режим регулирования частоты электрической сети энергией, вырабатываемой батареями или поглощаемой ими для поддержания ее в определенных пределах.

Примечание — Процесс регулирования происходит в течение нескольких секунд или минут.

3.25 **полный заряд** (аккумуляторов, батарей) (full charge of a battery): Состояние заряженности, достигнутое при заряде аккумулятора или батареи в соответствии с рекомендованными изготовителем условиями.

3.26 **батарея полноразмерная; БПР** (full sized battery; FSB): Полностью укомплектованная батарея, отвечающая всем установленным требованиям по мощности и запасу энергии.

Примечание — Батарея, собранная из *n* аккумуляторов, модулей или стеков и оснащенная при необходимости соответствующими СКУ и СБВ.

3.27 **лабораторное испытание** (аккумуляторных батарей) (laboratory test of a battery): Испытание, выполняемое в заданных и контролируемых условиях, которые имитируют реальные условия или не соответствуют им.

[МЭК 60050-192:2015, статья 192-09-05]

3.28 **эксплуатация в режиме следования за нагрузкой** (с батареями) (load following service with batteries): Процесс управления потреблением энергии, вырабатываемой батареями или поглощаемой ими для компенсации временных изменений спроса на нагрузку.

Примечание — Процесс регулирования происходит в течение не более одного часа.

3.29 **модуль** (батареи) (module battery): Стандартизованная и взаимозаменяемая сборка элементов, соединенных последовательно и/или параллельно и вспомогательных частей, предназначенных для легкого монтажа в коммерческие батареи.

3.30 **диапазон рабочего напряжения, пределы рабочего напряжения** (аккумуляторных батарей) (operating voltage range, operating voltage limits of a battery): Диапазон напряжений, указанный изготовителем, в котором батарею эксплуатируют, в соответствии со спецификациями.

3.31 **максимальное рабочее напряжение, верхний предел напряжения, $U_{макс}$** (аккумуляторных батарей) (operating voltage maximum, upper voltage limit, U_{max} of a battery): Верхний предел диапазона напряжений, при котором батарея работоспособна и выполняет функции в соответствии со спецификациями.

3.32 **минимальное рабочее напряжение, нижний предел напряжения, $U_{мин}$** (аккумуляторных батарей) (operating voltage minimum, lower voltage limit, U_{min} of a battery): Нижний предел диапазона напряжений, при котором батарея работоспособна и выполняет функции в соответствии со спецификациями.

3.33 **эксплуатации в режиме покрытия пиковых нагрузок, эксплуатации в режиме выравнивания нагрузки** (с батареями) (peak-power shaving service, load levelling service with batteries): Процесс управления потреблением энергии в периоды повышенного спроса или ее высокой стоимости, состоящий в дополнительной подаче в сеть энергии от аккумуляторных батарей.

Примечания

1 Для покрытия пика спроса используют энергию, предварительно запасенную в батарее в период низкого потребления энергии или дешевого тарифа.

2 Процесс управления происходит в течение одного или нескольких часов.

3.34 **эксплуатация в режиме временно́го сдвига для фотоэлектрических систем; ФЭС** (с батареями) (PV energy storage-time shift service with batteries): Процесс управления потреблением энергии, состоящий в хранении энергии, получаемой от ФЭС в батарее до высвобождения ее в электросеть.

Примечание — Процесс управления происходит, как правило, с 24-часовым ритмом день/ночь.

3.35 **рабочие характеристики** (аккумуляторных батарей) (performance of a battery): Характеристики, определяющие способность батареи выполнять предназначенную функцию.

[МЭК 60050-311:2001, статья 311-06-11, в определении слова «измерительный инструмент» заменено на «батарея»]

3.36 **испытание по определению рабочих характеристик** (performance test): Испытание, проводимое для определения электрических характеристик батареи.

3.37 **вторичный элемент** (электрохимический)**, аккумулятор** (secondary cell electrochemical): Базовая выпускаемая (производимая) единица электрохимической системы, способная хранить электрическую энергию в химической форме и отдавать электрическую энергию обратно за счет обратного превращения хранящейся в ней химической энергии.

[МЭК 60050-811:1991, статья 811-20-01]

3.38 **срок службы** (аккумуляторных батарей) (service life of a battery): Общая продолжительность работы отдельного химического источника тока или батареи при функционировании.

Примечание — Для аккумуляторных батарей срок службы может быть выражен в единицах времени, числе циклов заряда/разряда или величине емкости, отданной батареей во всех стадиях разряда, А·ч.

[МЭК 60050-482:2004, статья 482-03-46]

3.39 **рабочая температура максимальная, максимальная допустимая температура** (аккумуляторных батарей) (maximum service temperature, maximum operating temperature, maximum permissible temperature of a battery): Самое высокое значение температуры батареи при нормальном использовании под действием температуры окружающей среды, наведенного тепла и тепла, выделяемого самой батареей.

[МЭК 60050-442:1998, статья 442-06-41, в определении слова «соединительное устройство» заменено на «батарея»]

3.40 **рабочая температура минимальная, минимальная допустимая температура** (аккумуляторных батарей) (minimum service temperature, minimum operating temperature, minimum permissible temperature of a battery): Самое низкое значение температуры батареи при нормальном использовании под действием температуры окружающей среды и принудительного охлаждения.

3.41 **стек** (проточной батареи) (stack flow battery): Два или более проточных элемента, соединенных последовательно или параллельно с соответствующими электрическими соединениями и трубопроводами подачи жидкости.

3.42 **степень заряженности;** СЗ (аккумуляторных батарей) (state of charge, SoC of a battery): Величина, соответствующая количеству накопленного заряда, А·ч, или запасу энергии, Вт·ч, отнесенная к значению фактической емкости или запасу энергии.

Примечания

1 Данное определение применимо только в настоящем стандарте.

2 Степень заряженности выражают в процентах.

3.43 **целевая рабочая степень заряженности;** СЗЦ (аккумуляторных батарей) (target operational state of charge, SoC_{OT} of a battery): Предустановленная степень заряженности, к которой СХЭ направляет контроллер или СКУ при определенных условиях.

Примечания

1 Значение СЗЦ должно быть достигнуто и/или поддерживаться, когда происходит двунаправленный перенос энергии в батарею и из нее между установленными пределами по напряжению и СЗ.

2 Степень заряженности выражают в процентах.

3 Как правило СЗЦ — это желательная или рекомендуемая средняя рабочая СЗ при эксплуатации по выбранному сценарию применения. Ее устанавливают для улучшения рабочих показателей системы хранения электрической энергии (СХЭЭ) и/или для увеличения срока службы СХЭЭ в конкретном применении.

3.44 **испытание** (аккумуляторных батарей) (test of a battery): Техническая операция определения одной или более характеристик данной батареи в соответствии с заданной процедурой.

Примечание — Испытание проводят для измерения или классификации характеристик свойств батареи, применяя к батарее совокупность климатических и эксплуатационных требований и/или условий.

[МЭК 60050-151:2001, статья 151-16-13, в определении слова «продукт, процесс или услуга» заменены на «батарея»]

3.45 **испытуемый образец** (test object): Изделие, подвергаемое испытанию, включая любые принадлежности, если иное специально не оговорено.

[МЭК 60050-151:2001, статья 151-16-28]

3.46 **испытуемый образец батареи;** ОИБ (test object battery; ТОВ): Сборка $x \cdot 1/n$ узлов, состоящих из аккумуляторов, модулей и или стеков БПР, которые при сборке n узлов образуют БПР, отвечающую требованиям необходимой мощности и запаса энергии, заданным в соответствующих пунктах испытаний на выносливость.

Примечания

1 ОИБ является полноценным представителем БПР в плане масштабируемости, а результаты испытаний могут быть экстраполированы на БПР.

2 ОИБ при необходимости оснащают соответствующей СКУ и СБВ.

3.47 **эксплуатация в режиме временно́го сдвига** (с батареями) (time shift service with batteries): Процесс управления потреблением энергии в периоды повышенного спроса, состоящий в дополнительной подаче в сеть энергии от аккумуляторных батарей, накопленной во время достаточного ее производства или низкого спроса.

Примечание — Процесс управления происходит в течение нескольких часов, дней или даже сезонов.

4 Общие замечания

Энергия от возобновляемых источников, таких как ветер, солнечное излучение или приливные силы, характеризуется высокой степенью прерывистости и низкой степенью предсказуемости. Когда их энергия подается в линии передачи и распределения электроэнергии, могут возникнуть перегрузки и нестабильность условий, поэтому для временного хранения этой энергии желательно использовать аккумуляторы, а затем отдать ее контролируемым образом, чтобы сгладить и стабилизировать поток электроэнергии в сети.

Такие ситуации неустойчивости и дисбалансов в энергосетях могут также возникать при недостаточной выработке электроэнергии.

В настоящем стандарте приведены рекомендации и инструкции операторам системы по выявлению и отбору подходящих аккумуляторных батарей для СХЭЭ, подключенных к сети. Процесс выбора основан на использовании набора общих методов испытаний, дающих количественную оценку возможностей аккумуляторных систем различного электрохимического состава и конструкции для конкретных сценариев приложения.

Требования к выносливости батарей и их электрическим характеристикам связаны с конкретными сценариями использования СХЭЭ, которые будут направлены на управление избыточной энергией в сети и связанными вопросами первоначальных затрат и затрат на эксплуатацию СХЭЭ.

Энергетическая эффективность[1)], срок службы, пропускная способность по аккумулированной энергии, пространство, необходимое для установки СХЭЭ и т. п., весьма разнообразны, так как они в большей степени связаны с возможными сценариями использования, с местными условиями затрат/выгод и соображениями времени окупаемости.

Настоящий стандарт не устанавливает эти требования, а предлагает методы испытаний для определения выносливости и электрических характеристик и сравнения возможных кандидатов СХЭЭ.

Все батареи СХЭЭ должны быть безопасны. Правильное проектирование и связанные квалификационные испытания, проводимые изготовителями батарей, должны обеспечить безопасность на всех уровнях от отдельного аккумулятора к системе в целом.

Неполный перечень опасностей, связанных с батареями и батарейными установками, приведен в приложении А. Этот перечень должен помочь в оценке возможных реакций батарей, когда они подвергаются воздействию аномально тяжелых условий эксплуатации.

[1)] Справка разработчика стандарта: под энергетической эффективностью обычно понимают отношение количества энергии, которую можно получить при разряде вторичного элемента (аккумулятора), отнесенную к количеству энергии, затраченной на его заряд, выраженное в процентах.

5 Общие условия испытаний

5.1 Точность измерительного оборудования

5.1.1 Измерение напряжения

Погрешность измерительных приборов должна обеспечивать точность измерений не менее 0,5 %.

5.1.2 Измерение тока

Погрешность измерительных приборов должна обеспечивать точность измерений не менее 0,5 %.

Примечание — Особое внимание должно быть уделено точности измерения тока и приборов, обеспечивающих интегрирование тока по времени, так как любое понижение точности или нестабильность может негативно повлиять на эффективность стабилизации СЗ.

5.1.3 Измерение температуры

Используемые приборы должны иметь разрешение 0,5 °С. Погрешность прибора должна быть ±2 °С или лучше.

5.1.4 Измерение времени

Прибор для измерения времени должен иметь разрешение 1 с и погрешность 0,1 % измеряемого интервала времени.

5.2 Объекты испытания

Результаты испытаний предназначены для оказания помощи операторам СХЭЭ в выборе наиболее подходящей батареи для целевого применения, предоставляя сопоставимые данные систем-кандидатов.

ОИБ состоит из батареи и СКУ и СББ, если они необходимы для работы батареи. Граница этой системы очерчена пунктирной линией на рисунке 1.

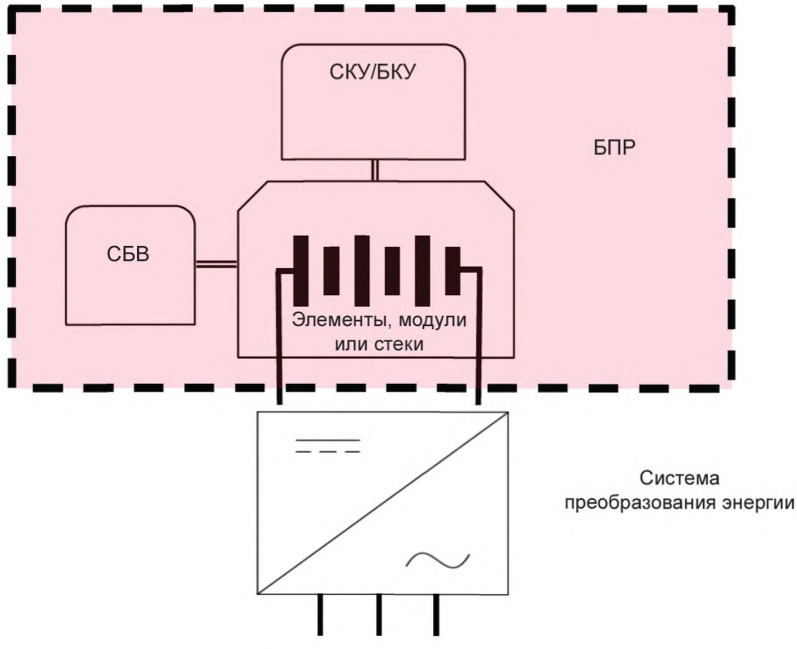


Рисунок 1 — Граница БПР

Системы преобразования энергии и их компоненты, а также места их присоединения не входят в сферу применения настоящего стандарта и не являются обязательными при проведении испытаний в соответствии с разделами 6 и 7.

5.3 Выбор батареи для испытаний и рассмотрение размеров

Батарейные системы, предлагаемые изготовителями для хранения электрической энергии и использования ее в составе сети, имеют внутренние ограничения, присущие каждой электрохимической системе аккумуляторов и конструкций, а также вытекающие из конкретных потребностей целевого приложения. Такие батареи обычно имеют диапазон мощностей до 50 МВт и емкости до 100 МВт·ч. Пока не существует устоявшегося типоразмерного ряда, равно как и привязки к той или иной электрохимической системе аккумуляторов.

Когда изготовитель или конечный пользователь проводит испытания батареи, ему предоставлена свобода выбора такой характерной части батареи, которая является наиболее подходящей для проведения испытаний, той же модели или конструкции, аналогичной выносливости и электрических характеристик, что и БПР, которую предполагают использовать в необходимом применении. Примеры таких применений даны в 6.2—6.5 испытаний на выносливость. Это может быть достигнуто с размерами батареи и их расположением, которые могут изменяться при переходе от одной электрохимической системы аккумуляторов и от одного конкретного применения к другому.

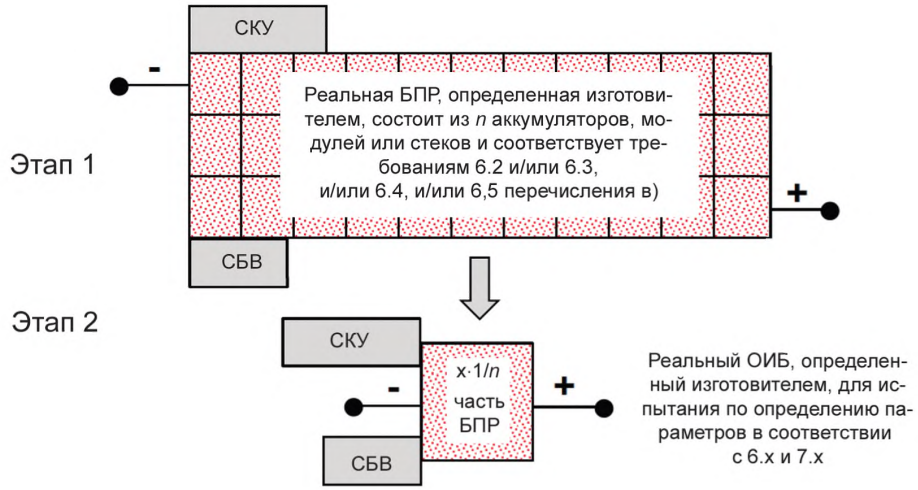


Рисунок 2 — Двухступенчатый процесс отбора ОИБ

Для обеспечения подготовки сопоставимых данных испытаний должны быть соблюдены следующие ограничения.

В настоящем стандарте соответствующие батареи определены следующим образом.

Требованиям по мощности и запасу энергии БПР должны соответствовать 6.2, 6.3, 6.4 или 6.5 в зависимости от их применения. Эта батарея может представлять собой совокупность *n* аккумуляторов, модулей или стеков и должна быть при необходимости оборудована соответствующей СКУ и СБВ.

ОИБ и взаимодействующие с ним СКУ и СБВ является полным представителем вышеописанной БПР в плане масштабируемости по выносливости и рабочим характеристикам, поэтому результаты испытаний могут быть точно экстраполированы на БПР и тем самым демонстрировать рабочие характеристики БПР. ОИБ должен быть сборкой $x \cdot 1/n$ аккумуляторов, модулей или стеков, входящей в состав вышеописанной БПР. Минимальное число *x* определено в соответствующем пункте испытаний. На этом ОИБ проводят все испытания, если не указано иное.

Этапы определения ОИБ приведены на рисунке 2.

Все ОИБ, используемые для испытаний по определению поведения в выбранном режиме эксплуатации по 6.2, 6.3, 6.4 или 6.5, должны быть одного размера, одной конструкции и особенностей. Не должно быть никаких адаптаций конструкции к конкретному случаю, даже для удовлетворения конкретного требования.

В состав ОИБ должны быть включены все необходимые для его функционирования СКУ и СБВ.

Должны быть проведены только те испытания на выносливость, для которых батарея разработана и планируется к применению.

Когда необходимо испытать на соответствие настоящему стандарту СХЭЭ на основе коммерчески доступной батареи с отличающимися параметрами мощности и/или запаса энергии, то такой выбор является приемлемым при условии, что все другие положения будут выполнены, и это отклонение отражено в документации испытаний.

5.4 Программа испытаний

Испытания для проверки пригодности батареи для использования по конкретному сценарию применения должны быть проведены не менее чем на двух идентичных ОИБ.

ОИБ 1 используют для проведения соответствующего испытания на выносливость по 6.2 или 6.3, или 6.4 или 6.5 и проводимых в ходе их выполнения испытаний по определению рабочих характеристик по 7.2—7.5, см. также рисунки 3, 4 и 5.

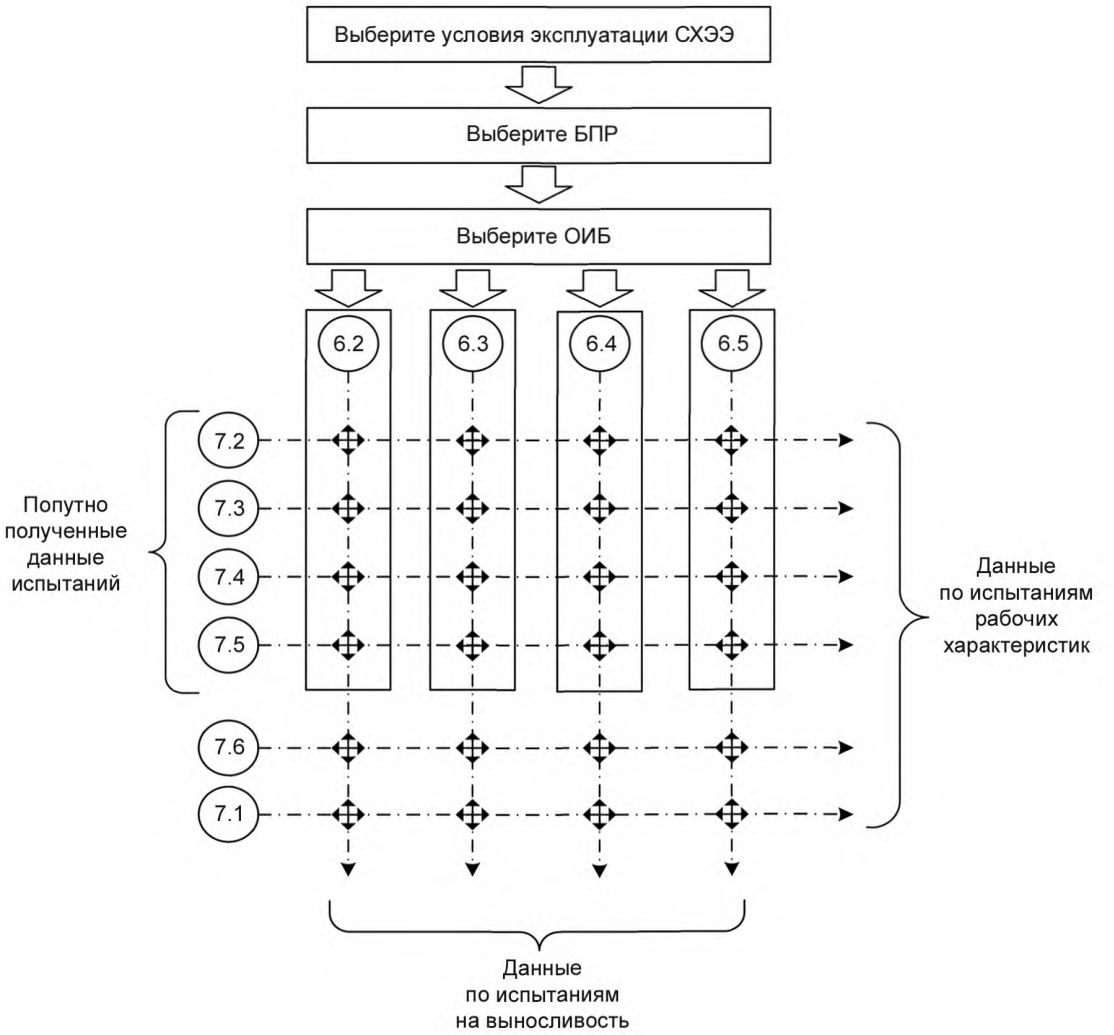
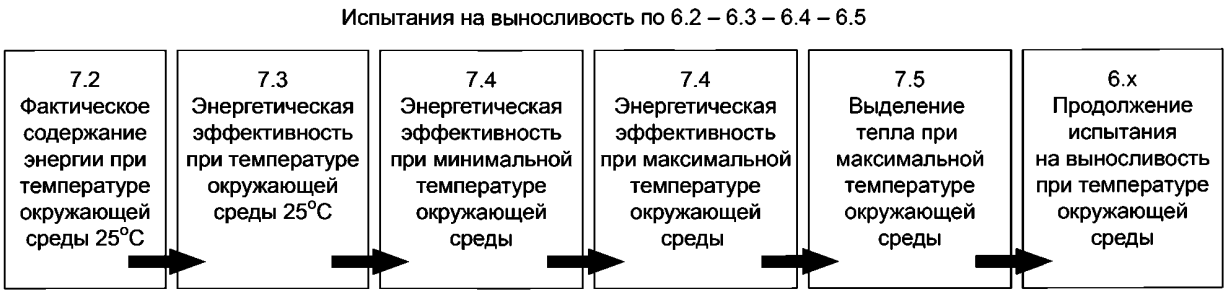


Рисунок 3 — Рабочий процесс для определения выносливости и электрических рабочих характеристик ОИБ, регулируемый последовательностью получения данных по 6.2—6.5



Примечания

1 Подробности проведения испытания по определению рабочих характеристик приведены в 7.2—7.5.

2 Испытания по определению рабочих характеристик по 7.2—7.5 проводят последовательно и совместно с соответствующими испытаниями на выносливость.

3 Профиль испытания, используемый при проведении 7.3—7.5, тот же, что и в соответствующем испытании на выносливость.

Рисунок 4 — Последовательность проведения испытаний по определению рабочих характеристик с ОИБ 1 в период проведения испытаний на выносливость по 6.x

ОИБ 2 используют для проведения испытания по определению рабочих характеристик низкой степени воздействия по 7.6 (определение потребности в энергии во время периодов бездействия), которое может предшествовать любому испытанию на выносливость, что позволяет уменьшить число ОИБ на проверку по сценарию применения до одного ОИБ. Число ОИБ, которые были использованы, должно быть указано в таблице 1.

По 7.4 и 7.5 ОИБ подвергают приемлемым тепловым воздействиям при указанных изготовителем самых низких и высоких температурах. При этих температурах по заявлению изготовителя аккумулятор работоспособен и соответствует установленным требованиям, поэтому для проведения испытаний не требуется дополнительных ОИБ.

Изготовитель должен проводить только те испытания на выносливость, для которых БПР, и, соответственно ОИБ, предназначены.

Испытания на выносливость могут быть прекращены в любой момент, когда изготовитель батарей подтвердит заявленный срок службы БПР надежной экстраполяцией возможности приема и отдачи энергии в течение долгого времени на ОИБ.

Внесенные в материалы и конструкцию БПР изменения, которые могут повлиять на выносливость, или характеристики должны быть оценены с точки зрения возможности их влияния на результаты испытаний по разделам 6 и 7 повторением соответствующего испытания, на результаты которого могли повлиять внесенные изменения.

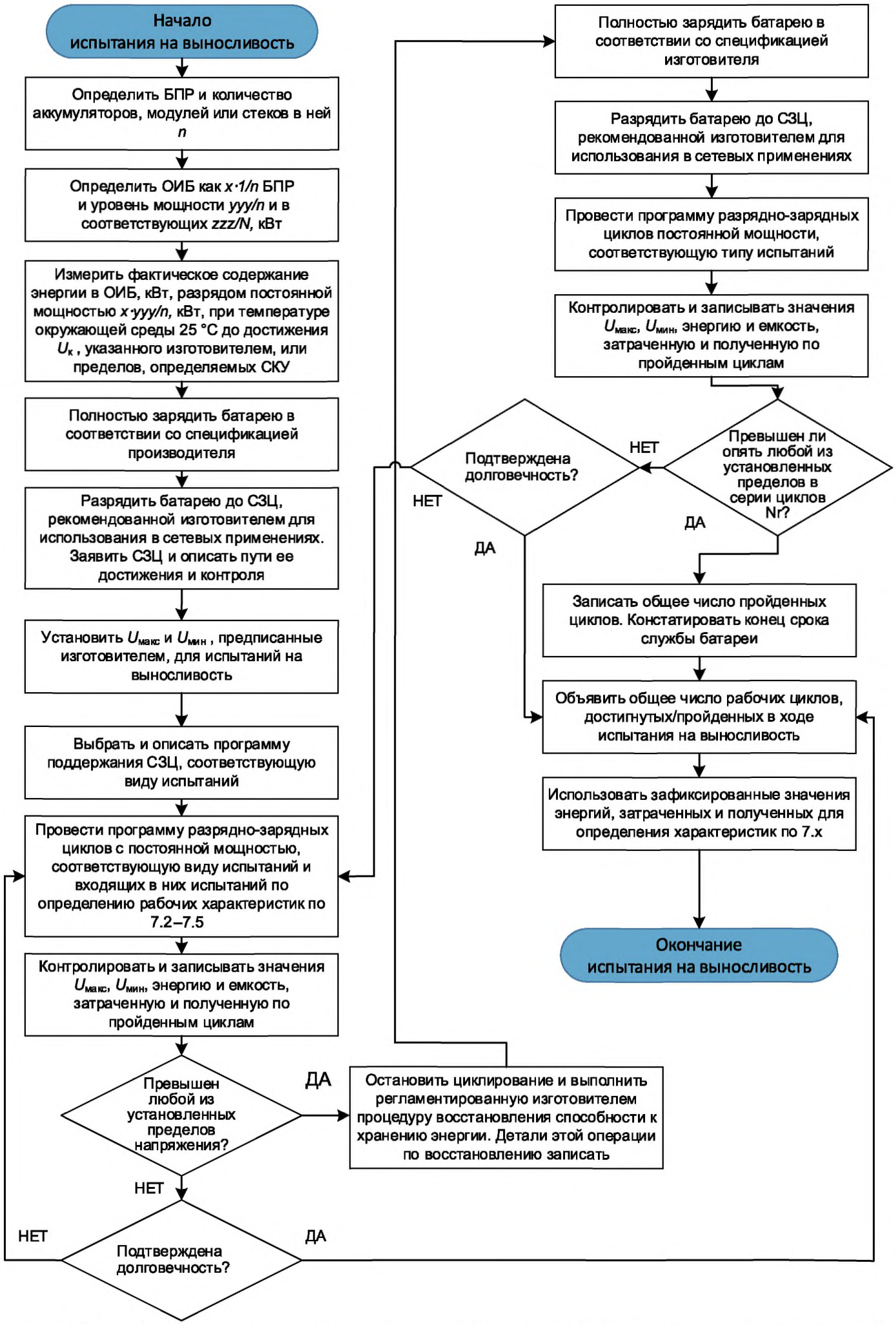


Рисунок 5 — Рабочий процесс и дерево принятия решений для испытаний на выносливость по 6.2—6.5

6 Выносливость батарей

6.1 Общие положения

Испытания на выносливость предназначены для определения пригодности конструкции батареи принимать и отдавать энергию в экспериментальных условиях, воспроизводящих в упрощенном виде работу батареи, которую она должна будет выполнять в приложении сетевого хранения энергии.

Ключевыми факторами воздействия в таком применении являются:

a) уровни мощности при заряде и разряде при возможном запасе энергии;

b) работа при СЗ менее 100 % и

c) большое число рабочих циклов, которое должно быть достигнуто в течение всего срока службы.

Условия испытаний сформулированы так, чтобы количественно определить выносливость батареи в следующих четырех сценариях приложений: регулирование частоты, следование за нагрузкой, покрытие пиковых нагрузок и работа с временным сдвигом для фотоэлектрических систем.

В значительной степени случайные процессы передачи энергии в и от батареи при хранении энергии для сети моделируют более упрощенными подпрограммами энергообмена.

Признают, что выбранные отдельные процедуры энергообмена не могут точно повторить все условия реального использования, что типично для лабораторных испытаний. Тем не менее, систематическое использование этих испытаний для разработки продуктов и для целей квалификации поможет изготовителям и операторам СХЭЭ в разработке и выборе подходящих батарей.

6.2 Испытания на выносливость при эксплуатации в режиме регулирования частоты

Условия испытания следующие:

a) изготовитель должен выбрать и определить БПР, которая способна:

1) отдавать и принимать в течение длительного времени импульсы постоянной мощности 500 и 1000 кВт, как указано в перечислении j) в пределах диапазона рабочего напряжения батареи, указанного изготовителем, и при тепловом равновесии при температуре окружающего воздуха +25 °C,

2) выдерживать такую передачу энергии несколько раз в час и 24 ч/сут без превышения установленных изготовителем пределов рабочего напряжения;

b) изготовитель должен указать, из какого числа n аккумуляторов, модулей или стеков сформирована такая БПР;

c) изготовитель должен указать долю мощности $500/n$ и $1000/n$ кВт, которую будет отдавать или принимать такой аккумулятор, модуль или стек в составе БПР, удовлетворяющей условиям по перечислению a);

d) изготовитель должен собрать из x таких аккумуляторов, модулей или стеков подходящий ОИБ, имеющий:

1) 4 аккумулятора, соединенных последовательно (только в том случае, когда эти аккумуляторы по отдельности коммерчески доступны), или

2) один или более модулей, содержащих не менее 4 аккумуляторов, соединенных последовательно, или

3) один стек, содержащий, по крайней мере, 4 проточных элемента, соединенных последовательно, и включить в их состав соответствующие периферийные устройства СКУ и СББ;

e) когда необходимо испытать на соответствие настоящему стандарту СХЭЭ на основе батареи с отличающимися параметрами мощности и/или запаса энергии, то такой выбор является приемлемым при условии, что все другие положения будут выполнены и это отклонение отражено в документации испытаний;

f) фактический запас энергии E, кВт·ч, в ОИБ должен быть определен после проведения полного заряда в соответствии со спецификацией изготовителя, на термически уравновешенной батарее при температуре окружающего воздуха (25±3) °C. Для этого ОИБ разряжают с постоянной мощностью $x \cdot 500/n$ кВт до достижения $U_к$, указанного изготовителем, или предела разряда, устанавливаемого СКУ так, чтобы получить данные в соответствии с требованиями 7.2;

g) затем ОИБ полностью заряжают в соответствии с техническими требованиями изготовителя;

h) ОИБ разряжают до такого значения СЗЦ, чтобы он мог в повторяющихся режимах отдавать или принимать порции мощности и энергии без превышения установленного изготовителем диапазона рабочего напряжения;

i) изготовитель должен указать значение СЗЦ в процентах от фактического содержания энергии, как указано в перечислении f) и пути его достижения в таблице 1;

j) затем при температуре окружающей среды (25±3) °С ОИБ подвергают непрерывной последовательности импульсов разряда/заряда, указанных в перечислениях 1—8) и имеющих профили a, b или c для регулировки СЗЦ. Следует контролировать и регистрировать минимальное и максимальное напряжение батареи, а также совокупную емкость и энергию при разрядах и зарядах ОИБ:

1) разряд в течение 2 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 500/n$ кВт,

2) разряд в течение 1 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 1000/n$ кВт,

3) заряд в течение 2 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 500/n$ кВт,

4) заряд в течение 1 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 1000/n$ кВт,

5) разряд в течение 1 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 1000/n$ кВт,

6) разряд в течение 2 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 500/n$ кВт,

7) заряд в течение 1 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 1000/n$ кВт,

8) заряд в течение 2 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $(x \cdot 500/n + a)$ кВт, где a — дополнительная мощность, необходимая для поддержания СЗЦ. Изготовитель должен указать и объявить значение a в таблице 1. Значение $(x \cdot 500/n + a)$ кВт должно быть равно или менее $x \cdot 1000/n$ кВт (см. например, рисунок 6 — профиль a) или

$(2 + t)$ мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 500/n$ кВт, где t — дополнительное время заряда, необходимое для поддержания СЗЦ. Изготовитель должен указать и зафиксировать значение t в таблице 1 (см. например, рисунок 7 — профиль b), или

2 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 500/n$ кВт и после каждого K-го цикла, т. е. числа завершенных циклов разрядных и зарядных импульсов по перечислениям 1)—8), проводить заряд, поддерживающий СЗЦ, с мощностью не более чем $1000/n$ кВт и длительностью, указанной изготовителем. Изготовитель должен указать и объявить значение K, уровень мощности и продолжительность этого поддерживающего СЗЦ заряда в таблице 1 (см. например, рисунок 8 — профиль c),

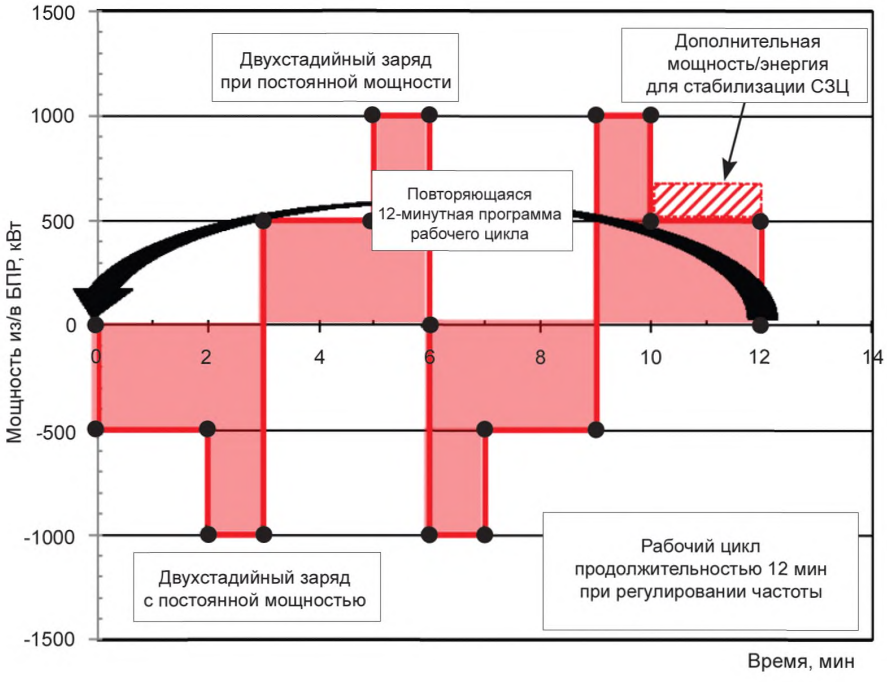


Рисунок 6 — Профиль программы работы в режиме регулирования частоты (см. 6.2) — профиль a

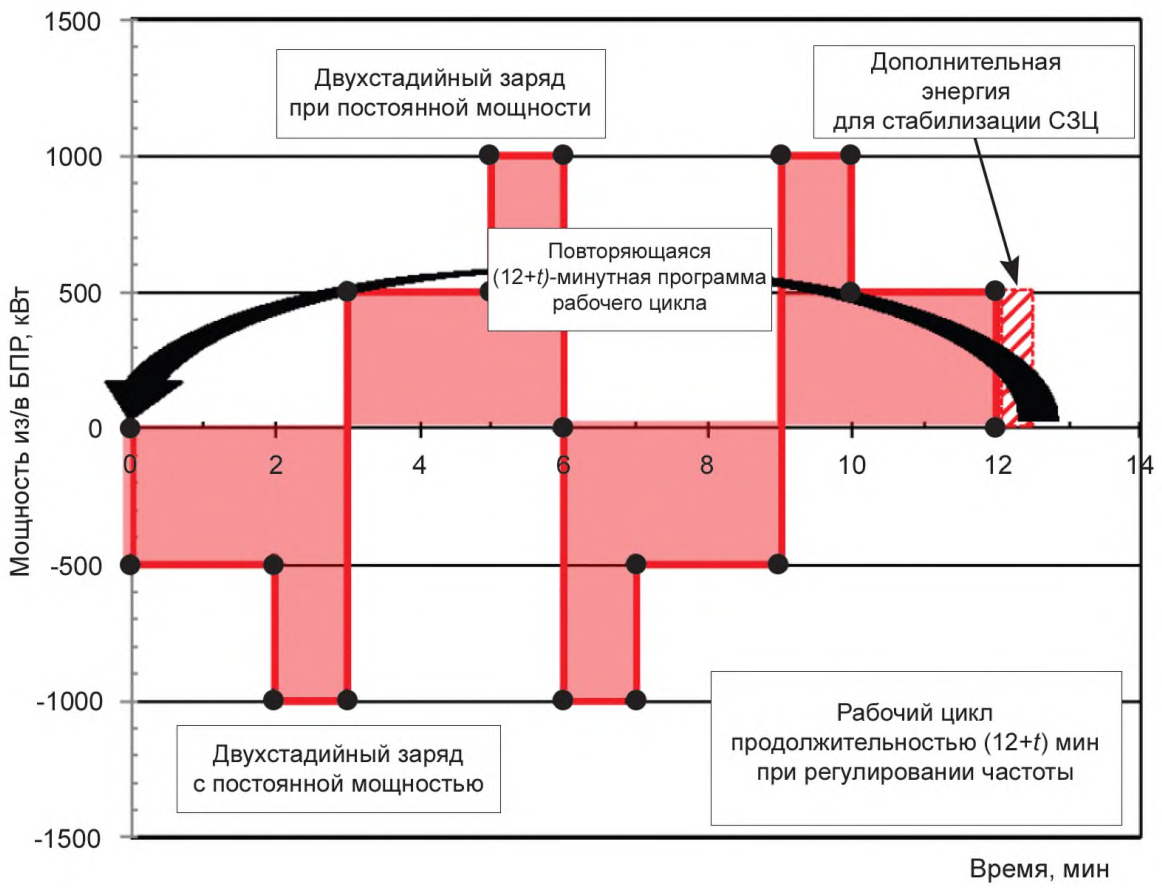


Рисунок 7 — Профиль программы работы в режиме регулирования частоты (см. 6.2) — профиль b

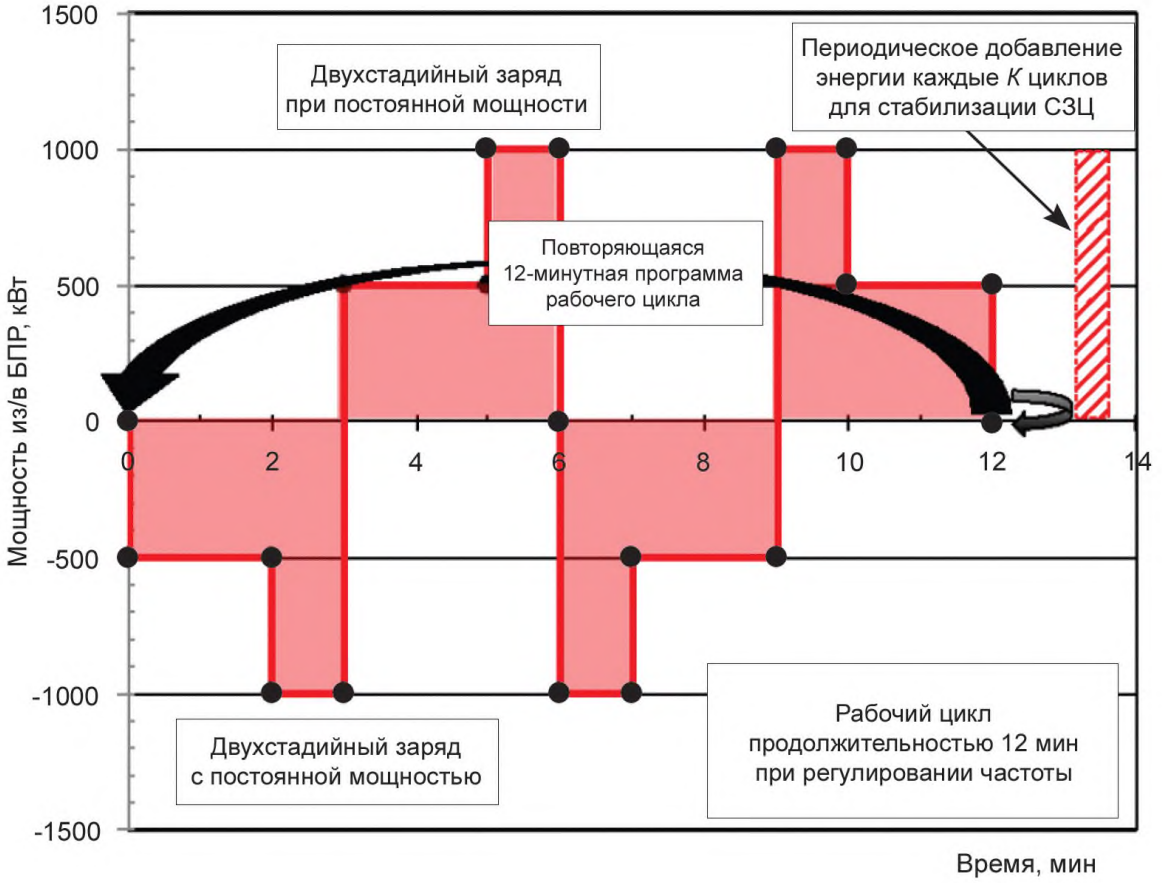


Рисунок 8 — Профиль программы работы в режиме регулирования частоты (см. 6.2) — профиль c

9) вернуться к перечислению 1) и выполнить операции, описанные в перечислениях 1)—8), 840 раз для последовательного получения данных по испытаниям в соответствии с 7.3, 7.4 и 7.5, см. также рисунок 4;

k) если напряжение ОИБ в перечислении j) превышает установленные изготовителем пределы рабочих напряжений, то способность к отдаче и приему энергии ОИБ и, как следствие, БПР, считают утраченной. Схема такого изменения напряжения батареи показана на рисунке 9;

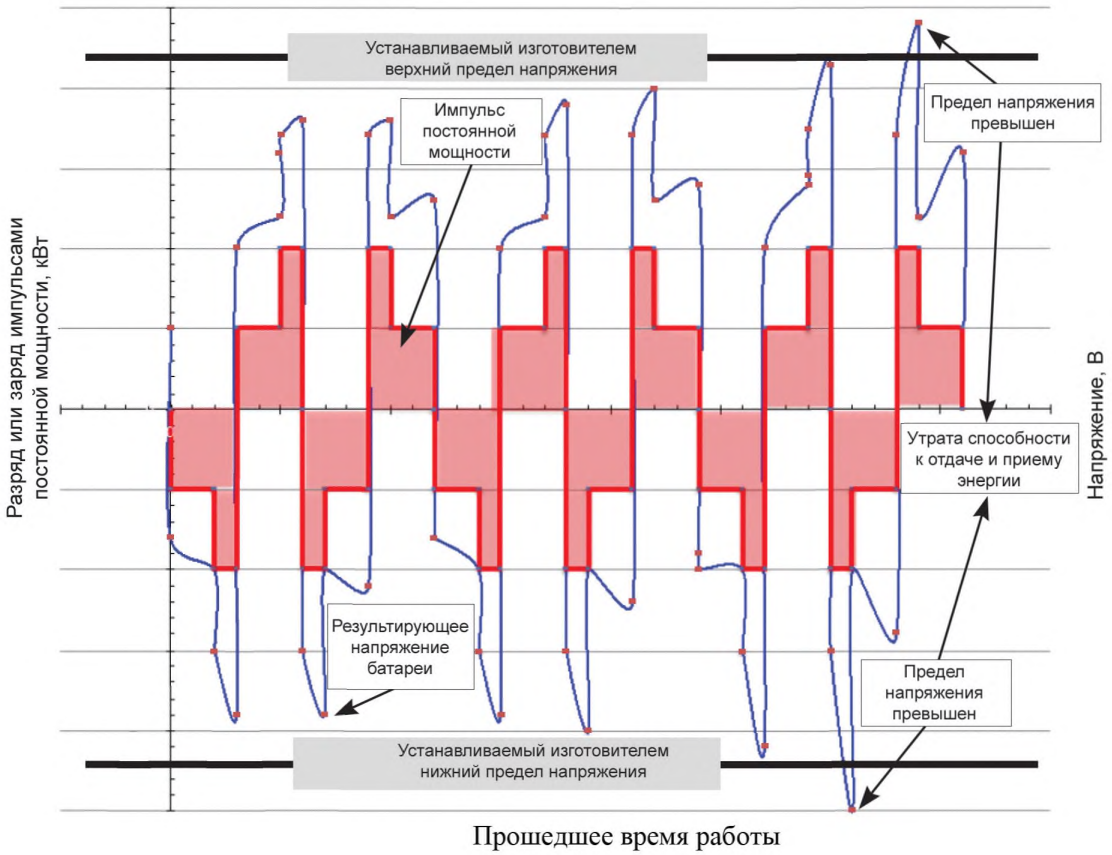


Рисунок 9 — Схема изменения напряжения батареи с течением времени при циклировании разрядными и зарядными импульсами постоянной мощности

l) циклирование должно быть остановлено, и предпринята попытка восстановления способности ОИБ к циклированию в соответствии с техническими предписаниями изготовителя. Детали этой операции по восстановлению возможности хранения энергии должны быть внесены в таблицу 1;

m) затем должен быть запущен новый набор операций по перечислениям h)—j). Если напряжение ОИБ в перечислении j) снова превысит установленные изготовителем пределы рабочего напряжения в течение 120 циклов последовательности j) перечислений 1)—8) (≈24 ч), то способность ОИБ и, как следствие, БПР, к отдаче и приему энергии считают безвозвратно утраченной и батарею рассматривают как достигшую конца своего срока службы. В противном случае последовательность циклов, описанных в перечислении j), должна быть продолжена, пока вновь не будет превышено предельное значение, как описано в перечислении k);

n) выносливость батареи, в соответствии с данным сценарием приложения, определяют числом завершенных последовательностей по перечислениям 1)—8) в перечислении j) до достижения конца срока службы в соответствии с перечислением m);

o) энергетическую эффективность в этой части испытаний на выносливость определяют по 7.3 или 7.4 и вносят в таблицы 6 и 7, соответственно;

p) выделение тепла при максимальной температуре окружающей среды при испытаниях на выносливость определяют по 7.5 и вносят в таблицу 10;

q) если в перечислении j) поддержание СЗЦ достигнуто с использованием профиля c, то продолжительность интегрирования должна быть адаптирована так, чтобы в него попал хотя бы один из этапов заряда с профилем c для поддержания СЗЦ;

r) по завершении определения энергетической эффективности и выделения тепла по 7.3, 7.4 и 7.5 испытаний на выносливость по 6.2, испытание на выносливость следует возобновить с перечисления g). Испытание проводят, игнорируя перечисления 9) и o), p) и q) до тех пор, пока ОИБ не будет объявлен необратимо деградировавшим или пока изготовитель батареи не продемонстрирует объявленный им срок службы конструкции БПР надежной экстраполяцией возможности приема и отдачи энергии в течение долгого времени на ОИБ.

6.3 Испытания на выносливость в режиме следования за нагрузкой

a) изготовитель должен выбрать и определить БПР, которая способна:

1) отдавать и принимать в течение длительного времени импульсы постоянной мощности 180 и 360 кВт как в перечислении j) в пределах диапазона рабочего напряжения батареи, указанного изготовителем и при тепловом равновесии при температуре окружающего воздуха +25 °C,

2) выдерживать такую передачу энергии несколько раз в час и 24 ч/сутки без превышения установленных изготовителем пределов рабочего напряжения;

b) изготовитель должен указать, из какого числа *n* аккумуляторов, модулей или стеков сформирована такая БПР;

c) изготовитель должен указать долю мощности 180/*n* и 360/*n* кВт, которую будет отдавать или принимать такой аккумулятор, модуль или стек в составе БПР, удовлетворяющей условиям 6.3, перечисление a);

d) изготовитель должен собрать из *x* таких аккумуляторов, модулей или стеков подходящий ОИБ, имеющий:

1) 4 аккумулятора, соединенных последовательно (только в том случае, когда эти аккумуляторы по отдельности коммерчески доступны) или

2) один или более модулей, содержащих не менее 4 аккумуляторов, соединенных последовательно или

3) один стек, содержащий, по крайней мере, 4 проточных элемента, соединенных последовательно и включить в их состав соответствующие периферийные устройства СКУ и СБВ;

e) если необходимо испытать на соответствие настоящему стандарту СХЭЭ на основе батареи с отличающимися параметрами мощности и/или запаса энергии, то такой выбор является приемлемым при условии, что все другие положения будут выполнены и это отклонение заявлено в документации испытаний;

f) фактическое содержание энергии *E*, кВт·ч, в ОИБ должно быть определено после проведения полного заряда в соответствии со спецификацией изготовителя, на термически уравновешенной батарее при температуре окружающего воздуха (25±3) °C. ОИБ разряжают с постоянной мощностью $x \cdot 500/n$ кВт до достижения $U_к$, указанного изготовителем или предела разряда, устанавливаемого СКУ, так, чтобы получить данные в соответствии с 7.2;

g) затем ОИБ должен быть полностью заряжен в соответствии с техническими требованиями изготовителя;

h) ОИБ должен быть разряжен до такой СЗЦ, чтобы он мог в повторяющихся режимах отдавать или принимать порции мощности и энергии без превышения установленного изготовителем диапазона рабочего напряжения;

i) изготовитель должен указать значение СЗЦ в процентах от фактического содержания энергии, как указано в перечислении f) и пути его достижения в таблице 1;

j) затем при температуре окружающей среды (25±3) °С ОИБ должен быть подвергнут непрерывной последовательности импульсов разряда/заряда, указанных в перечислениях 1)—8) и имеющих профили a, b или c для регулировки СЗЦ. Следует контролировать и регистрировать минимальное и максимальное напряжение батареи, а также совокупную емкость и энергию при разрядах и зарядах ОИБ:

1) разряд в течение 8 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 180/n$ кВт,

2) разряд в течение 4 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 360/n$ кВт,

3) заряд в течение 8 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 180/n$ кВт,

4) заряд в течение 4 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 360/n$ кВт,

5) разряд в течение 4 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 360/n$ кВт,

6) разряд в течение 8 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 180/n$ кВт,

7) заряд в течение 4 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 360/n$ кВт,

8) заряд в течение 8 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $(x \cdot 180/n + a)$ кВт, где a — дополнительная мощность, необходимая для поддержания СЗЦ. Изготовитель должен указать и документировать значение a в таблице 1. Значение $(x \cdot 180/n + a)$ кВт должно быть равно или менее $x \cdot 360/n$ кВт (см. например, рисунок 10 — профиль a) или

$(8 + t)$ мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 180/n$ кВт, где t дополнительное время заряда, необходимое для поддержания СЗЦ. Изготовитель должен указать и документировать значение t (см. например, рисунок 11 — профиль b) в таблице 1 или

8 мин с постоянной мощностью при уровне мощности $x \cdot 180/n$ кВт и после каждого K-го цикла, т. е. числа завершенных циклов разрядных и зарядных импульсов по перечислениям 1)—8), проводить заряд, поддерживающий СЗЦ с мощностью не большей, чем $360/n$ кВт и длительностью, указанной изготовителем. Изготовитель должен указать и документировать значение K, уровень мощности и продолжительность этого поддерживающего СЗЦ заряда (см. например, рисунок 12 — профиль c) в таблице 1;

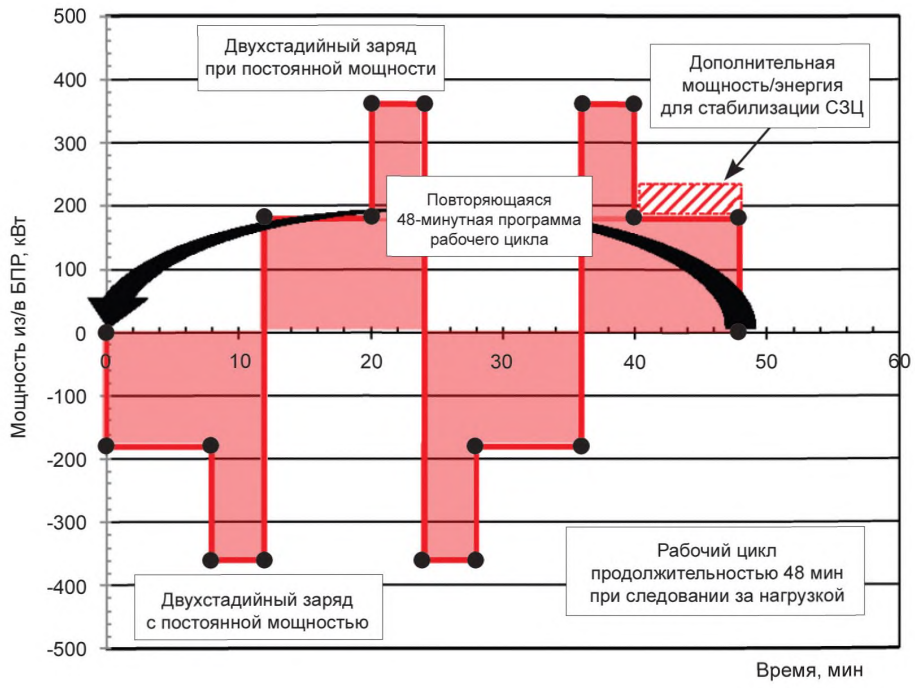


Рисунок 10 — Профиль программы работы в режиме следования за нагрузкой (см. 6.3) — профиль a

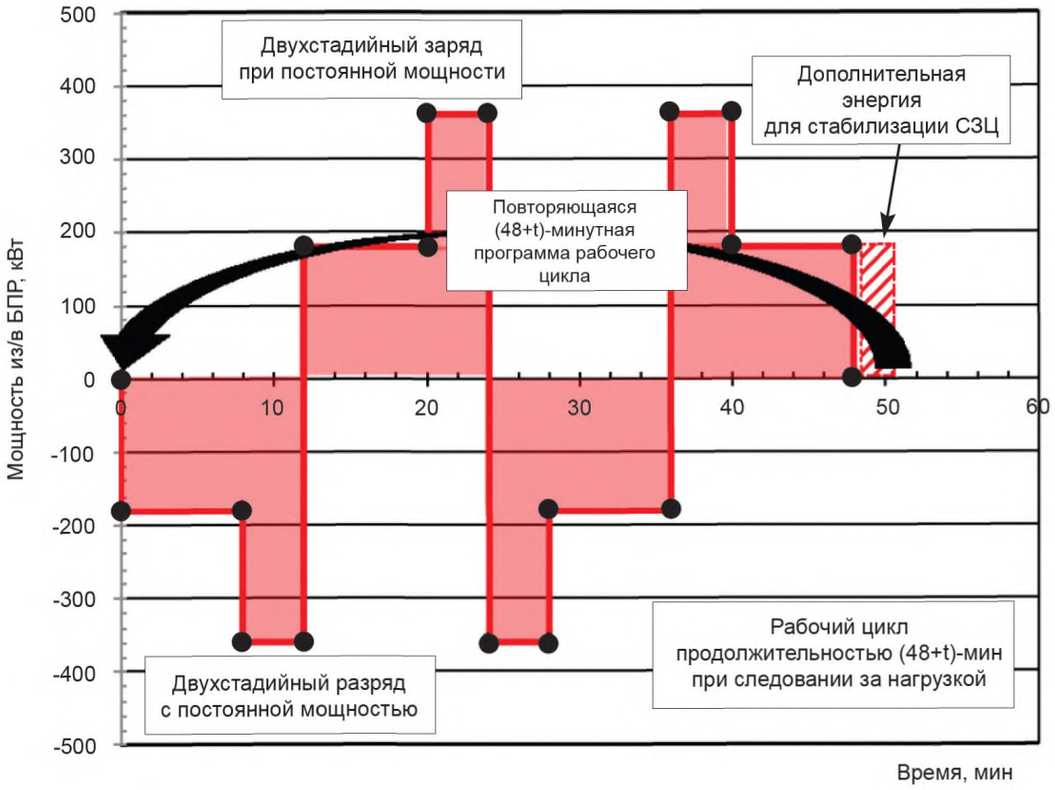


Рисунок 11 — Профиль программы работы в режиме следования за нагрузкой (см. 6.3) — профиль b

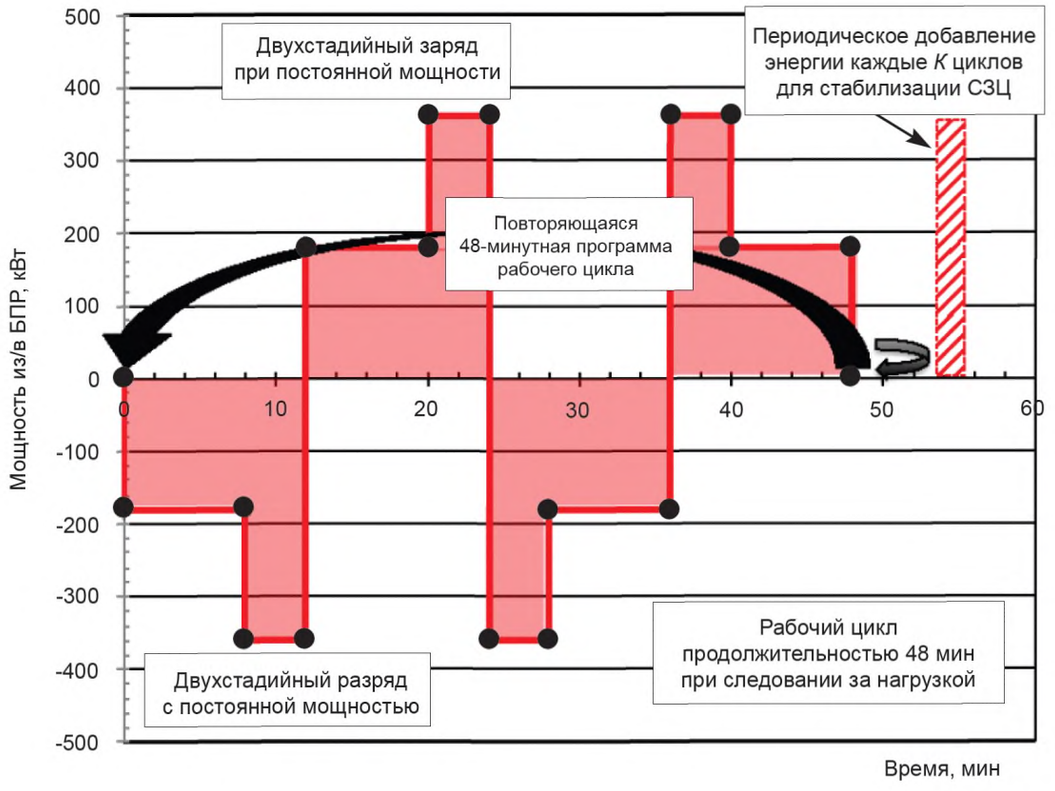


Рисунок 12 — Профиль программы работы в режиме следования за нагрузкой (см. 6.3) — профиль c

9) вернуться к перечислению 1) и выполнить операции, описанные в перечислениях 1)—8), 210 раз для последовательного получения данных испытаний по 7.3, 7.4 и 7.5, см. также рисунок 4;

k) если напряжение ОИБ в перечислении j) превышает установленные изготовителем пределы рабочих напряжений, то способность к отдаче и приему энергии ОИБ, и как следствие, БПР, считается утраченной;

l) циклирование должно быть остановлено и предпринята попытка восстановления способности ОИБ к циклированию в соответствии с техническими предписаниями изготовителя. Детали этой операции по восстановлению возможности хранения энергии должны быть занесены в таблицу 1;

m) затем должен быть запущен новый набор операций по перечислениям h)—j). Если напряжение ОИБ в перечислении j) снова превысит установленные изготовителем пределы рабочего напряжения в течение 60 циклов по перечислениям 1)—8) перечисления j) (≈48 ч), то способность ОИБ, и, как следствие, БПР, к отдаче и приему энергии считается безвозвратно утраченной и батарею считают достигшей конца срока службы. В противном случае последовательность циклов, описанных в перечислении j), должна быть продолжена, пока вновь не будет превышено предельное значение, как описано в перечислении k);

n) выносливость батареи, в соответствии с данным сценарием приложения, определена числом завершенных последовательностей по перечислениям 1)—8) перечисления j) до достижения конца срока службы в соответствии с перечислением m);

o) энергетическую эффективность в этой части испытаний на выносливость определяют в соответствии с 7.3 или 7.4 и заносят в таблицы 6 и 7 соответственно;

p) выделение тепла при максимальной температуре окружающей среды при испытаниях на выносливость определяют в соответствии с 7.5 и заносят в таблицу 10;

q) если в перечислении j) поддержание СЗЦ достигнуто с использованием профиля c, то продолжительность интегрирования должна быть адаптирована так, чтобы в него попал хотя бы один из таких этапов заряда с профилем c для поддержания СЗЦ;

r) по завершении определения энергетической эффективности и выделения тепла в соответствии с 7.3, 7.4 и 7.5 испытаний на выносливость по 6.3 испытание на выносливость следует возобновить с перечисления g). Испытание проводят, игнорируя перечисления 9) и o), p) и q) до тех пор, пока ОИБ не будет объявлен необратимо деградировавшим или пока изготовитель батареи не продемонстрирует объявленный им срок службы конструкции БПР надежной экстраполяцией возможности приема и отдачи энергии в течение долгого времени на ОИБ.

6.4 Испытания на выносливость в условиях сглаживания пиков мощности

a) изготовитель должен выбрать и определить БПР, которая способна:

1) отдавать и принимать в течение длительного времени импульсы постоянной мощности 500 кВт как в 6.4, перечисление j) в пределах диапазона рабочего напряжения батареи, указанного изготовителем и при тепловом равновесии при температуре окружающего воздуха +25 °C,

2) выдерживать такую передачу энергии каждый день без превышения установленных изготовителем пределов рабочего напряжения;

b) изготовитель должен указать, из какого числа *n* аккумуляторов, модулей или стеков сформирована такая БПР;

c) изготовитель должен указать долю мощности 500/*n* кВт, которую будет отдавать или принимать такой аккумулятор, модуль или стек в составе БПР, удовлетворяющей условиям по 6.4, перечисление a);

d) изготовитель должен собрать из *x* таких аккумуляторов, модулей или стеков подходящий ОИБ, имеющий по меньшей мере:

1) 4 аккумулятора, соединенных последовательно (только в том случае, когда эти аккумуляторы по отдельности коммерчески доступны) или

2) один или более модулей, содержащих не менее 4 аккумуляторов, соединенных последовательно или

3) один стек, содержащий по крайней мере 4 проточных элемента, соединенных последовательно, и включить в их состав соответствующие периферийные устройства СКУ и СББ;

e) когда необходимо испытать на соответствие настоящему стандарту СХЭЭ на основе батареи с отличающимися параметрами мощности и/или запаса энергии, то такой выбор является приемлемым при условии, что все другие положения будут выполнены и это отклонение заявлено в документации испытаний;

f) фактическое содержание энергии E, кВт·ч, в ОИБ должно быть определено после проведения полного заряда в соответствии со спецификацией изготовителя на термически уравновешенной батарее при температуре окружающего воздуха (25±3) °С проведением разряда с постоянной мощностью x·500/n кВт до достижения конечного напряжения, указанного изготовителем, $U_к$ или предела разряда, устанавливаемого СКУ, так, чтобы получить данные в соответствии с требованиями 7.2;

g) затем ОИБ должен быть полностью заряжен в соответствии с техническими требованиями изготовителя;

h) изготовитель должен указать значение СЗЦ в процентах от фактического содержания энергии, как определено в перечислении f), и пути его достижения по таблице 1;

i) затем ОИБ должен быть подвергнут при температуре окружающей среды (25±3) °С непрерывной последовательности импульсов разряда/заряда, определенных в перечислениях 1)—5), без превышения установленных изготовителем пределов по напряжению. Следует контролировать и регистрировать минимальное и максимальное напряжение батареи, а также совокупную емкость и энергию при разрядах и зарядах ОИБ:

1) разряд в течение 180 мин с постоянной мощностью при уровне мощности x·500/n кВт (пример покрытия пика нагрузки утром). Профиль испытания при этом такой, как показан на рисунке 13,

2) не отдавать энергию в течение 180 мин.

Если СКУ и/или СБВ запитаны непосредственно от батареи, то батарея и в период такого отключения продолжает питать указанные устройства на этапах 2 и 4. Соответствующее количество потребленной энергии должно быть учтено при расчете эффективности (см. 7.3 и 7.4),

3) разряд в течение 180 мин с постоянной мощностью при уровне мощности x·500/n кВт (например, сглаживание пика нагрузки в середине дня),

4) не отдавать энергию в течение 60 мин,

5) заряд в течение не более 840 мин при постоянной мощности с уровнем не более x·500/n кВт при ограничении максимального напряжения и общей подаваемой энергии значениями, установленными изготовителем. За время не более 180 мин батарея должна достичь значения СЗЦ, указанного изготовителем. Параметры заряда должны быть документированы в таблице 1,

6) вернуться к перечислению 1) и выполнить операции по перечислениям 1)—5), 7 раз для последовательного получения данных по испытаниям в соответствии с 7.3, 7.4 и 7.5, см. также рисунок 4;

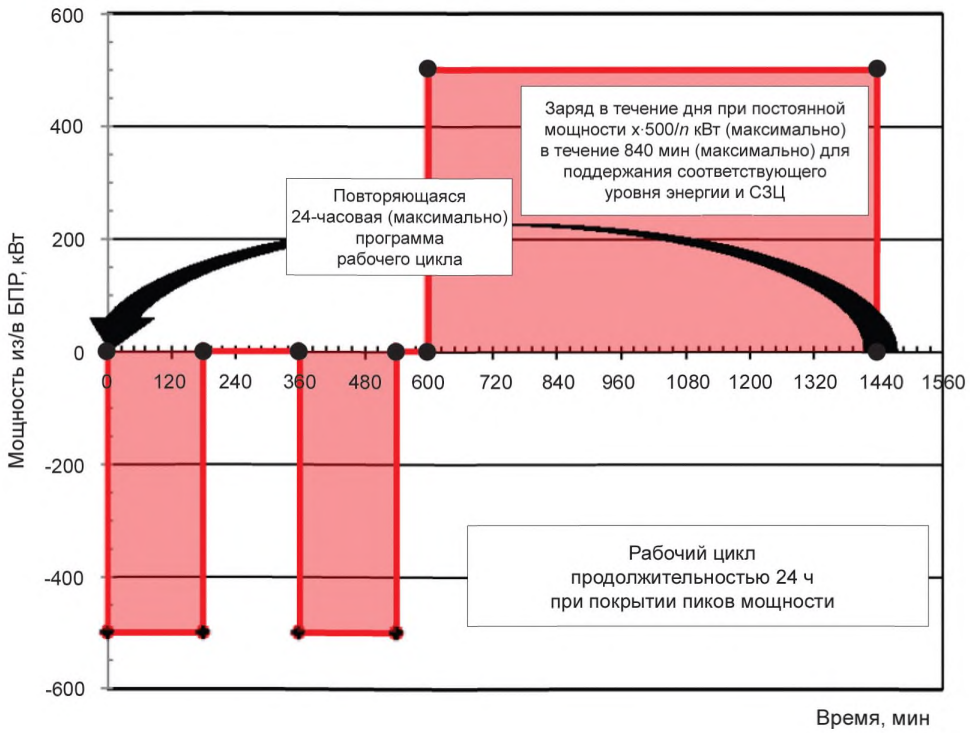


Рисунок 13 — Профиль программы работы в режиме покрытия дневных пиков мощности (см. 6.4)

j) если напряжение ОИБ в перечислении i) превышает установленные изготовителем пределы рабочих напряжений, то способность к отдаче и приему энергии ОИБ и, как следствие, БПР считают утраченной;

k) циклирование должно быть остановлено и предпринята попытка восстановления способности ОИБ к циклированию в соответствии с техническими предписаниями изготовителя. Детали этой операции по восстановлению возможности хранения энергии должны быть документированы в таблице 1;

l) затем должен быть запущен новый набор операций по перечислениям g)—i). Если напряжение ОИБ в перечислении i) снова превысит установленные изготовителем пределы рабочего напряжения в течение семи циклов перечислений 1)—5) перечисления i) (≈1 неделя), то способность ОИБ и, как следствие, БПР к отдаче и приему энергии считают безвозвратно утраченной и батарею рассматривают как достигшую конца своего срока службы. В противном случае последовательность циклов, описанных в перечислении j), должна быть продолжена, пока вновь не будет превышено предельное значение, как описано в перечислении i);

m) выносливость батареи в соответствии с данным сценарием приложения определяют числом завершенных последовательностей перечислений 1)—5) в перечислении i) до достижения конца срока службы в соответствии с перечислением l);

n) энергетическую эффективность в этой части испытаний на выносливость определяют в соответствии с 7.3 или 7.4 и документируют в таблицах 6 и 7 соответственно;

o) выделение тепла при максимальной температуре окружающей среды при испытаниях на выносливость определяют в соответствии с 7.5 и документируют в таблице 10;

p) по завершении определения энергетической эффективности и выделения тепла в соответствии с 7.3—7.5 в испытаниях на выносливость по 6.4, испытание на выносливость следует возобновить на перечислении g). Испытание проводят, игнорируя перечисления 6), n) и o) до тех пор, пока ОИБ не будет объявлен необратимо деградировавшим или пока изготовитель батареи не продемонстрирует объявленный им срок службы конструкции БПР надежной экстраполяцией возможности приема и отдачи энергии в течение долгого времени на ОИБ.

6.5 Испытания на выносливость при работе с временным сдвигом для фотоэлектрических систем (ФЭС)

Условия испытания следующие:

a) изготовитель должен выбрать и определить БПР, которая способна:

1) принимать фотоэлектрическую энергию в дневное время с постоянной мощностью либо 3 и 1,5 кВт, либо 30 и 15 кВт, как в перечислении j) (см. ниже, а также рисунок 12) в пределах диапазона рабочего напряжения батареи, указанного изготовителем, и при тепловом равновесии при температуре окружающего воздуха +25 °С;

2) отдавать запасенную фотоэлектрическую энергию с постоянной мощностью 3 или 30 кВт и

3) выдерживать такую передачу энергии каждый день без превышения установленных изготовителем пределов рабочего напряжения;

b) изготовитель должен указать, из какого числа *n* аккумуляторов, модулей или стеков сформирована такая БПР;

c) изготовитель должен указать долю мощности 3/*n* и 30/*n* кВт, которую будет отдавать или принимать такой аккумулятор, модуль или стек в составе БПР, удовлетворяющей условиям 6.5, перечисление a);

d) изготовитель должен собрать из *x* таких аккумуляторов, модулей или стеков подходящий ОИБ, имеющий по меньшей мере:

1) 4 аккумулятора, соединенных последовательно (только в том случае, когда эти аккумуляторы по отдельности коммерчески доступны), или

2) один или более модулей, содержащих не менее 4 аккумуляторов, соединенных последовательно, или

3) один стек, содержащий по крайней мере 4 проточных элемента, соединенных последовательно, — и включить в их состав соответствующие периферийные устройства СКУ и СББ;

e) когда необходимо испытать на соответствие настоящему стандарту СХЭЭ на основе батареи с отличающимися параметрами мощности и/или запаса энергии, то такой выбор является приемлемым при условии, что все другие положения будут выполнены и это отклонение будет заявлено в документации испытаний;

f) фактическое содержание энергии *E*, кВт·ч, в ОИБ должно быть определено после проведения полного заряда в соответствии со спецификацией изготовителя на термически уравновешенной бата-

рее при температуре окружающего воздуха (25±3) °С проведением разряда с постоянной мощностью 3/*n* и 30/*n* кВт до достижения $U_к$, указанного изготовителем, или предела разряда, устанавливаемого СКУ, так, чтобы получить данные в соответствии с требованиями 7.2;

g) затем ОИБ должен быть полностью заряжен в соответствии с техническими требованиями изготовителя;

h) ОИБ должен быть разряжен до такого значения СЗЦ, чтобы он мог в повторяющихся режимах отдавать или принимать порции мощности и энергии без превышения установленного изготовителем диапазона рабочего напряжения;

i) изготовитель должен указать значение СЗЦ и пути его достижения в таблице 1;

j) затем ОИБ должен быть подвергнут при температуре окружающей среды (25±3) °С непрерывной последовательности импульсов разряда/заряда, определенных в перечислениях 1)—5). Следует контролировать и регистрировать минимальное и максимальное напряжение батареи, а также совокупную емкость и энергию при разрядах и зарядах ОИБ:

1) заряд в течение 240 мин при постоянной мощности на уровне *x*·3/*n* или *x*·30/*n* кВт (активная фаза сохранения фотоэлектрической энергии). Профиль испытания при этом такой, как показано на рисунках 14 и 15,

2) заряд в течение 120 мин при постоянной мощности при уровне 0,5·*x*·3/*n* или 0,5·*x*·30/*n* кВт (активная фаза сохранения фотоэлектрической энергии),

3) выдержка в течение 60 мин без получения или отдачи энергии.

Примечание — Двухступенчатый вид ФЭ профиля сохранения энергии постоянной мощности частично отражает колоколообразный профиль энергетического выхода солнечных батарей в течение дня.

Если СКУ и/или СБВ запитаны непосредственно от батареи, то батарея и в период такого отключения продолжает питать указанные устройства на этапе 3. Соответствующее количество потребленной энергии должно быть учтено при расчете эффективности (см. 7.3, 7.4),

4) разряд с постоянной мощностью при уровне мощности *x*·3/*n* или *x*·30/*n* кВт до достижения установленных изготовителем значений $U_к$, СЗЦ, энергии или разрядной емкости, полученных при разряде (использование запасенной ФЭ энергии), после чего батарея вновь может принимать в течение дневного времени ФЭ энергию с длительностью и уровнем мощности, определенными в перечислениях 1) и 2). Эти параметры разряда должны быть документированы в таблице 1,

5) при прерывании заряда по перечислению 4) не получать и не отдавать энергию в оставшееся до 1440 мин (24 ч) время, составляющее длительность цикла,

6) вернуться к перечислению 1) и выполнить операции, описанные в перечислениях 1)—5), 7 раз для последовательного получения данных по испытаниям в соответствии с 7.3, 7.4 и 7.5, см. также рисунок 4;

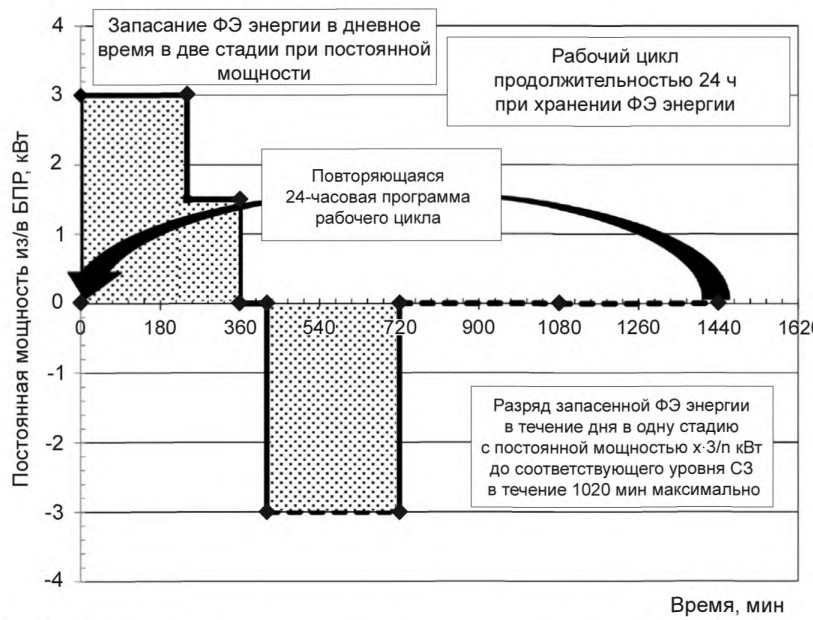


Рисунок 14 — Программа суточного режима с временным сдвигом для фотоэлектрических систем в соответствии с 6.5 — режим 3 кВт

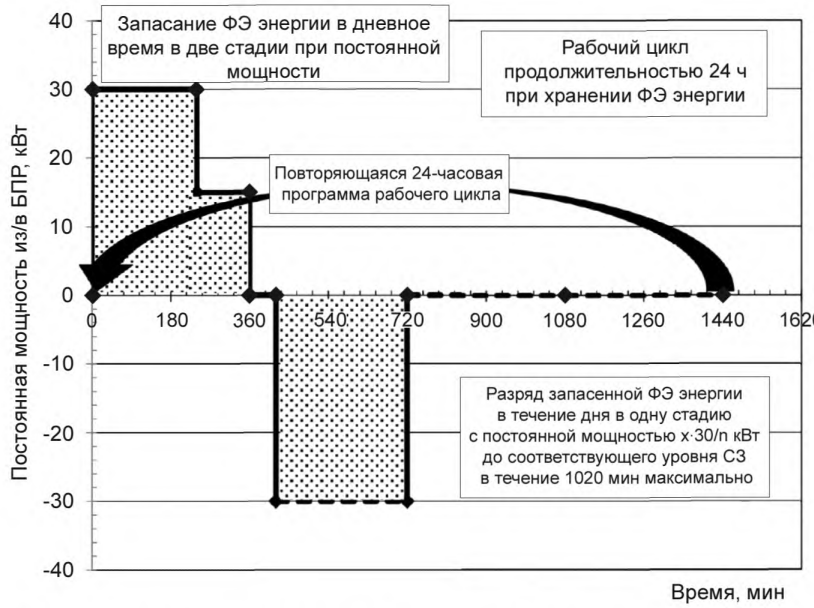


Рисунок 15 — Программа суточного режима с временным сдвигом для фотоэлектрических систем в соответствии с 6.5 — режим 30 кВт

k) если напряжение ОИБ в перечислении j) превышает установленные изготовителем пределы рабочих напряжений, то способность к отдаче и приему энергии ОИБ и, как следствие, БПР считают утраченной;

l) циклирование должно быть остановлено и предпринята попытка восстановления способности ОИБ к циклированию в соответствии с техническими предписаниями изготовителя. Детали этой операции по восстановлению возможности хранения энергии должны быть документированы в таблице 1;

m) затем должен быть запущен новый набор операций, перечисление j). Если напряжение ОИБ в перечислении j) снова превысит установленные изготовителем пределы рабочего напряжения в течение 7 циклов перечислений 1)—5) перечисления j) (1 неделя), то способность ОИБ и, как следствие, БПР к отдаче и приему энергии считают безвозвратно утраченной и батарею рассматривают как достигшую конца своего срока службы. В противном случае последовательность циклов, описанных в перечислении j), должна быть продолжена, пока вновь не будет превышено предельное значение, как описано в перечислении k);

n) выносливость ОИБ в соответствии с данным сценарием приложения определяют числом завершенных последовательностей перечислений 1)—5) перечисления j) до достижения конца срока службы в соответствии с перечислением m);

o) энергетическую эффективность в этой части испытаний на выносливость определяют в соответствии с 7.3 или 7.4 и документируют в таблицах 6 и 7 соответственно;

p) выделение тепла при максимальной температуре окружающей среды при испытаниях на выносливость определяют в соответствии с 7.5 и документируют в таблице 10;

q) по завершении определения энергетической эффективности и выделения тепла в соответствии с 7.3—7.5 в испытаниях на выносливость по 6.5 испытание на выносливость следует возобновить с перечисления g). Испытание проводят, игнорируя перечисления 6), o) и p) до тех пор, пока ОИБ не будет объявлен необратимо деградировавшим или пока изготовитель батареи не продемонстрирует объявленный им срок службы конструкции БПР надежной экстраполяцией возможности приема и отдачи энергии в течение долгого времени на ОИБ.

7 Свойства батарей и электрические характеристики

7.1 Декларация свойств системы

Особенности БПР и ОИБ для испытаний по 6.2—6.5, указанные изготовителем или определенные экспериментально, документируют с соответствующей точностью в таблицах 1—4.

Таблица 1 — Сводные данные электрических характеристик БПР и ОИБ при испытаниях на выносливость

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Содержание энергии при указанном уровне мощности БПР	$P_{БПР}$, кВт					
	$E_{БПР}$, кВт·ч					
Состав БПР: число аккумуляторов, модулей или стеков	n, шт.					
Состав ОИБ: $x \cdot 1/n$ аккумуляторов, модулей или стеков	x, шт.					
Описание метода достижения полного заряда ОИБ	—					
Рабочее напряжение ОИБ	$U_{мин}$, В					
	$U_{макс}$, В					
Мощность и фактическое содержание энергии в ОИБ при разряде в соответствии с 6.x, перечисление f), и 7.2 при температуре окружающей среды (25±3) °С до значения $U_к$ или до значения, устанавливаемого СКУ	P, кВт					
	E, кВт·ч					
	$U_к$, В					
	$U_{СКУ}$, В	СКУ Да/Нет				
Число циклов на выносливость по перечислениям i) или j), выполненное ОИБ до достижения пределов, установленных в перечислениях l) или m)	N					
Значение СЗЦ ОИБ от фактического содержания энергии и способы ее поддержания в испытании на выносливость по 6.2, 6.3 и 6.5 в течение времени	СЗЦ, %			Н/п		
	$E_{СЗЦ}$, кВт·ч					
	Профиль (a, b или c)					
Параметры профиля a при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной изготовителем	a, кВт			Н/п	Н/п	Н/п
Параметры профиля b при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной изготовителем	t, мин			Н/п	Н/п	Н/п
Параметры профиля c при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной изготовителем	K, цикл			Н/п	Н/п	Н/п
	P, кВт					
	t, мин					
Параметры заряда при работе в режиме покрытия пиков мощности по 6.4, перечисление i), рекомендованные изготовителем	СЗЦ, %	Н/п	Н/п		Н/п	Н/п
	P, кВт					
	t, мин					
	$U_{макс}$, В					

Окончание таблицы 1

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Параметры разряда при работе в режиме работы с временны̀м сдвигом для ФЭС по 6.5, перечисления 4) и j), рекомендованные изготовителем	СЗЦ, %	Н/п	Н/п	Н/п		
	E, кВт·ч					
	C, А·ч					
	$U_к$, В					
Метод восстановления способности ОИБ к хранению заряда по 6.x, используемый в перечислениях k) или l) и указанный изготовителем	Описание					
Число ОИБ для испытаний на выносливость и определение рабочих характеристик	N, шт.					
Наличие соответствующей СКУ и/или СББ для управления ОИБ	—	Да/Нет				
Примечание — Н/п — испытание не проводят.						

Таблица 2 — Сводные данные физических характеристик БПР

Наименование характеристики	Значения для образцов батарей при испытании по				
	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
	при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
	500—1000	180—360	500	3	30
Наличие соответствующей СКУ и/или СББ для управления БПР	Да/Нет				
Площадь проекции БПР с установленными СКУ и СББ, м^2					
Вес БПР с установленными СКУ и СББ, кг					
Высота БПР с установленными СКУ и СББ, м					

Таблица 3 — Сводное описание БПР

Наименование характеристики	Значения для образцов батарей при испытании по				
	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
	при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
	500—1000	180—360	500	3	30
Электрохимическая система					
Назначение					
Изготовитель					
Версия исполнения, включая программное обеспечение					
Дополнительная информация					

Таблица 4 — Сводное описание ОИБ

ОИБ для испытаний по	Описание, дополнительные страницы
6.2	
6.3	
6.4	
6.5 — 3 кВт	
6.5 — 30 кВт	
Примечание — Описание должно обеспечивать понимание конструктивных особенностей и характеристик ОИБ, позволяющее экстраполирование его рабочих характеристик на БПР.	

7.2 Определение содержания энергии при температуре окружающей среды +25 °С

Определяют и документируют значения рабочих характеристик ОИБ, выдержанного при температуре окружающей среды (25±3) °С. Эти данные получают попутно при проведении испытаний по 6.2—6.5 и перечислению f).

Полученные данные заносят в таблицу 5.

Таблица 5 — Сводные данные рабочих характеристик при разряде с постоянной мощностью при температуре окружающей среды (25±3) °С

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500	180	500	3	30
Мощность и фактическое содержание энергии в ОИБ при разряде в соответствии с 6.x, перечисление f), и 7.2 при температуре окружающей среды (25±3) °С до значения $U_к$ или до значения, устанавливаемого СКУ	P, кВт					
	E, кВт·ч					
	$U_к$, В					
	СКУ (Да/нет) $U_к$, В					
Напряжение разомкнутой цепи полностью заряженного ОИБ перед разрядом постоянной мощностью при температуре окружающей среды (25±3) °С	В					
Конечное напряжение разряда ОИБ	$U_к$, В					
Напряжение на клеммах ОИБ после 10 % продолжительности разряда при постоянной мощности	В					
Напряжение на клеммах ОИБ после 50 % продолжительности разряда при постоянной мощности	В					
Ток после 10 % продолжительности разряда при постоянной мощности	А					
Ток при достижении значения $U_к$ или до значения, устанавливаемого СКУ	А					

Окончание таблицы 5

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500	180	500	3	30
Общая длительность разряда при постоянной мощности до значения $U_к$ или до значения, устанавливаемого СКУ	мин					
Фактическая энергия, полученная от ОИБ при разряде	E, кВт·ч					
Фактическая емкость, полученная от ОИБ при разряде при определении содержания фактической энергии	А·ч					

7.3 Определение энергетической эффективности при температуре окружающей среды (25±3) °С

Энергетическую эффективность хранения энергии ОИБ определяют при температуре окружающей среды (25±3) °С и документируют. Эти данные получают попутно при проведении испытаний по 6.2—6.5 начиная с перечисления g) и через 840, 210, 7 и 7 циклов по 6.2, 6.3 и 6.5, перечисление j), или по 6.4, перечисление i), соответственно.

Испытания проводят с ОИБ и его подсистемами, схематично изображенными на рисунке 16.

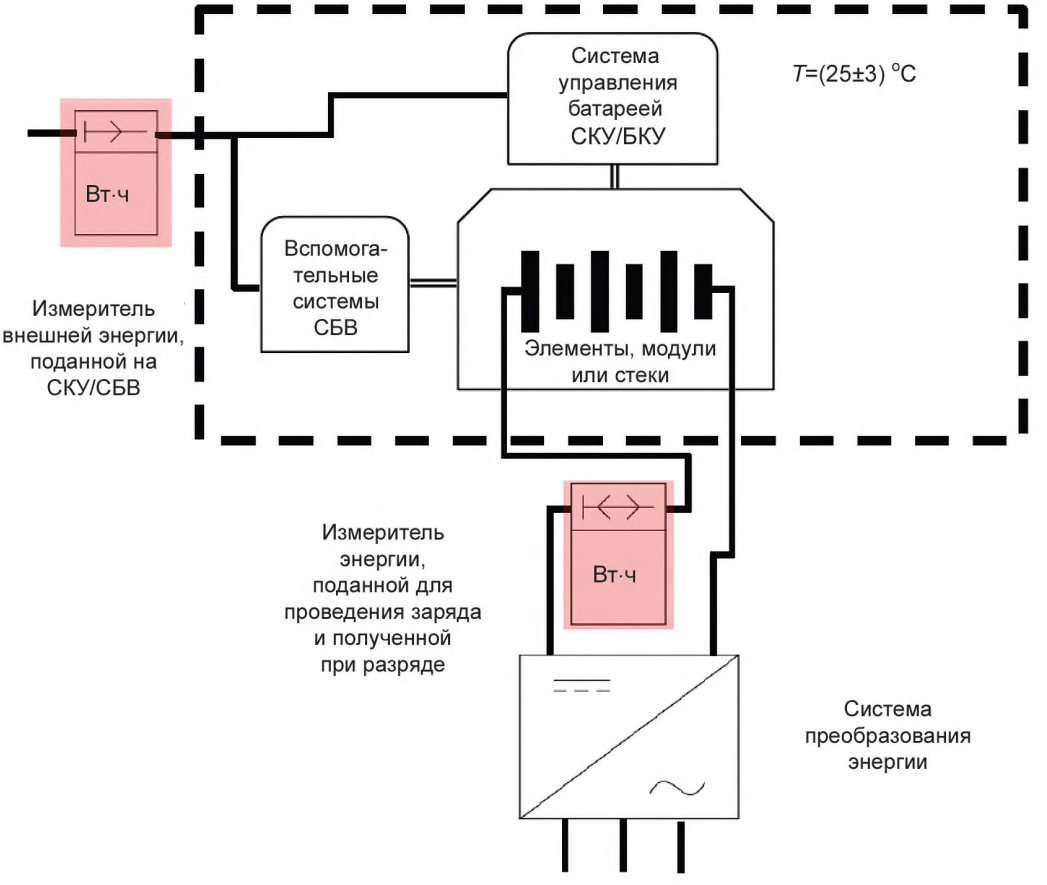


Рисунок 16 — Схематичное представление расположения двух точек измерения энергии (к вспомогательным системам и энергии к и от ОИБ) при определении η

Коэффициент эффективности хранения энергии η — отношение полезной энергии при разряде (разность между количеством энергии, отданной при разряде, и энергии, потребленной вспомогательными системами СКУ/СББ при разряде) и общей энергии заряда (сумма количества энергии, использованной непосредственно на заряд, и количества энергии, потребленной вспомогательными системами СКУ/СББ на стадии заряда) определяют по формуле

$$\eta = \frac{E_{\text{вых.}}}{E_{\text{вх.}}} = \frac{E_{\text{разр.}} - E_{\text{всп., разр.}}}{E_{\text{зар.}} - E_{\text{всп., зар.}}}. \quad (1)$$

Это значение рассчитывают по значениям в начале и в конце испытания на выносливость, чтобы отследить возможные изменения эффективности, и приводят в таблице 6.

Таблица 6 — Сводные данные по энергетической эффективности в испытаниях на выносливость при температуре окружающей среды (25±3) °С

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Декларированное число циклов в испытании на выносливость и определении η по 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, перечисление i) или j)	N	840	210	7	7	7
Число циклов, зафиксированное при испытании на выносливость и определении η	N					
Количество энергии, потребленное СКУ и СББ ОИБ, в течение зафиксированного числа циклов по перечислению i) или j)	кВт·ч					
Количество энергии, использованной на заряд ОИБ в течение зафиксированного числа циклов по перечислению i) или j)	кВт·ч					
Количество энергии, полученной при разряде ОИБ в течение зафиксированного числа циклов по перечислению i) или j)	кВт·ч					
Значение η: - в начале испытаний; - в конце испытаний, см. формулу (1)	— —					

Примечание — Показатели энергетической эффективности связаны с эффективностью электрохимической реакции во время разряда и заряда, энергией, потребляемой вспомогательными устройствами, и стратегией зарядки, используемой для поддержания требуемой СЗЦ батареи.

7.4 Определение энергетической эффективности при минимальной и максимальной температуре окружающей среды

Энергетическую эффективность хранения энергии ОИБ определяют при минимальной и максимальной температуре окружающей среды, установленной изготовителем, при которой батарея работоспособна. Эти данные получают попутно при проведении испытаний по 6.2—6.5 начиная с перечисления g) и через 840, 210, 7 и 7 циклов по 6.2, 6.3 и 6.5, перечисление j), или по 6.4, перечисление i), соответственно.

Полученные данные заносят в таблицу 7.

а) ОИБ, включая возможные внешние объемы электролита, до начала испытаний циклированием должны быть выдержаны при заданной изготовителем минимальной температуре окружающей среды с допустимым отклонением в пределах ±3 °С в течение (24±1) ч. Это может быть достигнуто размещением ОИБ в камере с регулируемой температурой и принудительной воздушной конвекцией или другими эквивалентными средствами.

Если температурные ограничения отличаются от значений, допустимых при заряде или разряде, возможен выбор значения, подходящего для обоих условий;

b) находящийся внутри камеры ОИБ, начиная с перечисления g), подвергают циклам испытаний;

c) в течение требуемой последовательности циклов по перечислениям i) или j) условия стабилизации СЗЦ подлежат адаптации так, чтобы установленный изготовителем уровень СЗЦ достигался и поддерживался также при низкой температуре окружающей среды. Эти условия документируют в таблице 8;

d) по завершении испытаний при низкой температуре ОИБ должен быть полностью заряжен в соответствии со спецификациями изготовителя;

e) ОИБ, включая возможные внешние объемы электролита, до начала испытаний циклированием должны быть выдержаны при заданной изготовителем максимальной температуре окружающей среды с допустимым отклонением в пределах ±3 °С в течение (24±1) ч. Это может быть достигнуто размещением ОИБ в камере с регулируемой температурой и принудительной воздушной конвекцией или другими эквивалентными средствами;

f) находящийся внутри камеры ОИБ, начиная с перечисления g), подвергают циклам испытаний;

g) в течение требуемой последовательности циклов по перечислениям i) или j) условия стабилизации СЗЦ подлежат адаптации так, чтобы указанный изготовителем уровень СЗЦ достигался и поддерживался также при высокой температуре окружающей среды. Эти условия документируют в таблице 9;

h) по завершении испытаний при низкой температуре ОИБ должен быть полностью заряжен в соответствии со спецификациями изготовителя;

i) коэффициент эффективности хранения энергии η определяют по формуле (1) для обоих значений температуры во время соответствующих испытаний на выносливость и документируют в таблице 7.

Таблица 7— Сводные данные энергетической эффективности, определенной в циклических испытаниях на выносливость при минимальной и максимальной температуре окружающей среды

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Декларированное число циклов в испытании на выносливость по определению η	N	840	210	7	7	7
Число циклов, зафиксированное при испытании на выносливость и определении η	N					
Количество энергии, потребленное СКУ и СБВ ОИБ, в течение зафиксированного числа циклов по перечислению i) или j)	кВт·ч					
	t, °$C_{мин}$					
	кВт·ч					
	t, °$C_{макс}$					
Количество энергии, использованной на заряд ОИБ в течение зафиксированного числа циклов по перечислению i) или j)	кВт·ч					
	t, °$C_{мин}$					
	кВт·ч					
	t, °$C_{макс}$					
Количество энергии, полученной при разряде ОИБ в течение зафиксированного числа циклов по перечислению i) или j)	кВт·ч					
	t, °$C_{мин}$					
	кВт·ч					
	t, °$C_{макс}$					

Окончание таблицы 7

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Значение η: - при минимальной температуре окружающей среды;	—					
- при максимальной температуре окружающей среды, см. формулу (1)						

Таблица 8 — Параметры, необходимые для достижения и поддержания СЗЦ при проведении испытаний при минимальной температуре окружающей среды

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Рабочее напряжение ОИБ	$U_{мин}$, В					
	$U_{макс}$, В					
Значение СЗЦ ОИБ от фактического содержания энергии и способы ее поддержания в испытании на выносливость по 6.2, 6.3 и 6.5	СЗЦ, %			Н/п		
	$E_{СЗЦ}$, кВт·ч					
	Профиль (a, b или c)					
Параметры профиля a при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной изготовителем	a, кВт			Н/п	Н/п	Н/п
Параметры профиля b при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной изготовителем	t, мин					
Параметры профиля c при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной производителем	K, цикл					
	P, кВт					
	t, мин					
Параметры заряда при работе ОИБ в режиме покрытия пиков мощности по 6.4, перечисление i), рекомендованные изготовителем	СЗЦ, %	Н/п	Н/п		Н/п	Н/п
	P, кВт					
	t, мин					
	$U_{макс.}$, В					
Параметры разряда при работе ОИБ в режиме работы с временным сдвигом для ФЭС по 6.5, перечисления 4) и j), рекомендованные изготовителем	СЗЦ, %	Н/п	Н/п	Н/п		
	E, кВт·ч					
	C, А·ч					
	$U_к$, В					

Окончание таблицы 8

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Метод восстановления способности ОИБ к хранению заряда по 6.x, перечисление k) или l), указанный изготовителем	P, кВт					
Наличие СКУ и/или СБВ для управления ОИБ	—	Да/нет				
Примечание — Н/п — испытание не проводят.						

Таблица 9 — Параметры, необходимые для достижения и поддержания СЗЦ при проведении испытаний при максимальной температуре окружающей среды

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Рабочее напряжение ОИБ	$U_{мин}$, В					
	$U_{макс}$, В					
Значение СЗЦ ОИБ от фактического содержания энергии и способы ее поддержания в испытании на выносливость по 6.2, 6.3 и 6.5	СЗЦ, %			Н/п		
	$E_{СЗЦ}$, кВт·ч					
	Профиль (a, b или c)					
Параметры профиля a при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной изготовителем	a, кВт			Н/п	Н/п	Н/п
Параметры профиля b при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной изготовителем	t, мин					
Параметры профиля c при использовании его в процедуре поддержания СЗЦ, используемой в 6.2, перечисления 8) и j), и в 6.3, перечисления 8) и j), рекомендованной производителем	K, цикл					
	P, кВт					
	t, мин					
Параметры заряда при работе ОИБ в режиме покрытия пиков мощности по 6.4, перечисление i), рекомендованные изготовителем	СЗЦ, %	Н/п	Н/п		Н/п	Н/п
	P, кВт					
	t, мин					
	$U_{макс.}$, В					

Окончание таблицы 9

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Параметры разряда при работе ОИБ в режиме работы с временным сдвигом для ФЭС по 6.5, перечисления 4) и j), рекомендованные изготовителем	СЗЦ, %	Н/п	Н/п	Н/п		
	E, кВт·ч					
	C, А·ч					
	$U_к$, В					
Метод восстановления способности ОИБ к хранению заряда по 6.x, перечисление k) или l), указанный изготовителем	P, кВт					
Наличие СКУ и/или СБВ для управления ОИБ	—	Да/нет				
Примечание — Н/п — испытание не проводят.						

7.5 Определение отводимого тепла, генерируемого в ходе испытаний на выносливость при максимальной температуре окружающей среды

Батареи выделяют тепло в режиме ожидания, заряда или разряда. Выделяемое тепло является результатом изменений энтальпии при электрохимических реакциях, омического нагрева и неэффективности преобразования энергии вторичных систем, таких как СКУ и СБВ.

Потери энергии, выделяемой ОИБ в виде тепла, определяют при максимальной температуре окружающей среды и документируют. Эти данные получают попутно при проведении испытаний по 6.x и 7.4 при максимальной температуре окружающей среды.

Особое внимание должно быть уделено правильному масштабированию величин выделения тепла ОИБ к соответствующим величинам БПР. Количество выделяющегося тепла получают интегрированием абсолютных значений энергии, как показано на рисунке 17.

Интегрирование осуществляют в течение определенных периодов времени испытаний на выносливость при циклировании по 7.4, перечисления i) и j), и значение выделяющегося тепла E_w, кВт·ч, рассчитывают по формуле (2) и документируют в таблице 10.

$$E_w = \Sigma E_{вс} + \Sigma E_з - \Sigma E_р, \quad (2)$$

где $E_{вс}$ — энергия, поданная на СКУ/СБВ;

$E_з$ — энергия, использованная непосредственно на заряд батареи;

$E_р$ — энергия, полученная при разряде батареи.

Примечания

1 1 кВт·ч энергии соответствует 895 ккал или 3,6 МДж; 1 кВт мощности соответствует 895 ккал/ч или 3,6 МДж/ч.

2 Предполагают, что вся энергия, поданная в СКУ/БМУ и СБВ, полностью перешла в тепло.

Величины потери энергии/тепловыделения предназначены только для оценки и не являются постоянными в течение цикла передачи энергии. При расчете элементов, обеспечивающих охлаждение или нагрев, необходимо принять во внимание временную зависимость интенсивности тепловыделения.

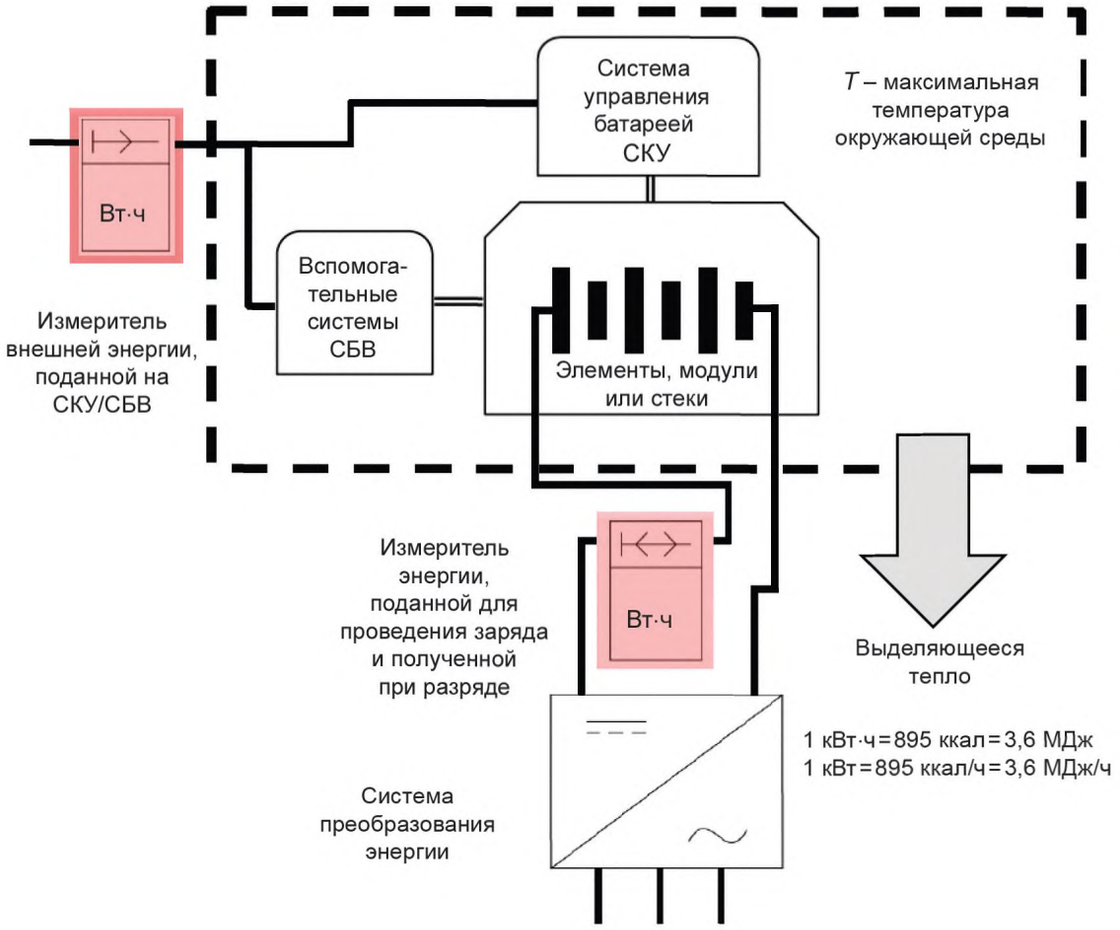


Рисунок 17 — Схематичное представление расположения двух точек измерения энергии (энергии к вспомогательным системам и энергии к и от батареи), используемых для определения энергии, выделяющейся и отводимой в виде тепла

Таблица 10 — Сводные данные энергии, выделяемой в виде тепла во время испытаний на выносливость при максимальной температуре окружающей среды

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Декларированное число циклов в испытании на выносливость по 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, перечисление i) или j), при которых происходят потери энергии E_w в результате выделения тепла	N	840	210	7	7	7
Фактическое число циклов в испытании на выносливость по перечислениям i) и j), при которых определен фактор потери энергии	N					
Количество энергии, потребленной СКУ и СБВ ОИБ при фактическом числе циклов	A, кВт·ч					
	t, °C$_{макс}$					

Окончание таблицы 10

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Количество энергии, использованной на заряд ОИБ при фактическом числе циклов	B, кВт·ч					
	t, °C$_{макс}$					
Количество энергии, полученной при разряде ОИБ при фактическом числе циклов	C, кВт·ч					
	t, °C$_{макс}$					
Потери энергии, выделившейся в виде тепла при испытаниях ОИБ $E_w = A + B - C$	кВт·ч					
	МДж					
	ккал					
Комментарии и замечания в отношении возможности масштабирования данных по выделению тепла	—					

7.6 Определение потребности в энергии во время периодов бездействия при температуре окружающей среды +25 °C

Батареи требуют энергии в период режима ожидания, для того чтобы компенсировать потери от саморазряда и удовлетворения потребностей в энергии СКУ и СБВ.

Батарея в режиме ожидания готова начать предоставлять и принимать энергию по требованию приложения с необходимым ему временем реакции.

Примечание — Время реакции может изменяться от нескольких миллисекунд (длительность половины синусоиды переменного тока) до нескольких секунд.

Энергию, необходимую ОИБ в режиме ожидания, определяют и документируют.

Энергию, необходимую для поддержания батареи в режиме ожидания, определяют для каждого ОИБ по 6.2—6.5 при температуре окружающего воздуха (25±3) °C наблюдением в течение 30 дней:

a) за количеством энергии подзаряда, необходимым для поддержания ОИБ на уровне СЗЦ, соответствующей для рабочих циклов по 6.2—6.4, перечисление i) или j), и

b) за количеством электрической энергии, потребляемой СКУ и СБВ, необходимым для поддержания ОИБ на уровне СЗЦ, соответствующей для рабочих циклов по 6.2—6.4, перечисление i) или j), — и полученные данные заносят в таблицу 6, см. также рисунок 18.

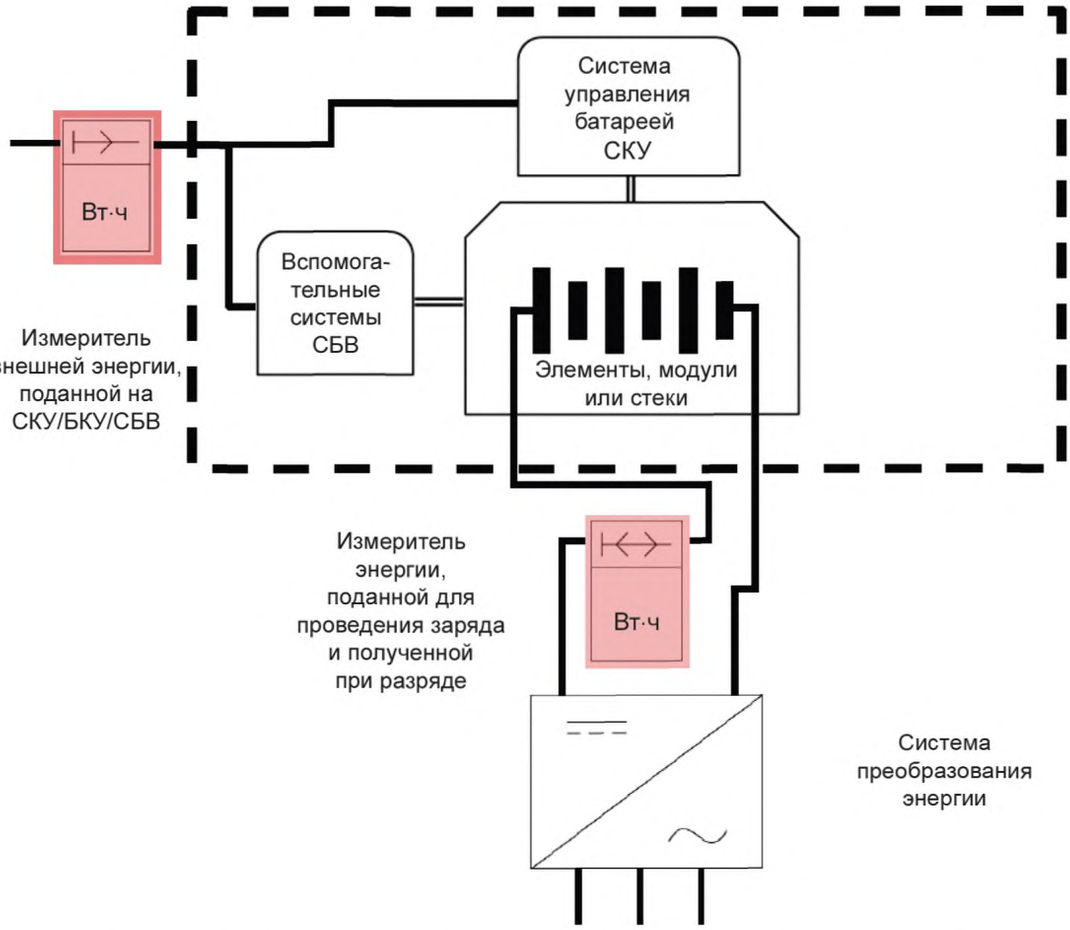


Рисунок 18 — Схематичное представление расположения двух точек измерения энергии (энергии, поданной вспомогательным системам, и энергии, поданной в батарею) для определения потребностей в ней в период режима ожидания батареи

Таблица 11 — Сводные данные значений энергии, необходимой в режиме ожидания при температуре окружающей среды (25±3) °С

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Продолжительность определения величины энергии обслуживания $E_{об.}$, необходимой для поддержания рабочего состояния ОИБ	—					
Количество энергии, потребленной СКУ и СБВ ОИБ в режиме ожидания для поддержания СЗЦ, установленной для целей испытаний на выносливость, в течение фактического числа дней	А, кВт·ч					
Количество энергии, использованной на заряд ОИБ в режиме ожидания для поддержания СЗЦ, установленной для целей испытаний на выносливость, в течение фактического числа дней	В, кВт·ч					

Окончание таблицы 11

Наименование характеристики	Обозначение и ед. измерений	Значения для образцов батарей при испытании по				
		6.2	6.3	6.4	6.5	6.5
		при декларированной $P_{БПР}$, кВт				
		500—1000	180—360	500	3	30
Энергия обслуживания ОИБ в режиме ожидания $E_{об.} = A + B$	кВт·ч					
и соответствующее значение в сутки	кВт·ч/в сут					

Примечание — Величины требуемой энергии, полученные при +25 °С, могут изменяться при более высокой или низкой температуре окружающей среды.

Приложение А
(справочное)

Аспекты опасности батарей

А.1 Общие вопросы

Батареи, предназначенные для хранения электрической энергии, могут быть источниками опасного напряжения, высоких неконтролируемых электрических токов и опасных и токсичных химических соединений.

Опасностям, возможным для таких батарей, необходимо уделить внимание при их разработке и проведении квалификационных испытаний на уровне как отдельных аккумуляторов, так и модулей. Рекомендуется разработка отдельных стандартов на батареи, рассматривающих аспекты опасности.

Учитывая значительные размеры и сложность аккумуляторных систем и связанных с ними элементов управления, необходимо в самом начале стадии их проектирования проводить анализ для оценки возможных опасностей и рисков.

Для оценок могут быть использованы стандарты: МЭК 60812, МЭК 61025, серии МЭК 61508, МЭК 60730-1 (приложение Н) и другие подходящие функциональные стандарты безопасности и методы, например FTA, FMEA [1)].

Оценка должна быть проведена до закупок продукции в сотрудничестве изготовителей батарей, изготовителей и интеграторов батарейных систем и будущего оператора СХЭЭ.

А.2 Примеры

Неполный список источников опасности и событий перечислен в таблицах А.1 и А.2. Их появление связано с химическими аспектами, конструкцией аккумуляторов и полноразмерных батарей, технологиями, использованными при производстве батарей.

Таблица А.1 — Перечень возможных опасностей, связанных с батареями, которые необходимо учитывать при оценке рисков

Примеры опасных явлений или событий, связанных с батареями
Выбросы горючих, токсичных или взрывоопасных газов
Выбросы горючих, токсичных или коррозионных жидкостей
Выбросы горючих или токсичных твердых компонентов
Токи короткого замыкания на землю
Тепловые разрушения и связанные с этим травмы персонала
Прекращение корректного функционирования системы
Электрическая дуга и поражения электрическим током

Таблица А.2 — Перечень возможных опасностей, связанных с установками, которые необходимо учитывать при оценке рисков

Примеры внешних опасностей или событий, влияющих на батарею
Прекращение функционирования воздушного кондиционирования и охлаждения батареи
Прекращение функционирования вентиляции батарейного отсека
Прекращение функционирования контроля нагрева
Прекращение функционирования контроля напряжения батареи
Переразряд аккумуляторов из-за замыкания на землю
Перезаряд СХЭЭ из-за потери функции управления, ошибки калибровки шунта или изменения его параметров или ошибок программного обеспечения

[1)] Справка разработчика стандарта: FTA — Fault Tree Analysis (Анализ дерева отказов); FMEA — Failure Mode and Effects Analysis (Анализ видов и последствий отказов).

Окончание таблицы А.2

Примеры внешних опасностей или событий, влияющих на батарею
Короткое замыкание в контролирующих и диагностирующих цепях батареи
Короткое замыкание в силовых кабелях от аккумулятора к распределенной системе управления или нагрузке по постоянному току
Потери функций СКУ/СББ
Сейсмические явления
Пожар в непосредственной близости от аккумулятора
Срабатывание системы пожаротушения, воздействие капель воды и затопления
Разрушение аккумуляторов из-за разрушения стоек или здания
Вандализм и кражи
Ошибки оператора
Неправильная утилизация и переработка аккумуляторов и модулей

Библиография

Следующие стандарты и технические отчеты дают полезную справочную информацию относительно элементов и батарей, которые испытывают в соответствии с настоящим стандартом. Текущий статус последних версий приведен на сайте gost.e-ecolog.ru

EC 60050 (all parts)	International Electrotechnical Vocabulary (available from: gost.e-ecolog.ru)
IEC 60623	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Vented nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells
IEC 60730-1	Automatic electrical controls — Part 1: General requirements
IEC 60812	Analysis techniques for system reliability — Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)
IEC 60896-11	Stationary lead-acid batteries — Part 11: Vented types — General requirements and methods of tests
IEC 60896-21	Stationary lead-acid batteries — Part 21: Valve regulated types — Methods of test
IEC 60896-22	Stationary lead-acid batteries — Part 22: Valve regulated types — Requirements
IEC 61025	Fault tree analysis (FTA)
IEC 61427-1	Secondary cells and batteries for renewable energy storage — General requirements and methods of test — Part 1: Photovoltaic off-grid application
IEC 61508 (all parts)	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
IEC 61508-7	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 7: Overview of techniques and measures
IEC/TR 62060	Secondary cells and batteries — Monitoring of lead acid stationary batteries — User guide
IEC 62133	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications
IEC 62259	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Nickel-cadmium prismatic secondary single cells with partial gas recombination
IEC 62485-1	Safety requirements for secondary batteries and battery installations — Part 1: General safety information
IEC 62485-2	Safety requirements for secondary batteries and battery installations — Part 2: Stationary batteries
IEC 62485-3	Safety requirements for secondary batteries and battery installations — Part 3: Traction batteries
IEC 62619	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Safety requirements for large format secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications[1)]
IEC 62620	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications
IEC 62675	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes — Sealed nickel-metal hydride prismatic rechargeable single cells
IEC 62897	Stationary Energy Storage Systems with Lithium Batteries — Safety Requirements[1)]

[1)] В стадии разработки.

УДК 621.355.9:006.354 ОКС 29.220.99; 27.160 ОКП 34 8000

Ключевые слова: аккумуляторы, батареи аккумуляторные, источники энергии возобновляемые, общие требования, методы испытаний, сетевое применение

Редактор *Е.В. Алехина*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.Е. Кругова*

Сдано в набор 18.10.2016. Подписано в печать 12.11.2016. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,63. Тираж 28 экз. Зак. 2783.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru