ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ГОСТ Р МЭК 62124— 2013**

# СИСТЕМЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АВТОНОМНЫЕ

# ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ

**IEC 62124: 2004**
**Photovoltaic (PV) stand-alone systems – Design verification**

**(IDT)**

**Издание официальное**

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Государственным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» (ВИЭСХ) на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 039 «Энергосбережение, энергетическая эффективность, энергоменеджмент»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09 декабря 2013 г. № 2207-ст с 01 января 2015 г.

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 62124:2004 «Системы фотоэлектрические автономные. Проверка конструкции» (IEC 62124:2004 «Photovoltaic (PV) stand-alone systems – Design verification»)

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

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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.ru)*

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть 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 ..... 2
3 Сокращения ..... 2
4 Методика испытаний ..... 3
5 Выбор образцов ..... 4
6 Маркировка ..... 4
7 Комплектация ..... 4
8 Требования к компонентам ..... 5
9 Руководство по эксплуатации ..... 6
10 Техническое руководство ..... 7
11 Основные неисправности ..... 7
12 Нагрузка ..... 8
13 Общая последовательность испытаний на работоспособность ..... 8
14 Испытания в натурных условиях ..... 11
15 Испытания в помещении с использованием имитатора солнечного излучения ..... 13
16 Испытания в помещении с использованием имитатора фотоэлектрического модуля ..... 16
17 Условия успешных испытаний ..... 17
18 Определение точки энергетического баланса системы ..... 18
19 Изменения ..... 18
20 Протокол испытаний ..... 18
Приложение А (обязательное) Классификация прихода солнечной радиации и систем ..... 20
Приложение В (обязательное) Испытательное оборудование ..... 21
Приложение С (обязательное) Определение выходных характеристик имитатора при испытаниях системы в помещении с применением имитатора фотоэлектрического модуля ..... 23
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации и действующему в этом качестве межгосударственному стандарту ..... 27
Библиография ..... 28

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# СИСТЕМЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АВТОНОМНЫЕ
## Проверка работоспособности

Photovoltaic stand-alone systems. Operability verification

**Дата введения – 2015-01-01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на фотоэлектрические автономные системы и устанавливает требования к комплектации и компонентам, методы и порядок испытаний, применяемые к автономным фотоэлектрическим системам. Стандарт относится к системам, состоящим из одного или более фотоэлектрических модулей, несущей конструкции, аккумуляторной(ых) батареи(й), зарядного устройства и типовых нагрузок постоянного тока таких, как светильники, радиоприемники, телевизоры и холодильники. Нагрузки переменного тока с принадлежащими им преобразователями рассматриваются в качестве нагрузок постоянного тока. С точки зрения с точки зрения проверки работоспособности автономной фотоэлектрической системы и ее аттестации заданные изготовителем нагрузки являются составной частью системы.

Основным назначением установленных в настоящем стандарте методов испытаний является оценка работоспособности автономной фотоэлектрической системы в целом. Несмотря на то что компоненты системы, возможно, удовлетворяют стандартам на эти компоненты по безопасности и функционированию в соответствующих условиях окружающей среды, для обеспечения надлежащей работы компонентов в комплексе, с характеристиками системы, заявленными изготовителем, требуется дополнительная аттестация полностью собранного изделия. Проверка работоспособности состоит из проверки возможности нормального функционирования, проверки автономного режима и способности к восстановлению после периодов глубокого разряда батареи, обеспечивая, таким образом, известную уверенность в том, что система преждевременно не выйдет из строя.

Отдельные подсистемы и компоненты также могут быть рассмотрены, но только с точки зрения оценки работоспособности всей системы.

Результаты устанавливаемых испытаний применимы только к тем компонентам, с которыми они проводились. При любых изменениях компонентов или характеристик компонентов требуется переаттестация.

Примечание — Исключением из этого правила является нагрузка, для нее повторение испытаний необязательно. Повторные испытания не проводят, если номинальная мощность нагрузки и ее характеристики не изменились, и при этом тип новой нагрузки уже проходил испытания (в предположении, что результаты испытаний типа доступны), а также при условии, что рабочая частота прежнего электронного регулятора нагрузки (при наличии), который был испытан и подлежит замене, отличается от частоты нового не более чем на 50 %. Замена, таким образом, чисто активной нагрузки на светильники с высокочастотным электронным балластом потребует проведения повторных испытаний, при замене же светильников с электронными преобразователями с одного типа на другой повторные испытания не требуются.

Настоящий стандарт распространяется на испытания фотоэлектрических автономных систем вне помещений в натурных условиях, аналогичных условиям эксплуатации, и на испытания в помещении с имитируемыми условиями. Условия испытаний, устанавливаемые в настоящем стандарте, отражают большую часть климатических зон, для которых предназначены автономные фотоэлектрические системы.

Настоящий стандарт распространяется на серийно выпускаемые системы и системы, созданные по индивидуальному проекту. В случае систем, созданных по индивидуальному проекту, испытания проходит только одна система. Система проходит все установленные в настоящем стандарте испытания в указанных условиях и/или на месте эксплуатации.

**Издание официальное**

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на приведенные ниже стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание. Для недатированных ссылок применяют последнее издание указанного документа (со всеми поправками).

МЭК 60364-7-712 Установки электрические зданий. Часть 712. Требования к специальным установкам или расположению. Системы питания с использованием фотоэлектрических солнечных батарей (IEC 60364-7-712, Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems)

МЭК 60904-1 Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик фотоэлектрических приборов (IEC 60904-1, Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics)

МЭК 60904-2 Приборы фотоэлектрические. Часть 2. Требования к эталонным солнечным элементам (IEC 60904-2, Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar cells)

МЭК 60904-5:1993 Приборы фотоэлектрические. Часть 5. Определение эквивалентной температуры элементов фотоэдс [IEC 60904-5:2011, Photovoltaic devices – Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method]

МЭК 61215 Модули фотоэлектрические наземные из кристаллического кремния. Оценка конструкции и утверждение по образцу (IEC 61215, Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval)

МЭК 61646 Модули фотоэлектрические тонкопленочные для наземного применения. Квалификационная оценка конструкции и утверждение по образцу (IEC 61646, Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval)

МЭК 61730-1 Аттестация фотогальванического модуля на безопасность. Часть 1. Требования к конструкции [IEC 61730-1, Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction]

МЭК 61730-2 Аттестация фотогальванического модуля на безопасность. Часть 2. Требования к испытаниям [IEC 61730-2, Photovoltaic (PV) module safety qualification. Part 2: Requirements for testing)]

МЭК 62093 Компоненты равновесия фотоэлектрических систем. Определение природных сред (IEC 62093, Balance-of-system components for photovoltaic systems – Design qualification natural environments)

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку

## 3 Сокращения

АБ – аккумуляторная батарея;
ВАХ – вольт-амперная характеристика;
НРТЭ – номинальная рабочая температура элемента
ОВН – отключение по высокому напряжению (уставка зарядного устройства);
ОНН – отключение по низкому напряжению (уставка зарядного устройства);
ПЕБ – полезная емкость аккумуляторной батареи;
СУИ – стандартные условия испытаний.

## 4 Методика испытаний

### 4.1 Методы

Методы испытаний делят на три типа: проверка функционирования, испытания автономного режима и испытания возможности восстановления. Испытания допускается проводить в натурных условиях и в помещении. Общая последовательность испытаний определена в разделе 13. В разделе 14 установлены испытания согласно этой последовательности, проводимые в натурных условиях, в разделах 15 и 16 – проводимые в помещении с использованием имитатора солнечного излучения и имитатора фотоэлектрических модулей соответственно.

Натурные испытания рекомендуется проводить только в том случае, когда условия натурных испытаний на испытательном полигоне сходны с условиями натурных испытаний, установленными в настоящем стандарте. В том случае, когда натурные условия на испытательном полигоне значительно отличаются, рекомендуется проводить испытания в помещении.

Приведенные в настоящем стандарте условия испытаний по температуре и освещенности представляют большую часть возможных мест установки систем. Если климатические условия эксплуатации значительно отличаются от условий испытаний, приведенных в настоящем стандарте, методы испытаний допускается модифицировать.

4.2 Порядок испытаний

Испытания систем проводят в соответствии с настоящим стандартом в порядке указанном ниже.

Персонал, проводящий испытания, должен точно следовать указаниям производителя в отношении эксплуатации, монтажа и подключения.

Если одна из двух испытуемых систем не пройдет какого-либо испытания, с другой системой, выбранной в соответствии с разделом 5, должны быть проведены все требуемые испытания с самого начала. В случае, когда этот образец системы также не проходит испытания, систему рассматривают как не соответствующую аттестационным требованиям.

На рисунке 1 представлен порядок проведения испытаний.

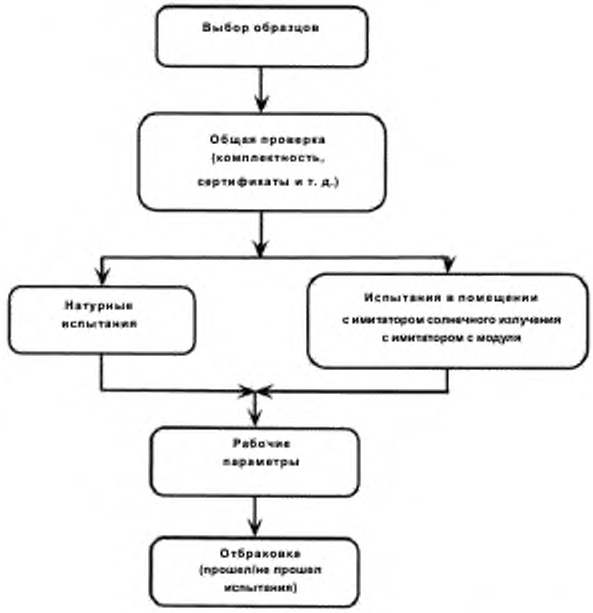



Рисунок 1 – Порядок проверки работоспособности автономной фотоэлектрической системы

## 5 Выбор образцов

Для испытаний из производственной(ых) партии(й) случайным образом выбирают две системы (включая запасные части, определенные изготовителем). В случае систем, изготовленных по индивидуальному проекту, испытание проходит одна изготовленная система. Системы должны быть изготовлены из соответствующих спецификациям материалов и компонентов в соответствии с чертежами, технологическими картами и пройти принятую у изготовителя процедуру проверки, контроля качества и приемки. Системы должны быть полностью укомплектованы и сопровождаться инструкциями изготовителя по эксплуатации, монтажу и подключению, включая инструкции по технике безопасности.

Неотъемлемой частью системы являются аккумуляторные батареи (АБ). Обязательным условием является идентичность АБ в испытуемой системе тем, которые будут установлены в поставляемые системы.

В комплект сопроводительной документации должны быть включены копии испытательных заключений на относящиеся к данной системе фотоэлектрические модули, зарядные устройства, АБ и лампы.

В тех случаях, когда испытуемые системы являются прототипами новых изделий и еще не поставлены на производство, это должно быть отмечено в протоколе испытаний (см. раздел 20).

## 6 Маркировка

Изготовитель должен поставить в составе системы оборудование, узлы и подключаемые устройства, снабженные ясной и нестираемой маркировкой, включающей в себя:

- наименование, логотип или эмблему изготовителя (поставщика);
- тип или номер модели;
- напряжение питания, род тока и частоту;
- серийный номер или номер партии;
- полярность выводов или проводов;
- места подключения соединительных проводов;
- предупреждения, относящиеся к особым требованиям к хранению и транспортированию.

На компонентах должны быть приведены дата и место изготовления, либо они должны быть определяемы по серийному номеру.

Все компоненты должны сопровождаться соответствующей документацией на русском языке, содержащей рабочие характеристики, сертификаты и спецификации. Там, где это оправдано, вместо письменного руководства по эксплуатации допускается использование иллюстраций.

Маркировку оборудования проводят в соответствии с правилами эргономики так, чтобы предупреждающие надписи, органы управления и индикации, функции проверок, предохранители и т. п. располагались в удобном логически сгруппированном виде в целях правильного и однозначного определения.

## 7 Комплектация

### 7.1 Общие требования

Система считается полностью укомплектованной, если она включает в себя следующие элементы:

- Все необходимое оборудование.

- Инструкции изготовителя по продолжительности суточной нагрузки в условиях испытаний. Важными параметрами системы являются величина нагрузки и число часов в день, в течение которых система может обеспечивать работу нагрузки в условиях испытаний. Эталонными являются условия, приведенные в приложении А для энергетической освещенности класса II. Изготовителем должны быть указаны графики суточной нагрузки в условиях испытаний. Кроме того, изготовителем должна быть указана классификация системы в условиях испытаний (см. приложение А).

- Инструкции изготовителя по расчетной нагрузки в ватт-часах, уровням энергетической освещенности, при которых система обеспечивает питание такой расчетной нагрузки, степени автономности и класса условий работы конструкции (см. приложение А). Эти спецификации дают испытательной лаборатории возможность проверить расчеты изготовителя.

- Инструкции изготовителя по продолжительности автономной работы в условиях испытаний.

- Сертификаты (см. 7.2.).
- Руководство по эксплуатации, включая список запасных частей и инструмента, в соответствии с разделом 9.
- Для обеспечения монтажа, функционирования и обслуживания системы в соответствии с разделом 10 следует предоставлять техническое руководство.

### 7.2 Сертификаты

Включенные в комплект поставки документы изготовителей на фотоэлектрические модули, зарядное устройство, АБ и соответствующие нагрузки (осветительные приборы и прочие) должны содержать сертификаты установленного образца, выданные международно признанным агентством по качеству фотоэлектрических систем.

## 8 Требования к компонентам

Компоненты фотоэлектрической системы должны удовлетворять требованиям МЭК 62093.

### 8.1 Фотоэлектрические модули

Фотоэлектрическая батарея системы может состоять из одного и более модулей одного или нескольких типов.

Кристаллические кремниевые фотоэлектрические модули должны соответствовать МЭК 61215, МЭК 61730-1 и МЭК 61730-2, тонкопленочные фотоэлектрические модули должны соответствовать МЭК 61646, МЭК 61730-1 и МЭК 61730-2, модули с концентраторами должны соответствовать МЭК 62108, МЭК 61730-1 и МЭК 61730-2.

### 8.2 Предотвращение разряда аккумуляторной батареи на модуль(и)

Возможность разряда АБ на модуль(и) должна быть минимизирована. Средства, с помощью которых это обеспечивается, должны быть описаны в документации. Если используются защитные диоды, запас по току должен быть на 50 % больше тока короткого замыкания (при СУИ). Напряжение пробоя диода должно быть по меньшей мере вдвое больше напряжения холостого хода АБ.

При любых обстоятельствах энергетические потери при разряде АБ не должны быть больше потерь энергии, связанных с защитным диодом.

### 8.3 Несущая конструкция и фундамент

Изготовитель должен предоставить расчеты или подтверждения того, что несущая конструкция с установленным модулем способны противостоять ветровой нагрузке.

Любая конструкция, предназначенная для эксплуатации вне помещения, включая приспособления для внешнего подключения, должна быть коррозионно-устойчивой. Изготовитель должен предоставить подтверждение (расчеты или свидетельства) того, что система обладает достаточным уровнем такой устойчивости.

### 8.4 Электропроводка

Электрические соединения должны быть спроектированы механически жесткими для уменьшения провисаний, вызываемых цикличностью температуры, и обеспечивать достаточное предотвращение избыточных натяжений.

Для соединений между солнечными модулями и зарядным устройством требуется применять только водостойкие, механически прочные кабели, стойкие к УФ-излучению.

Максимальный номинальный ток (с учетом поправок на температуру и монтажные условия), протекающий в проводах фотоэлектрического источника и во внешних цепях, должен составлять не менее 125 % тока короткого замыкания батареи и не должен быть меньше токов любых защитных устройств, защищающих эти провода и кабели.

Рассчитывают или измеряют падение напряжения от модуля(ей) до АБ, исключая потери в диоде, и заносят его в протоколе испытаний. Обычно оно должно быть менее 5% падения напряжения при полной нагрузке.

Рассчитывают или измеряют падение напряжения от АБ до нагрузки и заносят его в протоколе испытаний. Обычно оно должны быть менее 5 % падения напряжения при полной нагрузке.

Все провода и кабели должны быть маркированы цветом и/или надписями, этикетками.

### 8.5 Соединения

Разъемы проводов и скрутки проводки в модуле должны быть выполнены с применением одобренных изготовителем устройств и инструмента и соответствовать инструкциям, поставляемым вместе с устройствами. Соединительные устройства должны соответствовать условиям окружающей среды, обеспечивать достаточную механическую защиту, включая защиту от избыточных натяжений, а соединенные и скрученные провода должны иметь механические, электрические и изоляционные показатели не хуже, чем непрерывный провод.

Все разъемы не должны допускать соединения с неправильной полярностью и должны быть рассчитаны на значение тока, составляющего 156 % тока короткого замыкания при СУИ.

Предельно допустимый ток в месте соединения должен быть не меньше, чем номинальный ток цепи.

### 8.6 Предохранители и автоматические выключатели

Батарея должна быть защищена от короткого замыкания предохранителем(ями), устанавливаемым(ми) как можно ближе к выводам.

При установке предохранителей различных номинальных значений они должны ясно обозначаться цветовой кодировкой, условными знаками или этикетками либо должны иметь различный размер.

Предохранители должны:

- быть выбраны в соответствии с сечением проводов и параметрами компонентов, которые они защищают согласно требованиям изготовителя;
- быть рассчитаны на применение в тех условиях окружающей среды, для которых предназначены системы (следует обеспечить предотвращение коррозии и взрыва газов, выделяемых АБ);
- иметь маркировку, обозначающую номинальный ток, напряжение и род тока (переменный или постоянный);
- быть разрешены к использованию в цепях постоянного тока, если они установлены в таких цепях;
- иметь номинальное напряжение, соответствующее защищаемой цепи.

Устройства защиты фотоэлектрической батареи и выходных цепей от короткого замыкания должны иметь номинальные(ное) значения(е) токов(а) 156 % тока короткого замыкания батареи и значение номинального напряжения 125 % напряжения холостого хода батареи.

Автоматические выключатели должны:

- быть рассчитаны на применение в цепях постоянного тока, если они установлены в таких цепях;
- быть рассчитаны на применение в тех условиях окружающей среды, для которой предназначены системы (следует обеспечить предотвращение коррозии и взрыва газов, выделяемых батареей);
- иметь маркировку, обозначающую номинальный ток, напряжение и род тока (переменный или постоянный);
- иметь номинальное напряжение больше, чем максимальное напряжение цепи;
- быть достаточными для защиты цепи в соответствии с МЭК 60364-7-712.

Если ожидаются кратковременные скачки напряжения, предохранители и автоматические выключатели должны иметь задержки срабатывания.

## 9 Руководство по эксплуатации

Руководство по эксплуатации должно быть написано на русском языке и включать в себя:

- рекомендации по правилам электробезопасности;
- требования к безопасной эксплуатации АБ;
- требования по техническому обслуживанию АБ;

- требования по замене АБ;
- инструкцию по обязательному использованию распределительного щита при подключении дополнительных цепей с исключением прямого подключения к АБ;
- описание всего оборудования с диалоговыми возможностями;
- порядок нормального функционирования системы, включая перечень ограничений на нагрузку и другие вопросы нагрузок. Этот порядок должен включать в себя указания по режимам функционирования, включая меры по снижению нагрузки в периоды плохой погоды и/или событий, приводящих к отключению низковольтных цепей. Также должны быть приведены порядок действий в случаях отказов системы и описания процедур по проверке того, что фотоэлектрические батареи не затенены, и способов предотвращения затенения;
- список приспособлений и материалов, используемых при обслуживании;
- порядок аварийного отключения;
- монтажные и эксплуатационные инструкции для зарядного устройства (рабочие температуры, пороговые значения параметров);
- функциональная блок-схема.

Должны быть определены характеристики системы в отношении:
- номинального электропотребления;
- автономных режимов работы;
- времени подключения полезной нагрузки;
- условий испытаний.

## 10 Техническое руководство

Техническое руководство должно быть написано на русском языке и включать в себя:
- копию руководства по эксплуатации;
- полный перечень компонентов системы и запасных частей с соответствующей документацией изготовителей, сертификатами и гарантийными свидетельствами;
- полный комплект чертежей и диаграмм, представляющий окончательный вариант конструкции системы (электрические схемы, спецификации и чертежи монтажных конструкций и т. д.);
- описание необходимых для монтажа инструмента и оборудования;
- инструкции по монтажу;
- порядок приемочных испытаний по завершении монтажа, включая все соответствующие места проверок и испытательные процедуры, содержащий:
- порядок проверки пороговых напряжений зарядного устройства, если это необходимо,
- порядок измерения тока от фотоэлектрической батареи в режиме зарядки,
- порядок проверок нормального функционирования нагрузки,
- порядок перезарядки АБ,
- порядок измерения падений напряжения для удовлетворения требований к максимально допустимому падению напряжения;
- рекомендуемый график обслуживания и инструкции по обслуживанию;
- руководство по выявлению причин отказов, распространяющееся на все компоненты системы. В него должны быть включены процедуры диагностики и ремонта, которые могут быть выполнены поставщиком;
- функциональную блок-схему;
- порядок аварийного отключения.
- инструкции по защитному заземлению и молниезащите (при необходимости).

Вся необходимая информация по установке, функционированию и обслуживанию должна быть непосредственно включена в техническое руководство без ссылок на спецификации изделий или инструкции изготовителей отдельных компонентов, даже если они включены в поставку.

## 11 Основные неисправности

При испытаниях системы основными неисправностями считаются следующие:
- отказ любого компонента системы, включая нагрузку;
- сломанная, треснутая, гнутая, смещенная или поврежденная внешняя поверхность любого компонента системы (фотоэлектрического модуля, АБ, зарядного устройства, других компонентов системы);
- потемнение цвета какой-либо печатной платы;

- утрата механической целостности до степени, когда это влияет на возможность установки или функционирования системы;
- повреждения изоляции проводов;
- утечка электролита из батареи;
- признаки перегрева или коррозии.

## 12 Нагрузка

Изготовитель осуществляет поставку системы для испытаний вместе с теми нагрузками, для которых предназначена система. В случае нескольких нагрузок изготовитель должен определить порядок переключений, если это требуется. Требуемый порядок переключений должен быть указан на видимой маркировке коммутационной панели или в другом месте, где она должна быть ясно видна обслуживающему персоналу. При всех испытаниях все нагрузки должны быть включены одновременно.

Изготовителем указывается число часов в день, в течение которого система может осуществлять питание нагрузки (суточной график нагрузки) в условиях испытаний, установленных настоящим стандартом. Указанное число часов определяется для условий эксплуатации (местности) с приходом солнечной радиации класса II, установленного в приложении А.

Для испытаний при подключенной фотоэлектрической батареи нагрузка никогда не подключается в дневное время или при энергетической освещенности выше 50 Вт/м$^2$.

## 13 Общая последовательность испытаний на работоспособность

### 13.1 Испытательное оборудование

Оборудование и приборное оснащение для испытаний системы приведено в соответствии с приложением В.

### 13.2 Документация

В дополнение к регистрации всех результатов испытаний, необходимых для проверки работоспособности системы, проводящий испытания персонал должен сохранять необходимые текущие данные испытаний, расчеты и комментарии. Для будущего использования необходимо сохранить электронную копию данных о системе.

### 13.3 Комплектация

Необходимо убедиться в наличии всех частей, указанных в перечне комплектации системы. Отмечают все отсутствующие части, которые должны быть в наличии, и заносят информацию в протокол. Если отсутствуют важные части, т. е. части, без которых система не может пройти процедуру испытаний, система считается не прошедшей испытания, и она должна быть возвращена изготовителю или (в случае систем, изготовленных по индивидуальному проекту) испытания должны быть отложены до полного укомплектования системы.

### 13.4 Монтаж

#### 13.4.1 Общие положения

Систему монтируют в соответствии с инструкциями производителя.

При проведении испытаний вне помещения необходимо обеспечить прямую видимость Солнца, т. е. во время испытаний фотоэлектрическая батарея не должна быть затенена какими-либо предметами, зданиями или растительностью.

При испытаниях в помещении применяют имитатор солнечного излучения класса С, а для имитации модулей допускается применение электронного источника питания.

В зависимости от компоновки фотоэлектрической системы может быть целесообразно установить систему сбора данных в процессе монтажа испытуемой системы. В этом случае проводят монтаж системы сбора данных по 13.4.3 одновременно с монтажом испытуемой системы.

Проводящий испытания персонал не должен ничего изменять или добавлять к системе, монтаж и испытания системы должны быть проведены

в том виде, в каком система была поставлена и требования к испытаниям определены в документации.

Если с системой были получены готовые кабели, проводящий испытания персонал должен использовать полученные с системой кабели полной длины.

Примечание – При монтаже зарядного устройства требуется осторожность, так как для некоторых типов устройств во избежание повреждений требуется проводить подключение в определенном порядке. Следуют инструкциям изготовителя.

**13.4.2 Подготовка системы**

При добавлении электролита (если это необходимо) и подготовке АБ для функционирования в составе системы следуют инструкциям изготовителя.

Если подготовка АБ не оговорена в системной документации, систему необходимо подвергнуть следующей процедуре:

- при испытаниях вне помещения – выполнить по меньшей мере пять циклов заряда–разряда от ОВН до ОНН или

- при испытаниях в помещении – выполнить по меньшей мере пять циклов заряда–разряда при условиях $C_{10}$.

Некоторым усовершенствованным зарядным устройствам требуется несколько дней (циклов) для определения оптимального режима, соответствующего конструкции системы. Изготовитель должен предупредить о такой ситуации, и проверка функционирования системы должна проводиться после выполнения необходимого числа циклов заряда–разряда.

Фотоэлектрические модули, на работоспособность которых световое старение оказывает существенное влияние (например, из аморфного кремния), должны быть подвергнуты первоначальной засветке в соответствии с МЭК 61646.

**13.4.3 Монтаж системы сбора данных**

Устанавливают датчик энергетической освещенности (эталонный прибор) в плоскости модуля. Датчик энергетической освещенности должен быть расположен как можно ближе к фотоэлектрической батарее без ее затенения и закреплен в той же плоскости с отклонением в пределах ± 5° от угла наклона батареи.

Выполняют программирование системы сбора данных для измерения параметров с сохранением средних значений за 5 мин.

Устанавливают датчики температуры:

- датчик внешней температуры должен быть установлен под обдуваемым или двойным затеняющим экраном;

- датчик температуры на тыльной стороне одностороннего(их) модуля (модулей) должен быть закреплен на солнечном элементе в центральной части модуля с применением термопасты и покрыт теплоизоляцией и фольгой.

Датчик температуры АБ должен быть установлен возможно ближе к датчику температурной компенсации. Если температурная компенсация проводится зарядным устройством, в дополнение к датчику температуры АБ требуется установить датчик измерения температуры зарядного устройства.

Устанавливают датчики напряжения для фотоэлектрической батареи и нагрузок.

Устанавливают датчики напряжения АБ на выводы АБ.

Следует обеспечить возможность снятия и сохранения минимальных и максимальных уровней сигналов, указанных в таблице В.1.

Устанавливают датчики тока для фотоэлектрической батареи, АБ и нагрузок.

Рассчитывают мощность постоянного тока фотоэлектрической батареи и нагрузок как произведение среднего напряжения на среднее значение тока.

Устанавливают датчики определения нормальной работы нагрузки, например светочувствительный датчик перед лампой.

Примечание – В случае флуоресцентных ламп недостаточно только контролировать ток нагрузки в качестве показателя функционирования нагрузки, так как при отказе лампы ее балласт по-прежнему может потреблять энергию.

На копии принципиальной схемы указывают места установки датчиков системы сбора данных.

Принципиальная схема с внесенными данными и изменениями должна быть включена в протокол испытаний (раздел 19).

**13.4.4 Проверка работы нагрузки**

Нагрузка является неотъемлемой частью системы, и величина нагрузки является важным параметром. В данных испытаниях должны быть установлены все нагрузки, для которых предназначена система (входящие в комплект поставки), и все они должны функционировать одновременно.

Проверяют, что все нагрузки включены и работают нормально.

Для систем со многими нагрузками необходимо убедиться, что каждая отдельная нагрузка включается в соответствии с инструкциями изготовителя и работает нормально во время работы всех остальных нагрузок.

При этих испытаниях достаточно обеспечить работу нагрузок только в течение времени, необходимого для проверки правильности работы нагрузок. Например, натриевая газоразрядная лампа низкого давления должна быть включена до достижения ею полной яркости, обычно около 15 мин.

Выключают все нагрузки после проверки их нормальной работы.

Описывают работу нагрузки.

**13.4.5 Замечания при монтаже**

Отмечают все пропущенные шаги или трудности при выполнении указанной изготовителем процедуры монтажа.

**13.4.6 Фотографирование системы**

Выполняют фотографирование испытуемой системы и нагрузки после монтажа системы и подключения приборов для сбора данных. Включают фотографии в документацию.

### 13.5 Визуальный контроль

Система должна быть осмотрена в целях обнаружения повреждений и дефектов изготовления (например, непригодных конструкционных деталей)

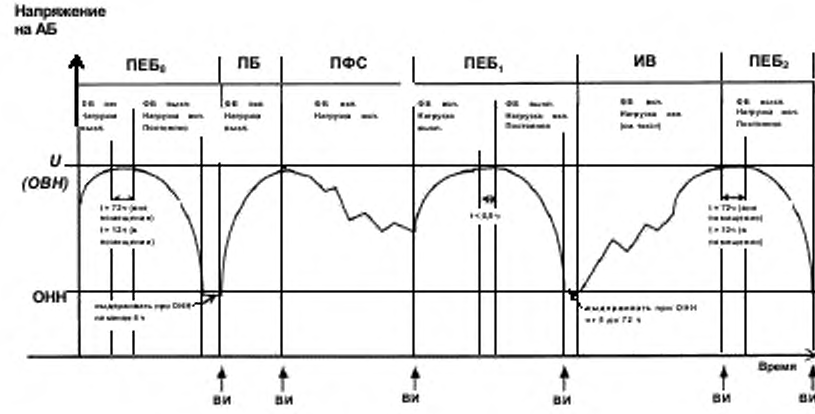
После каждого испытания следует проверять все соединительные провода на всем их протяжении на изменение цвета и растрескивание изоляции. Недостаточное сечение и некачественные соединения являются причиной перегрева, ведущего к обесцвечиванию и растрескиванию изоляции.

Все обнаруженные дефекты следует занести в протокол испытаний с добавлением при необходимости фотографий замеченных дефектов.

### 13.6 Этапы испытаний

На рисунке 2 показаны этапы проверки работоспособности (кроме работы при максимальной мощности).

В течение испытаний выполняют измерительные процедуры для определения работоспособности системы при разряде АБ до низких значений, восстановления заряда АБ, определения правильности работы системы и способности достичь ОВН в ходе нормальной работы после полного разряда при солнечной погоде.




*$ПЕБ_0$ – начальная полезная емкость АБ, начальное испытание АБ – заряд и разряд АБ после монтажа системы, измерение $ПЕБ_0$; ПБ – перезарядка АБ перед проведением следующего испытания на проверку функционирования системы; ПФС – проверка функционирования системы, проводят для проверки нормальной работы системы и нагрузки, $ПЕБ_1$ – первая полезная емкость АБ: второе испытание АБ – заряд и разряд АБ, измерение $ПЕБ_1$, определение возможности автономной работы системы; ИВ – испытание на восстановление: определение возможности фотоэлектрической батареи перезарядить АБ; $ПЕБ_2$ – вторая полезная емкость АБ: завершающее испытание АБ – заряд и разряд АБ, измерение $ПЕБ_2$; U – напряжение, при котором зарядное устройство определяет полный заряд АБ (ОВН); ФБ – фотоэлектрическая батарея; ВИ – визуальный контроль.*

Рисунок 2 – Этапы проверки работоспособности автономной фотоэлектрической системы

### 13.7 Характеристическая диаграмма системы

Используя полученные при испытаниях значения, строят характеристическую диаграмму системы, как указано в разделе 18.

Определяют точку энергетического баланса (равновесия).

## 14 Испытания в натурных условиях

### 14.1 Условия испытаний

Температура АБ и зарядного устройства должна поддерживаться на уровне 30 °С ± 3°С.

В течение испытаний температура модуля (батареи) должна постоянно регистрироваться. Ежедневно следует рассчитывать средние почасовые температуры и строить график зависимости средней почасовой температуры от значений средней энергетической освещенности, рассчитанной за тот же период. В конце каждого дня эти значения следует сравнивать со значениями, приведенными в таблице 1. Значения, попадающие между границами интервалов, указанных в таблице 1, могут быть определены линейной интерполяцией.

Примечание – Такая процедура обеспечивает сопоставимость значений характеристик фотоэлектрической батареей, измеренных в натурных условиях, со значениями, получаемыми при испытаниях в помещении, с отклонением в пределах ± 5 % в худшем случае (для кристаллических кремниевых солнечных элементов).

Таблица 1 – Допустимые диапазоны температуры модуля для различных значений энергетической освещенности

| Энергетическая освещенность, Вт/м$^2$ | Допустимый диапазон температуры модуля, °С |
|---|---|
| 100 | 14–34 |
| 200 | 18–38 |
| 300 | 21–41 |
| 400 | 28–48 |
| 500 | 32–52 |
| 600 | 40–60 |
| 700 | 43–63 |
| 800 | 50–70 |
| 900 | 54–74 |
| 1000 | 58–78 |

Если средние почасовые температуры при соответствующей энергетической освещенности оказываются вне указанных диапазонов, все испытание следует повторить.

Для имитации дней с низким приходом солнечной радиации (имитации плохих погодных условий), например при проверке функционирования системы, изменяют наклон фотоэлектрической батареи, уменьшая тем самым поток солнечной радиации на рабочую поверхность батареи. Не допускается ручное отключение работающей на полной мощности фотоэлектрической батареи при достижении требуемого уровня заряда АБ.

### 14.2 Исходное испытание АБ

Проводят монтаж и подготовку системы в соответствии с 13.4.

При включенной фотоэлектрической батарее и отключенной нагрузке выполняют заряд АБ. По достижении максимального заряда (ОВН) оставляют систему в этом состоянии на 72 ч (в сумме). После этого батарея может считаться пригодной для проведения исходного испытания.

При отключенной фотоэлектрической батарее и постоянно включенной нагрузке дожидаются полного разряда АБ. АБ считается разряженной, если она достигает состояния ОНН. Выдерживают АБ в состоянии ОНН по меньшей мере 5 ч. Записывают значение заряда АБ, отданного в нагрузку, и диапазон температур АБ. Это значение является начальной полезной емкостью в ампер-часах АБ ($ПЕБ_0$).

### 14.3 Перезарядка АБ

Отключают нагрузку. С включенной фотоэлектрической батареей и отключенной нагрузкой выполняют перезарядку АБ до достижения напряжением уровня отключения АБ (ОВН). Оставляют систему в таком состоянии не более чем на 0,5 ч.

### 14.4 Проверка функционирования системы

Данное испытание подтверждает, что автономная фотоэлектрическая система может обеспечить работу заявленной изготовителем нагрузки.

При включенной фотоэлектрической батарее и подключенной в соответствии с разделами 10, 12 нагрузке оставляют систему в рабочем состоянии на протяжении 10 дней. Период измерения должен включать в себя: не менее двух дней подряд с условиями малого прихода солнечной радиации (менее 2 кВт·ч/м$^2$ в день); по меньшей мере три дня с существенно различными значениями суммарного дневного прихода солнечной радиации; два дня со значениями прихода солнечной радиации, соответствующими значениям, большим, чем значение в точке баланса системы, приведенное в разделе 18. Средний дневной приход солнечной радиации за 10 дней должен составить (4 ± 0,3) кВт·ч/м$^2$.

Если условия наличия двух дней плохой погоды и среднего уровня дневного прихода солнечной радиации не удовлетворены на протяжении 10 дней, испытательный период может быть продлен максимум до 20 дней, в течение которых за последние 10 дней эти условия, наконец, будут выполнены. Если этого не произошло, испытания повторяют, начиная с 14.3.

Выполняют осмотр в соответствии с 13.5.

### 14.5 Второе испытание АБ

Отключают нагрузку после проверки функционирования системы. С включенной фотоэлектрической батареей и отключенной нагрузкой выполняют перезарядку АБ до отключения по условию ОВН и выдерживают ее в этом состоянии не более 0,5 ч. Выключают фотоэлектрическую батарею и подключают нагрузку. При выключенной фотоэлектрической батарее и постоянно включенной нагрузке дожидаются разряда АБ до состояния ОНН. Выдерживают АБ в состоянии ОНН по меньшей мере 5 ч.

Определяют величину заряда АБ, отданной в нагрузку, и полное время разряда АБ. Первое значение является первым значением полезной емкости в ампер-часах АБ ($ПЕБ_1$).

Выдерживают систему в режиме ОНН по меньшей мере в течение 5 ч, но не более 72 ч.

Выполняют осмотр в соответствии с п. 13.5.

### 14.6 Испытания на восстановление

Включают фотоэлектрическую батарею. Отключают нагрузку. Дожидаются, когда суммарный приход солнечной радиации на систему достигнет 5 кВт·ч/м$^2$, затем подключают нагрузку согласно требованиям изготовителя (разделом 12).

Примечания:

1 В это время система по-прежнему может находится в условиях ОНН.

2 Суммарный приход солнечной радиации 5 кВт·ч/м$^2$ необязательно должен быть обеспечен в течение одного дня.

Сочетание стадии заряда АБ, требующей суммарного прихода солнечной радиации 5 кВт·ч/м$^2$, и последующей стадии работы под нагрузкой (в соответствии с разделами 10, 12) называется циклом восстановления.

Повторяют циклы восстановления до тех пор, пока в сумме приход солнечной радиации на систему за время испытаний не достигнет 35 кВт·ч/м$^2$. Если при этом система достигает условия ОВН, отмечают количество циклов восстановления, после которого было достигнуто это состояние.

Регистрируют цикл восстановления, в течение которого начала функционировать (автоматически включилась) нагрузка.

Определяют суммарный заряд, накопленный АБ и отданный в нагрузку в течение семи циклов восстановления.

Выполняют осмотр в соответствии с 13.5.

### 14.7 Завершающее испытание АБ

После выполнения циклов восстановления, указанных в 14.6, выключают нагрузку и дожидаются восстановления системы до уровня ОВН. По достижении системой состояния ОВН оставляют систему в этом состоянии на 72 ч (непрерывных). После этого АБ считается заряженной.

При отключенной фотоэлектрической батарее и постоянно подключенной нагрузке дожидаются полного разряда АБ. Аккумуляторная батарея считается разряженной, если она достигает состояния

ОНН. Оставляют АБ в состоянии ОНН по меньшей мере на 5 ч. Записывают значение заряда АБ, отданного в нагрузку, и диапазон температур АБ. Это значение является окончательным значением полезной емкости аккумуляторной батареи ($ПЕБ_2$).

**14.8 Работа при максимальном напряжении.**

Проверяют допустимость работы нагрузки в условиях максимального напряжения на АБ, образующегося при высокой энергетической освещенности и высоком заряде АБ. В этих условиях нагрузка должна нормально работать в течение 1 ч, при этом не должно происходить повреждения нагрузки.

**14.9 Визуальный контроль**

Выполняют осмотр в соответствии с 13.5.

**14.10 Необычные события**

В продолжение периода испытаний отмечают все непредвиденные события. Они могут включать в себя незапланированные короткие замыкания, ситуации холостого хода, сбои системы сбора данных и т. п.

## 15 Испытания в помещении с использованием имитатора солнечного излучения

**15.1 Условия испытаний**

Для этих испытаний следует использовать описанный в настоящем стандарте имитатор солнечного излучения, способный имитировать эталонный солнечный день. Имитатор должен иметь класс В или выше. Для дней с большим приходом солнечной радиации допускается использовать имитатор с трехступенчатым профилем энергетической освещенности. Для дней с малым приходом солнечной радиации допускается использование имитатора с постоянной энергетической освещенностью. После формальной публикации МЭК 61853 к настоящему стандарту может быть выпущено дополнение, разрешающее применение несолнечных имитаторов.

Температура АБ должна поддерживаться в пределах 30 °С ± 3 °С.

Температура окружающего воздуха на протяжении испытаний должна находиться в пределах 25 °С ± 5 °С.

**15.2 Исходное испытание АБ**

Проводят монтаж и подготовку системы в соответствии с 13.4.

При подключенной фотоэлектрической батарее и отключенной нагрузке выполняют заряд АБ системы при энергетической освещенности не менее 700 Вт/м$^2$. По достижении системой состояния ОВН выдерживают систему в этом состоянии в течение 12 ч. После этого АБ считается заряженной.

При отключенной фотоэлектрической батарее и постоянно включенной нагрузке выполняют полный разряд АБ (ОНН). Выдерживают АБ в состоянии ОНН в течение 5 ч. Записывают значение израсходованного заряда АБ. Это значение является исходной полезной емкостью аккумуляторной батареи ($ПЕБ_0$).

Выполняют осмотр в соответствии с п. 13.5.

**15.3 Перезарядка АБ**

Отключают нагрузку. Устанавливают имитатор на значение энергетической освещенности (700 ± 50) Вт/м$^2$. При включенной фотоэлектрической батарее и отключенной нагрузке выполняют заряд АБ до достижения ею состояния ОВН. Выдерживают систему в этом состоянии не более 0,5 ч. Фиксируют значение заряда АБ.

**15.4 Проверка функционирования системы**

Данным испытанием подтверждается возможность питания нагрузки от системы в соответствии с назначением системы.

При включенных фотоэлектрической батарее и нагрузке, подключенной согласно требованиям производителя (разделы 10, 12), обеспечивают «нормальную» работу системы в течение 10 дней.

Профили энергетической освещенности, рекомендуемые для использования в этом испытании, приведены на рисунке 3.

В таблице 2 указаны названия и последовательность дневных циклов энергетической освещенности, соответствующие рисунку 3.

Таблица 2 – Циклы при проверке функционирования системы

| Номер цикла | Профиль энергетической освещенности |
|---|---|
| 1 | День с низким приходом солнечной радиации (1 кВт·ч/м$^2$), под нагрузкой |
| 2 | День с высоким приходом солнечной радиации (6 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |
| 3 | День с низким приходом солнечной радиации (1 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |
| 4 | День с низким приходом солнечной радиации (1 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |
| 5 | День с высоким приходом солнечной радиации (5 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |
| 6 | День с высоким приходом солнечной радиации (5 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |
| 7 | День с высоким приходом солнечной радиации (5 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |
| 8 | День с высоким приходом солнечной радиации (5 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |
| 9 | День с высоким приходом солнечной радиации (6 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |
| 10 | День с высоким приходом солнечной радиации (6 кВт·ч/м$^2$) , под нагрузкой |

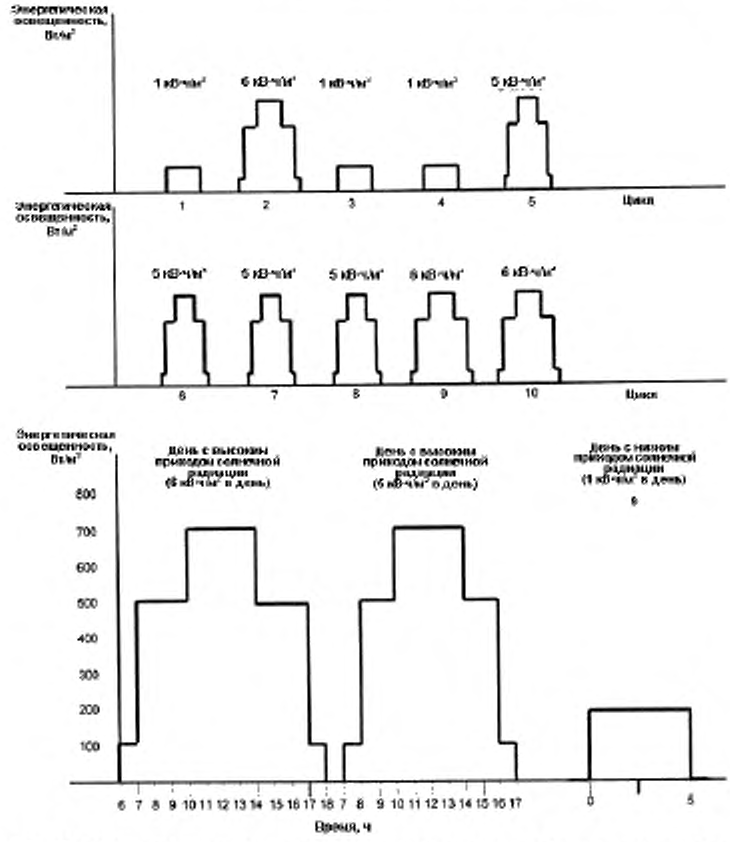



Рисунок 3 – Рекомендуемые дневные профили энергетической освещенности для проверки функционирования системы (10 дней)

Цикл необязательно длится 24 ч, поскольку не требуется перерыва между зарядкой и подключением нагрузки.

Минимальные требования к профилям энергетической освещенности приведены в таблице 3, также допустимы лучшие (более гладкие) профили с примерно тем же суммарным приходом солнечной радиации.

Выполняют осмотр в соответствии с 13.5.

### 15.5 Второе испытание АБ и оценка режима автономной работы

Отключают нагрузку после испытания работоспособности системы. Устанавливают имитатор на значение освещенности (700 ± 50) Вт/м$^2$. При включенной фотоэлектрической батарее и отключенной нагрузке выполняют заряд АБ до достижения ею состояния ОВН. Выдерживают систему в этом состоянии не более 0,5 ч. Выключают фотоэлектрическую батарею и нагрузку. Дожидаются разряда АБ до состояния ОНН.

Таблица 3 – Типовые профили дневных циклов энергетической освещенности

| |
|---|
| День с большим приходом солнечной радиации (6 ±0,3 кВт·ч/м$^2$ в день) |
| 1 ч при 100 Вт/ м$^2$ |
| 3 ч при 500 Вт/ м$^2$ |
| 4 ч при 700 Вт/ м$^2$ |
| 3 ч при 500 Вт/ м$^2$ |
| 1 ч при 100 Вт/ м$^2$ |
| День с большим приходом солнечной радиации (5±0,3 кВт·ч/м$^2$ в день) |
| 1 ч при 100 Вт/ м$^2$ |
| 2 ч при 500 Вт/ м$^2$ |
| 4 ч при 700 Вт/ м$^2$ |
| 2 ч при 500 Вт/ м$^2$ |
| 1 ч при 100 Вт/ м$^2$ |
| День с малым приходом солнечной радиации (1 ± 0,3 кВт·ч/м$^2$ в день) |
| 5 ч при 200 Вт/ м$^2$ |

Определяют возможность системы работать в автономном режиме в соответствии с автономными режимами работы, указанными изготовителем (раздел 9).

Определяют значение заряда АБ, отданной в нагрузку, и полное время разряда АБ. Это значение является первым значением полезной емкости аккумуляторной батареи ($ПЕБ_1$).

Выдерживают батарею в состоянии ОНН по меньшей мере 5 ч, но не более 72 ч.

Выполняют осмотр в соответствии с 13.5.

### 15.6 Испытание на восстановление

Включают фотоэлектрическую батарею и отключите нагрузку. Согласно 15.4 задают режим имитатора солнечного излучения, соответствующий дню с большим приходом солнечной радиации (5 кВт·ч/м$^2$). Затем подключают нагрузку согласно требованиям изготовителя в соответствии с разделами 10, 12.

Примечание – Система может продолжать находиться в состоянии ОНН. В этом случае отключают нагрузку и дожидаются, пока система выйдет из состояния ОНН. Затем подключают нагрузку согласно требованиям изготовителя в соответствии с разделом 12.

После подключения нагрузки дожидаются прихода системы в состояние ОНН или когда закончится дневной цикл.

Сочетание стадии заряда АБ с суммарным приходом солнечной радиации 5 кВт·ч/м$^2$ и последующей стадии работы под нагрузкой (в соответствии с разделами 10, 12) называется циклом восстановления.

Повторяют циклы восстановления до тех пор, пока в сумме приход солнечной радиации на систему за время испытаний не достигнет 35 кВт·ч/м$^2$. Если при этом система достигает условия ОВН, отмечают число циклов восстановления, после которого было достигнуто это состояние.

Регистрируют цикл восстановления, в течение которого начала функционировать (автоматически включилась) нагрузка.

Определяют суммарную емкость, запасенную АБ и отданный в нагрузку в течение семи циклов восстановления.

После завершения указанных циклов восстановления отключают нагрузку, устанавливают имитатор солнечного излучения на значение энергетической освещенности (700 ± 50) Вт/м$^2$ и дожидаются прихода системы в состояние ОВН. После его достижения выдерживают систему в этом состоянии в течение 12 ч. После этого АБ считается заряженной.

Выполняют осмотр в соответствии с 13.5.

### 15.7 Завершающее испытание АБ

При отключенной фотоэлектрической батарее и постоянно включенной нагрузке дожидаются полного разряда АБ. АБ считается разряженной, если она достигла состояния ОНН. Выдерживают АБ в этом состоянии по меньшей мере 5 ч. Записывают значение израсходованного заряда АБ, являющегося окончательным значением полезной емкости батареи ($ПЕБ_2$).

### 15.8 Работа при максимальном напряжении

Проверяют допустимость работы нагрузки в условиях максимального напряжения на АБ, образующегося при высокой энергетической освещенности (между 800 Вт/м$^2$ и 1000 Вт/м$^2$) и высоком заряде АБ. В этих условиях нагрузка должна нормально работать в течение 1 ч, и при этом не должно происходить повреждения нагрузки.

### 15.9 Визуальный контроль

Выполняют осмотр в соответствии с 13.5.

### 15.10 Непредвиденные события

В продолжение периода испытаний отмечают все непредвиденные события. Они могут включать в себя незапланированные короткие замыкания, ситуации холостого хода, сбои системы сбора данных и т. п.

## 16 Испытания в помещении с использованием имитатора фотоэлектрического модуля

### 16.1 Условия испытаний

Для этих испытаний следует применять электронный источник питания (имитатор фотоэлектрического модуля), имитирующий рабочие характеристики реальной фотоэлектрической батареи, входящей в состав испытуемой системы в условиях энергетической освещенности, установленных в 15.4.

Расчеты для определения выходных характеристик имитатора фотоэлектрического модуля – по приложению С.

Температуру АБ следует поддерживать на уровне 30 °С ± 3 °С

Температура окружающего воздуха на протяжении испытаний должна быть в пределах 25 °С ± 5 °С.

### 16.2 Начальное испытание АБ

Выполняют испытания в соответствии с 15.2.

### 16.3 Перезарядка АБ

Выполняют испытания в соответствии с 15.3.

### 16.4 Проверка функционирования системы

Выполняют испытания в соответствии с 15.4.

### 16.5 Второе испытание АБ и испытание режима автономной работы

Выполняют испытания в соответствии с 15.5.

**16.6 Испытание на восстановление**

Выполняют испытания в соответствии с 15.6.

**16.7 Завершающее испытание АБ**

Выполняют это испытание в соответствии с 15.7.

**16.8 Работа при максимальном напряжении**

Выполняют испытания в соответствии с 15.8.

**16.9 Визуальный контроль**

Выполняют осмотр в соответствии с 13.5.

**16.10 Необычные события**

В продолжение периода испытаний отмечают все непредвиденные события. Они могут включать в себя незапланированные короткие замыкания, ситуации холостого хода, сбои системы сбора данных и т. п.

## 17 Условия успешных испытаний

Система считается успешно прошедшей испытания, если для каждого испытанного образца выполнены следующие условия.

**17.1 Комплектация**

В системе должны присутствовать все важные части, т. е. части, без которых система не может пройти процедуру испытаний. Если отсутствует какая-либо из указанных частей, то система считается не прошедшей испытания, и она должна быть возвращена изготовителю или (в случае систем, изготовленных по индивидуальному проекту) испытания должны быть отложены до полного укомплектования системы.

**17.2 Требования к компонентам**

Должны быть удовлетворены требования к компонентам, изложенные в разделе 8.

**17.3 Результаты испытаний**

Хотя бы одна из испытуемых систем должна показать удовлетворительные результаты испытаний, изложенных в разделе 13.

При этом применяют следующие критерии успешного прохождения испытаний:

1) нагрузка должна функционировать на всех этапах испытаний, исключая случаи, когда зарядное устройство отключает нагрузку из-за низкого заряда батареи (если это произошло, такая ситуация должна быть отмечена в протоколе испытаний);

2) в течение периода испытаний емкость АБ не должна уменьшиться более чем на 10 %, определяемых по выражению ($ПЕБ_0 - ПЕБ_2$) / $ПЕБ_0$ < 10% (см. рисунок 2, где определяется ПЕБ, полезная емкость АБ);

3) испытание способности восстановления должно показать тенденцию возрастания напряжения системы. При испытании на восстановление полная емкость АБ должна составить не менее 50 % полезной емкости АБ ($ПЕБ_1$);

4) после проведения испытания полезной емкости АБ ($ПЕБ_1$) нагрузка должна снова начать функционировать до или во время третьего цикла испытаний на способность восстановления;

5) точка энергетического баланса (равновесия) системы (см. рисунок 4) должна соответствовать минимуму для заданного класса энергетической освещенности или быть ниже него;

6) измеренное число дней автономной работы должно соответствовать указанному изготовителем числу дней автономной работы или быть больше него;

7) нагрузка должна нормально функционировать в соответствии со спецификациями изготовителя при максимальном напряжении на АБ в течение периодов высокой освещенности и высокого заряда АБ;

8) в течение испытаний ни у одного из образцов не должно возникать состояний холостого хода и короткого замыкания.

### 17.4 Обнаружение существенных повреждений при осмотре

В соответствии с разделом 11 при осмотре не должно быть обнаружено серьезных повреждений как до проведения испытаний, так и после их проведения в соответствии с разделом 13.

## 18 Определение точки энергетического баланса системы

Характеристическая диаграмма системы дает графическое представление о минимальной среднем дневном приходе солнечной радиации в заданном месте установки системы, при которой система функционирует нормально.

Суммируют накопленную заряд АБ и приход солнечной радиации за каждый день в выполненных испытаниях проверки функционирования системы и испытаниях на восстановление. Строят график зависимости накопленной за день заряда АБ (ось *Y*) от суточного прихода солнечной радиации (ось *X*).

Со среднего цикла испытаний значения накопленного за день заряда АБ будут иметь тенденцию к уменьшению и будут находиться между двух линий аналогично примеру, приведенному на рисунке 4.

Горизонтальная линия проходит через точку с минимальным суточным накоплением заряда на АБ из дней, когда зарядное устройство ограничивает ток фотоэлектрической батареи, заряжающий АБ. Наклонную линию проводят через начало координат и точку с наибольшим суточным накоплением заряда на АБ из дней, когда зарядное устройство ни в какое время не ограничивало ток фотоэлектрической батареи, заряжающий АБ. Точка энергетического баланса (равновесия) системы определяется пересечением этих линий.

Точка баланса может быть определена графическим методом или расчетным.

По характеристической диаграмме в соответствии с приложением А определяют условия эксплуатации (местность), в которых она будет обеспечивать нормальную работу нагрузки, заявленной изготовителем.

Система, показанная на рисунке 4, будет, например, пригодна для использования в местах, в которых среднегодовой приход солнечной радиации составляет не менее 2,5 кВт·ч/м$^2$ в день. Эта система может быть аттестована для применения в местности с приходом солнечной радиации класса I (см. приложение А) и с указанным производителем суточным графиком нагрузки (время работы нагрузки в течение дня). Класс прихода солнечной радиации местности (условий эксплуатации) по итогам испытаний и график нагрузки, для которой проводили испытания, должны быть приведены в окончательном протоколе испытаний и соответствовать характеристикам системы, заявленным производителем.

Примечание – Для других графиков нагрузки характеристическая диаграмма будет выглядеть по-другому.

## 19 Изменения

Для подтверждения аттестации конструкции при любых изменениях конструкции, материалов, компонентов или технологических параметров может потребоваться повторение части или всех аттестационных испытаний.

## 20 Протокол испытаний

Протокол испытаний с измеренными рабочими характеристиками, обстоятельствами отказов и повторных испытаний оформляет организация по проведению испытаний. В справочных целях производитель должен сохранять копию протокола испытаний.

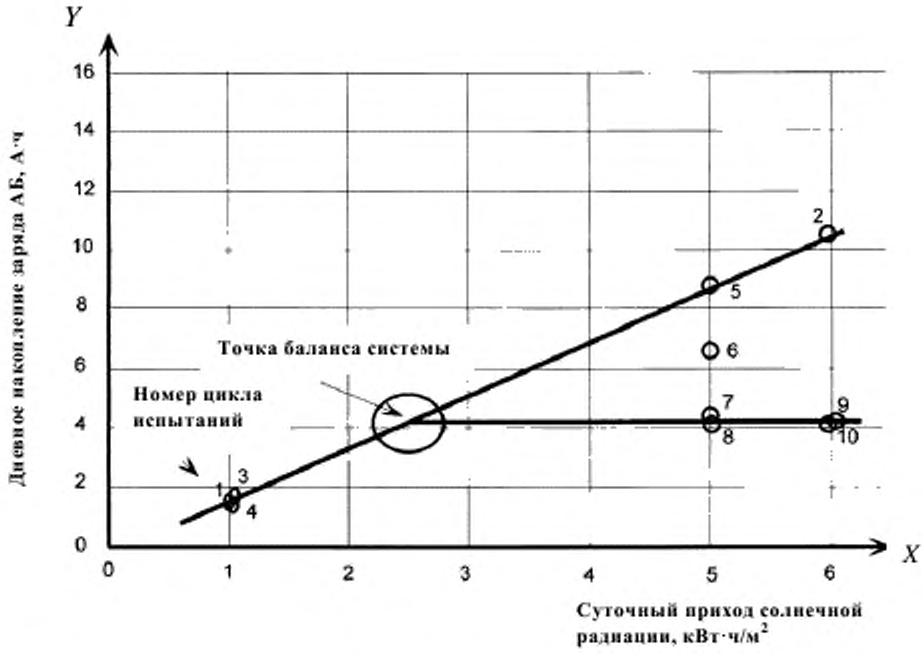



Рисунок 4 – Пример характеристической диаграммы системы: последовательный заряд с тремя графиками энергетической освещенности, десять циклов, разряд на постоянную нагрузку

**Приложение А**
**(обязательное)**

## Классификация прихода солнечной радиации и систем

### А.1 Определения класса прихода солнечной радиации

Получают данные о среднегодовом суточном приходе солнечной радиации на горизонтальную поверхность и интервал прихода солнечной радиации на гидрометеостанции вблизи места будущего размещения системы и/или используют данные многолетних наблюдений, атласы и справочные издания.

Интервал прихода солнечной радиации – это разница между среднемесячным суточным приходом солнечной радиации на горизонтальную поверхность для месяца с наибольшим приходом солнечной радиации и среднемесячным суточным приходом солнечной радиации на горизонтальную поверхность для месяца с наименьшим приходом солнечной радиации (в кВт·ч/м$^2$ в день)

В таблице А.1 приведена классификация прихода солнечной радиации различных мест установки систем.

Таблица А.1 – Классы прихода солнечной радиации

| Класс прихода солнечной радиации | I | II | II | III | III | IV |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Среднегодовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность, кВт·ч/м$^2$ в день | <4,5 | <4,5 | 4,5–5,5 | 4,5–5,5 | >5,5 | >5,5 |
| Интервал, кВт·ч/м$^2$ в день | >1,5 | <1,5 | >1,5 | <1,5 | >1,5 | <1,5 |
| Примечание – Расчет дневных графиков нагрузки должен быть выполнен изготовителем для класса II (выделен в таблице). | | | | | | |

### А.2 Классификация систем

Для конкретной системы в конкретной точке местности можно определить вырабатываемую в день энергию, достаточную для питания определенной указанной нагрузки. Это число будет вырабатываемой в день энергией, достаточной для питания указанной нагрузки системой производителя А в местности Б, выраженной в единицах электропотребления. Одна и та же система может классифицироваться иначе в другой стране и даже в другой местности одной страны.

## Приложение В
## (обязательное)

## Испытательное оборудование

### В.1 Общие положения

Для проведения испытаний системы необходимы следующие приборы и оборудование:

- приборы для измерения постоянного тока и напряжения;
- амперчасметр или другие средства измерения для определения потребления электроэнергии постоянного тока;
- прибор для измерения времени или другие средства регистрации времени;
- эталонный фотоэлектрический прибор (приборы), выбранный и откалиброванный в соответствии с МЭК 60904-2 со спектральными характеристиками, аналогичными спектральным характеристикам фотоэлектрической батареи;
- средства проверки параллельности плоскостей эталонного прибора и батареи в пределах ± 5°;
- датчики температуры;
- средства определения ориентации;
- автоматизированная система сбора данных для обеспечения измерения параметров системы при проведении испытаний.

### В.2 Требования к системе сбора данных

Устройство регистрации данных должно иметь по меньшей мере 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь и входной диапазон, превышающий ожидаемые значения положительного и отрицательного максимальных напряжений. Система сбора данных должна быть надежной. Если в случае отключения питания утрачены данные продолжительностью более 4 ч или иные критические данные об испытаниях, тогда испытания следует выполнить снова.

Скорость отбора данных регистратором зависит от типа зарядного устройства. Для двухпозиционных контроллеров («Вкл.» и «Выкл.») скорость отбора данных регистратора должна по меньшей мере вдвое превышать тактовую частоту контроллера. Например, если зарядное устройство проверяет напряжение заряда каждые 10 с, отбор данных должен проводиться каждые 5 с или чаще.

Для контроллеров зарядного устройства с постоянным напряжением или широкоимпульсной модуляцией напряжения тактовая частота может составлять миллисекунды, а не секунды. Скорость отбора данных регистратором должна по меньшей мере вдвое превышать тактовую частоту контроллера зарядного устройства. Если скорость отбора данных используемым регистратором недостаточна, то можно применить метод ежесекундного отбора данных с использованием интегратора-фильтра, устанавливаемого на входе системы сбора данных. Постоянная времени такого интегратора-фильтра должна по меньшей мере вдвое превосходить период отбора данных.

Для определения типа контроллера зарядного устройства и его тактовой частоты может потребоваться осциллоскоп.

Сохраняемые данные усредняют в пятиминутном интервале, применимом для любого испытания.

Для аттестации системы требуется выполнить измерение или определение параметров, приведенных в таблице В.1.

### В.3 Требования к датчикам

Датчики напряжения должны иметь диапазон измерений, превосходящий максимальное предусмотренное напряжение. Измерения следует выполнять с точностью не менее 0,01 В.

Приборы для измерения напряжения и силы постоянного тока должны соответствовать МЭК 60904-1, за исключением того, что точность должна быть в пределах ± 1 % полной шкалы.

Датчики температуры должны иметь диапазон измерений, превосходящий ожидаемые максимальные положительные и отрицательные значения температуры системы и окружающего воздуха, и точность не хуже 1 К. Измерения температуры должны выполняться с точностью не хуже ± 2 К.

Датчик освещенности должен иметь удовлетворительный диапазон измерений и точность не менее ± 5 %.

Таблица В.1 – Параметры, которые требуется измерить или определить при проверке работоспособности системы

| Параметр | Регистрируемое значение | Примечание |
|---|---|---|
| Напряжение фотоэлектрической батареи | Минимум, среднее и максимум | Напряжение фотоэлектрической батареи до защитных диодов |
| Напряжение нагрузки | Минимум, среднее и максимум | Измеряется у АБ |
| Напряжение АБ | Минимум, среднее и максимум | |
| Ток фотоэлектрической батареи | Минимум, среднее и максимум | |
| Ток нагрузки | Минимум, среднее и максимум | |
| Ток АБ | Величина заряда и разряда АБ | |
| Температура воздуха | Средняя | |
| Температура модуля | Средняя | Используется МЭК 60904-5 |
| Температура АБ | Средняя | На датчике температурной компенсации или отрицательном выводе АБ |
| Энергетическая освещенность | Энергетическая освещенность | Эталонный прибор, ток короткого замыкания и температура эталонного прибора |
| Работа нагрузки | Продолжительность работы нагрузки | |

**Приложение С**
**(обязательное)**

## Определение выходных характеристик имитатора при испытаниях системы в помещении с применением имитатора фотоэлектрического модуля

Примечание – Некоторые имитаторы фотоэлектрического модуля могут быть несовместимы с контроллерами зарядного устройства вследствие несоответствия их внутренней тактовой частоты.

### С.1 Имитация источника постоянного тока

На рисунке С.1 указаны этапы, необходимые для определения устанавливаемых значений источника постоянного тока, имитирующего фотоэлектрический модуль.

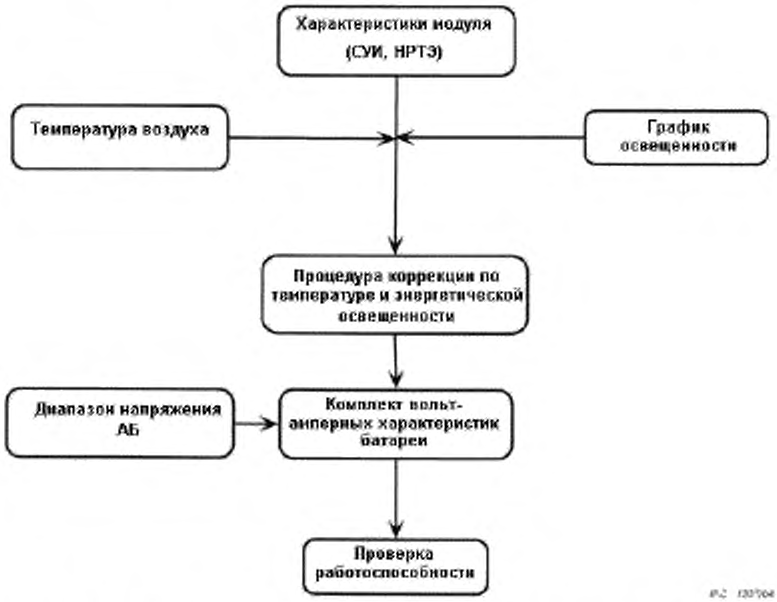



Рисунок С.1 – Блок-схема для определения устанавливаемых значений источника постоянного тока, имитирующего фотоэлектрическую батарею системы

В предположении, что характеристики модуля при НРТЭ определены, требуется измерить только характеристики модуля при СУИ (см. данные о характеристиках модуля).

Выходные значения, соответствующие условиям заданного эталонного солнечного дня, рассчитывают по выражению, включающему в себя корректировку ВАХ по температуре и энергетической освещенности.

Уравнения пересчета для точек данных ВАХ:

$$\begin{cases} I_2 = I_1 \cdot \left(\dfrac{I_{КЗ2}}{I_{КЗ1}}\right) \\ U_2 = U_1 + (U_{ХХ2} - U_{ХХ1}) + R_{П} \cdot (I_1 - I_2) \end{cases},$$

где

$$I_{КЗ2} = I_{КЗ1} \cdot [1 + \varkappa_I \cdot (T_2 - T_1)]\frac{E_2}{E_1}$$

и

$$U_{ХХ2} = U_{ХХ1} \cdot \left[1 + \alpha \cdot \ln\frac{E_2}{E_1} + \varkappa_U \cdot (T_2 - T_1)\right]$$

Параметры модуля

$\varkappa_I$ – температурный коэффициент тока короткого замыкания (стандартное значение $\varkappa_I$ = 0,0005/°С).

$\varkappa_U$ – температурный коэффициент напряжения холостого хода (стандартное значение $\varkappa_U$ = 0,004/°С).

$\alpha$ – безразмерный коэффициент поправки напряжения холостого хода по энергетической освещенности (стандартное значение $\alpha$ = 0,06).

$R_{\text{п}}$ – последовательное сопротивление модуля, фотоэлектрической батареи (стандартное значение $R_{\text{п}}$ = 0).

В результате выполнения процедуры корректировки по температуре и энергетической освещенности определяется набор ВАХ, соответствующий заданному эталонному солнечному дню (см. рисунок С.2). Выполняется построение одной кривой для каждой ступени дневного профиля энергетической освещенности (см. раздел 15). Эта процедура должна быть выполнена для каждого профиля энергетической освещенности, который использовался в процедуре проверки работоспособности.

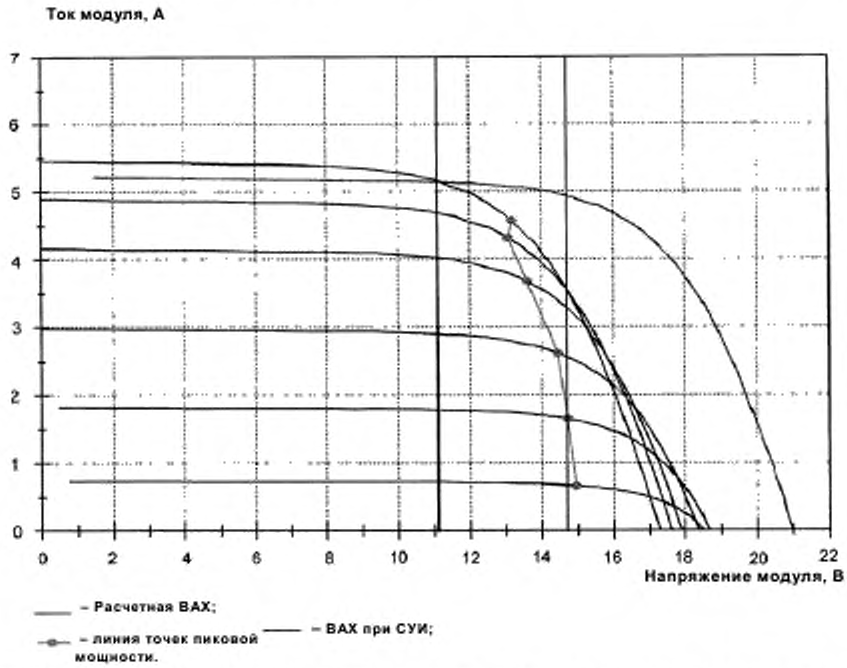



Рисунок С.2 – Набор ВАХ, соответствующий дневному профилю энергетической освещенности

Напряжение в системе определяется напряжением на АБ. Фотоэлектрическая батарея, таким образом, функционирует в диапазоне напряжений АБ. Этот диапазон ограничен двумя пределами. Верхним пределом является заданное напряжение отключения при полном заряде АБ, при котором происходит отключение фотоэлектрической батареи. Нижним пределом является напряжение глубокого разряда, при котором включается защита АБ и который не может быть преодолен при нормальной работе системы.

ВАХ внутри этого диапазона могут быть оценены линейным образом. Эти расчетные линии называются рабочими линиями (см. рисунок С.3). Для получения достаточной точности выходных характеристик имитатора каждая кривая ВАХ в диапазоне напряжений АБ определяется с помощью двух рабочих линий. Рабочие линии строят по трем точкам на кривой ВАХ. Первой точкой является точка пересечения ВАХ батареи с нижней границей диапазона напряжений (L*i*). Вторая точка (M*i*) находится в середине заданного диапазона напряжений. Третьей точкой (H*i*) является точка пересечения ВАХ батареи с высшей границей диапазона напряжения.

### С.2 Процедура имитации батареи

Электрические характеристики фотоэлектрической батареи имитируют с помощью программируемого источника постоянного тока.

Заряд АБ управляется программным устройством.

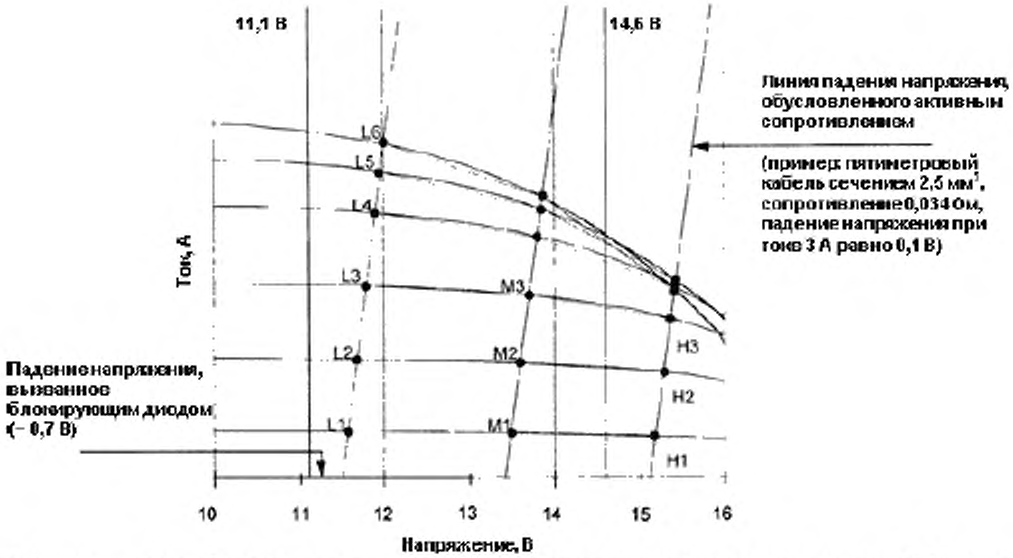
Входные параметры: значения напряжения и тока точек ВАХ для линейной аппроксимации характеристик батареи; напряжение АБ.

Выходной параметр – ток фотоэлектрической батареи.

Методом последовательного приближения с учетом напряжения АБ изменяют значение тока и определяют рабочие точки по току и напряжению, до тех пор пока рабочая точка по напряжению и току не достигнет рабочей линии фотоэлектрической батареи (см. рисунок С.4).

### С.3 Установка для испытаний

Система без АБ должна быть установлена в климатическую камеру (см. рисунок С.5). В том случае, когда в зарядном устройстве используется отдельный датчик температуры, возможно помещение в климатическую камеру только АБ.




Примечание – Вертикальная линия 11,1 В – линия отключения по низкому напряжению (ОНН), вертикальная линия 14,6 В – линия отключения по высокому напряжению (ОВН). Значения ОНН и ОВН задаются контроллером заряда (уставка), различные контроллеры заряда имеют различные значения ОНН и ОВН.

Рисунок С.3 – Пример аппроксимации ВАХ фотоэлектрической батареи с помощью набора рабочих линий батареи (АБ 12 В)

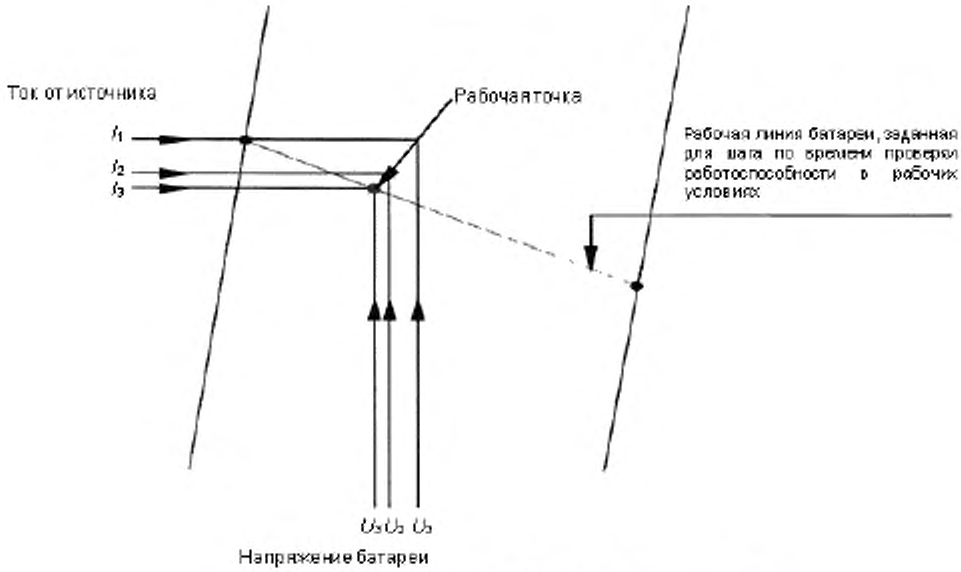



Рисунок С.4 – Итерационный процесс уточнения тока

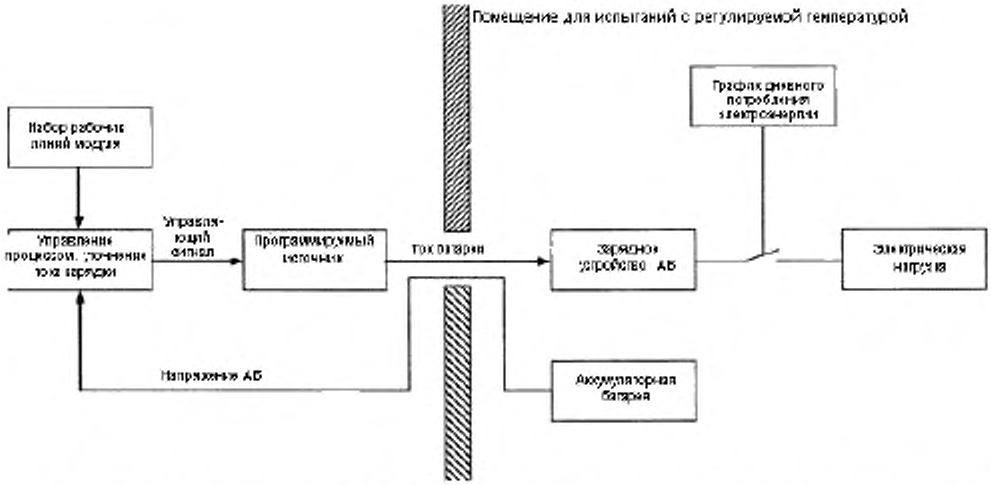
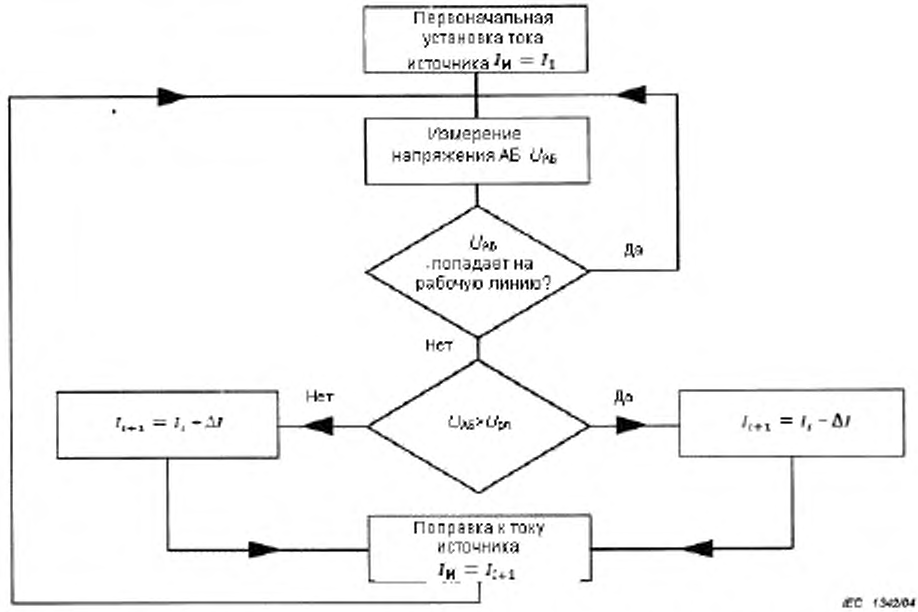



Рисунок С.5 – Схема установки для проверки работоспособности фотоэлектрической системы с имитатором фотоэлектрического модуля

### С.4 Алгоритм для имитации характеристик батареи

На рисунке С.6 приведен алгоритм имитации характеристик батареи.




*$U_{рл}$ – напряжение на рабочей линии; $I_1$ – ток на линии 1 (см. рисунок С.4);*
*$I_i$ – измеренный ток до действия обратной связи*

Рисунок С.6 – Блок-схема имитации характеристик батареи, представляющая один шаг по времени для графика проверки работоспособности системы

# Приложение ДА
# (справочное)

## Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации и действующему в этом качестве межгосударственному стандарту

Таблица ДА.1

| Обозначение ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта |
|---|---|---|
| МЭК 60364-7-712 | IDT | ГОСТ Р 50571.7.712–2013/МЭК 60364-7-712:2002 «Электроустановки низковольтные. Часть 7-712. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Системы питания с использованием фотоэлектрических (ФЭ) солнечных батарей» |
| МЭК 60904-1 | MOD | ГОСТ 28977–91 (МЭК 904-1–87) «Фотоэлектрические приборы. Часть 1. Измерения фотоэлектрических вольт-амперных характеристик» |
| МЭК 60904-2 | MOD | ГОСТ Р 50705–94 (МЭК 904-2–89) «Фотоэлектрические приборы. Часть 2. Требования к эталонным солнечным элементам» |
| МЭК 60904-5:1993 | – | * |
| МЭК 61215 | – | * |
| МЭК 61646 | IDT | ГОСТ Р МЭК 61646–2013 «Модули фотоэлектрические. Тонкопленочные наземные. Порядок проведения испытаний для подтверждения соответствия функциональным характеристикам» |
| МЭК 61730-1 | IDT | ГОСТ Р МЭК 61730-1–2013 «Модули фотоэлектрические. Оценка безопасности. Часть 1. Требования к конструкции» |
| МЭК 61730-2 | IDT | ГОСТ Р МЭК 61730-2–2013 «Модули фотоэлектрические. Оценка безопасности. Часть 2. Методы испытаний» |
| МЭК 62093 | IDT | ГОСТ Р МЭК 62093–2013 «Системы фотоэлектрические. Компоненты фотоэлектрических систем. Методы испытаний на стойкость к внешним воздействиям» |

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов

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

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

## Библиография


| | |
|---|---|
| [1] МЭК 61215 | Модули фотоэлектрические наземные из кристаллического кремния. Оценка конструкции и утверждение по образцу (IEC 61215 Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval) |
| [2] МЭК 61730-1 | Атестация фотогальванического модуля на безопасность. Часть 1. Требования к конструкции (IEC 61730-1 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 1: Requirements for construction) |
| [3] МЭК 61730-2 | Атестация фотогальванического модуля на безопасность. Часть 2. Требования к испытаниям (IEC 61730-2, Photovoltaic (PV) module safety qualification. Part 2: Requirements for testing) |
| [4] МЭК 60364-7-712 | Установки электрические зданий. Часть 712. Требования к специальным установкам или расположению. Системы питания с использованием фотоэлектрических солнечных батарей (IEC 60364-7-712, Electrical installations of buildings – Part 7-712. Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems) |
| [4] МЭК 61646 | Модули фотоэлектрические тонкопленочные для наземного применения. Квалификационная оценка конструкции и утверждение по образцу (IEC 61646 Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval) |
| [5] МЭК 62093 | Компоненты равновесия фотоэлектрических систем. Определение природных сред (IEC 62093 Balance-of-system components for photovoltaic systems – Design qualification natural environments) |
| [6] МЭК 61853 (все части) | Фотоэлектрический модуль. Испытания рабочих характеристик и энергетической номинальной мощности (IEC 61853-1:2011 Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating) |
| [7] МЭК 60904-2 | Приборы фотоэлектрические. Часть 2. Требования к эталонным солнечным элементам (IEC 60904-2, Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar cells) |
| [8] МЭК 60904-1 | Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик фотоэлектрических приборов (IEC 60904-1, Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics) |

УДК 697.329:006.354 ОКС 27.160 Е60

Ключевые слова: автономные фотоэлектрические системы, спецификации, методы и порядок испытаний, работоспособность, рабочие характеристики

Подписано в печать 01.04.2014. Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 4,20. Тираж 31 экз. Заказ 1088

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»,

123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru