ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 61853-1— 2013

МОДУЛИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка

Часть 1

Измерение рабочих характеристик в зависимости от температуры и энергетической освещенности. Номинальная мощность

IEC 61853-1:2011
Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Irradiance and temperature performance measurements and power rating
(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 05 декабря 2013 г. № 2163-ст с 01 января 2015 г.

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 61853-1:2011 «Фотоэлектрический модуль. Испытания рабочих характеристик и энергетической номинальной мощности. Часть 1. Измерения излучения и рабочих температурных характеристик и номинальной мощности» (IEC 61853-1:2011 «Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating – Irradiance and temperature performance measurements and power rating»)

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 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 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.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

Введение

Настоящая серия стандартов распространяется на фотоэлектрические модули и устанавливает требования к процедуре определения рабочих характеристик модуля как основы для определения мощности в ваттах, генерируемой модулем энергии в ватт-часах и коэффициента эффективности. Стандарты разработаны в расчете на применение к фотоэлектрическим модулям, изготовленным по любой из существующих на момент введения стандарта технологий, включая модули с нелинейными характеристиками, однако не учитываются такие переходные состояния как деградация под действием света и/или термическая деградация.

В состав серии стандартов МЭК 61853 входят: руководство по определению рабочих характеристик модулей в широком диапазоне температур и энергетической освещенности; методы описания спектральных и угловых эффектов; определение эталонных климатических профилей (температуры и освещенности); методы оценки значений мгновенной мощности и энергии и методы представления этих результатов в виде числовых значений.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОДУЛИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка

Часть 1

Измерение рабочих характеристик в зависимости от температуры и энергетической освещенности. Номинальная мощность

Photovoltaic modules. Determination of performance testing and energy rating. Part 1. Irradiance and temperature performance measurement according to irradiance and temperature. Power rating

Дата введения — 2015—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на фотоэлектрические модули и устанавливает требования к процедуре определения рабочих характеристик фотоэлектрического модуля и номинальной мощности в ваттах в определенных диапазонах изменения энергетической освещенности и температуры. МЭК 61853-2 устанавливает порядок испытаний для определения влияния на рабочие характеристики угла падения света; определения зависимости температуры модуля от энергетической освещенности, температуры воздуха и скорости ветра, а также зависимости генерируемой энергии от спектральных характеристик. В МЭК 61853-3 описаны методы расчета энергии в ватт-часах, генерируемой фотоэлектрическим модулем. МЭК 61853-4 устанавливает эталонные временные интервалы и погодные условия, которые можно использовать для проведения энергетической оценки.

Цель настоящего стандарта – установить систему измерений и оценки модулей, позволяющую определять максимальную мощность фотоэлектрического модуля в ваттах при установленных условиях.

Целью стандарта также является введение полного набора рабочих характеристик модуля, описывающего его работу при различных значениях энергетической освещенности и температуры. Данный набор измерений необходим для того, чтобы провести энергетическую оценку модуля в соответствии с МЭК 61853-3.

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 60410 Правила и планы выборочного контроля по качественным признакам (IEC 60410, Sampling plans and procedures for inspection by attributes)

МЭК 60891:2009 Приборы фотоэлектрические из кристаллического кремния. Коррекция вольт-амперных характеристик по температуре и освещенности (IEC 60891:2009, Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics)

МЭК 60904-1 Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик (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 60904-3 Приборы фотоэлектрические. Часть 3: Принципы измерения параметров наземных фотоэлектрических солнечных приборов при стандартной спектральной плотности энергетической освещенности (IEC 60904-3, Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data)

Издание официальное

МЭК 60904-5 Приборы фотоэлектрические. Часть 5. Определение эквивалентной температуры элементов фотоэлектрических приборов методом напряжения разомкнутой цепи (IEC 60904-5, Photovoltaic devices – Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method)

МЭК 60904-7 Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Расчет спектральной поправки при измерениях (IEC 60904-7, Photovoltaic devices – Part 7: Computation of spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices)

МЭК 60904-9 Приборы фотоэлектрические. Часть 9. Требования к рабочим характеристикам имитаторов солнечного излучения (IEC 60904-9, Photovoltaic devices – Part 7: Solar simulator performance requirements)

МЭК 60904-10 Приборы фотоэлектрические. Часть 10. Методы измерения линейности (IEC 60904-10:2009, Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurement)

МЭК 61215:2005 Модули фотоэлектрические наземные из кристаллического кремния. Оценка конструкции и утверждение типа (IEC 61215:2005, Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval)

МЭК 61646:2008 Модули фотоэлектрические тонкопленочные наземные. Требования к конструкции и типовым испытаниям (IEC 61646:2008, Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval)

3 Выбор образцов

Для испытаний должны быть случайным образом выбраны три образца из промышленной партии или партий в соответствии с МЭК 60410. Для обеспечения постоянства значений мощности эти модули должны пройти предварительную обработку в соответствии с разделом 5.

Модули должны быть изготовлены из указанных в сопроводительных документах материалов и компонентов в соответствии с чертежами и технологическими картами изготовителя и должны пройти установленные процедуры заводской проверки, контроля качества и приемочных испытаний. Модули должны быть полностью укомплектованы и сопровождаться руководством по эксплуатации и инструкциями по окончательной сборке, относящимися к рекомендуемой установке диодов, рам, кронштейнов и т. п.

Если модули, подлежащие испытаниям, являются новыми разработками и еще не поставлены на производство, этот обстоятельство необходимо отметить в протоколе испытаний (раздел 6).

4 Маркировка

На каждом модуле должна быть ясная нестираемая маркировка, включающая в себя:

- наименование, логотип или эмблему изготовителя;
- тип или номер модели;
- серийный номер;
- обозначение полярности выводов или проводов (допускается цветовая маркировка);
- номинальное и минимальное значения максимальной выходной мощности при СУИ после предварительной обработки в порядке, установленном производителем для данного типа изделия (согласно разделу 5).

Дата и место изготовления должны быть указаны на модуле, либо они должны быть определяемы по серийному номеру.

При производстве модулей на маркировке или в документации производителя, сопровождающей каждый модуль данного типа, должны быть указаны значения номинальной мощности для условий НРТЭ, УНО, УВТ, УНТ (установленных в разделе 7 и таблице 1 настоящего стандарта), определенные в соответствии с процедурой, описанной в разделе 10.

5 Условия испытаний и приемки

Модули проходят процедуру измерения рабочих характеристик при значениях энергетической освещенности и температуры, определенных в разделе 8. При проведении испытаний необходимо выполнять инструкции изготовителя по эксплуатации, монтажу и подключению.

Перед началом измерений испытуемый образец должен пройти предварительную обработку – процедуру стабилизации путем засветки, как указано в МЭК 61215 (раздел 5) или МЭК 61646 (подраздел 10.19).

Значения максимальной выходной мощности при СУИ, измеренные после предварительной обработки должны лежать внутри диапазона мощностей, указанного производителем данного модуля.

Примечание — Критерии успешного или неуспешного испытания должны учитывать неопределенность лабораторных измерений. Например, если общая неопределенность измерений при СУИ составляет ± 5 %, то образец считается успешно прошедшим испытания, если его номинальная мощность, указанная на заводской табличке, составляет более чем 95 % значения, измеренного в лабораторных условиях.

После заполнения таблиц параметров (см. раздел 8) следует провести повторное измерение параметров образцов при СУИ в целях проверки стабильности рабочих характеристик.

6 Протокол испытаний

По окончании измерений испытательная лаборатория составляет и утверждает в установленном порядке (ИСО/МЭК 17025) протокол, содержащий результаты измерения рабочих параметров, который должен включать в себя, как минимум, следующую информацию:

a) наименование документа;

b) наименование и адрес организации, проведшей калибровку или испытания, и указание места проведения испытаний;

c) уникальную идентификацию протокола и каждой страницы;

d) наименование и адрес заказчика (когда это необходимо);

e) описание и идентификацию калиброванного или испытуемого образца;

f) характеристику и условия калибровки или испытания образцов;

g) дату получения испытуемого образца и дату(ы) калибровки и испытаний (если необходимо);

h) описание использованных методов калибровки и испытаний;

i) ссылку на метод выбора опытных образцов (если это необходимо);

j) описания всех отклонений, дополнений или исключений в процедурах проведения калибровки и испытаний, а также любую иную информацию, относящуюся к конкретной процедуре калибровки или измерений, например описание условий окружающей среды;

k) в случае использования упрощенного метода для заполнения таблицы 2 (см. раздел 8), необходимо это отметить в протоколе. При использовании упрощенного метода в протоколе также должны быть указаны температурные коэффициенты максимальной мощности и напряжения холостого хода для двух значений энергетической освещенности, выбранных для проверки допустимости применения упрощенного метода;

l) перечень измерений, проверок и результатов, включая, как минимум, таблицу 2 для $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}, значения температурных коэффициентов модуля κ_i, κ_u, средней мощности для каждого из трех испытуемых модулей при всех установленных условиях испытаний (приведено в разделе 7), температурный коэффициент мощности (κ_p) при P_{max};

m) оценку погрешности калибровки или результатов измерений (при необходимости);

n) заключение о соответствии/несоответствии значения номинальной мощности для СУИ значению этого параметра, заявленному производителем, в пределах диапазона допустимых значений внешних параметров для лабораторных условий;

o) должность и подпись, либо равноценную идентификацию лиц, отвечающих за содержание сертификата соответствия и/или содержание протокола испытаний, а также дату его подписания/составления;

p) при необходимости положение о том, что полученные результаты относятся только к калиброванным или испытанным образцам;

q) положение о том, что данный отчет об испытаниях не может быть воспроизведен иначе как полностью без письменного разрешения опубликовавшей его лаборатории.

7 Условия определения номинальной мощности

7.1 Общие положения

Установленные нормальные условия для определения рабочих характеристик и номинальной мощности приведены в таблице 1 и более детально описаны в подразделах 7.1–7.6. Первые три нормальные условия определены в МЭК 61215 и МЭК 61646. Для любого из установленных условий спектральный состав излучения должен соответствовать АМ 1,5, а световой поток должен быть направлен нормально к поверхности модуля (в соответствии с МЭК 60904-3).

Таблица 1 – Нормальные условия испытаний (при АМ 1,5)

Условия	Энергетическая освещенность, $Вт/м^2$	Температура, °С
СУИ	1000	25 элемента
НРТЭ (согласно МЭК 61215 или МЭК 61646)	800	20 окружающей среды
УНС (Условия низкой энергетической освещенности)	200	25 элемента
УВТ (Условия высокой температуры)	1000	75 элемента
УНТ (Условия низкой температуры)	500	15 элемента
Примечание – Нормируемые параметры, указанные в этой таблице, могут быть измерены непосредственно при составлении таблицы результатов испытаний (см. раздел 8).		

7.2 Стандартные условия испытаний (СУИ)

- Температура: 25 °С.
- Энергетическая освещенность: 1000 $Вт/м^2$.

7.3 Номинальная рабочая температура элемента (НРТЭ)

- Температура: НРТЭ (в соответствии с подразделом 10.5 МЭК 61215 или МЭК 61646).
- Энергетическая освещенность: 800 $Вт/м^2$.

7.4 Условия низкой освещенности (УНО)

- Температура: 25 °С.
- Энергетическая освещенность: 200 $Вт/м^2$.

7.5 Условия высокой температуры (УВТ)

- Температура: 75 °С.
- Энергетическая освещенность: 1000 $Вт/м^2$.

7.6 Условия низкой температуры (УНТ)

- Температура: 15 °С;
- Энергетическая освещенность: 500 $Вт/м^2$.

8 Измерение рабочих характеристик в зависимости от энергетической освещенности и температуры

8.1 Общие положения

Необходимость определения зависимости рабочих характеристик фотоэлектрических модулей от энергетической освещенности и температуры и выбор методики испытаний обусловлены следующим.

Мощность, генерируемая фотоэлектрическим устройством, непосредственно зависит от его температуры и интенсивности падающего света. Характеристики большинства фотоэлектрических модулей на основе кристаллического кремния имеют линейную зависимость от температуры, для характеристик модулей на основе тонкопленочных материалов не представляется возможным указать общее выражение температурной зависимости. При изменении энергетической освещенности в большинстве случаев ток короткого замыкания изменяется линейно. Но логарифмическая зависимость напряжения холостого хода и нелинейная зависимость коэффициента заполнения от энергетической освещенности

часто обусловливают высокие уровни нелинейности пиковой мощности. Вместо сложного моделирования этих процессов в стандарте применяется измерение рабочих характеристик как функций температуры и энергетической освещенности.

Примечание – В случае, когда зависимость $I_{кз}$ модуля от энергетической освещенности носит линейный характер (МЭК 60904-10), для определения энергетической освещенности в процессе испытаний допускается использовать измерение $I_{кз}$.

Для обеспечения статистической достоверности измерений (8.3.11 и 8.5.11) должно быть проведено достаточное количество измерений параметров $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}. Измеренные значения рабочих характеристик при разных сочетаниях значений температуры и энергетической освещенности вносят в таблицы. По результатам этих измерений составляют отдельные таблицы для каждого из указанных параметров. Таблицы измеренных значений $U_{хх}$ и $U_{макс}$ используют не при проведении энергетических оценок фотоэлектрических модулей, а, например, при создании системы как характеристики модуля данного типа.

Измерения следует проводить при установленных значениях энергетической освещенности и температуры. Пересчет ВАХ, снятых при иных фактических значениях энергетической освещенности и/или температуры для приведения к нормируемым условиям, проводят в соответствии с МЭК 60891. При этом фактическое значение энергетической освещенности не должно отличаться от нормативного более чем на 100 Вт/м^2. Все случаи пересчет ВАХ должны быть отражены в протоколе испытаний, и их влияние на неопределенность результатов должно быть включено в раздел, посвященный анализу статистической погрешности, должна быть дана количественная оценка погрешности с использованием интерполяционного метода. Допускается проводить измерения при отклонении значений энергетической освещенности от нормируемых значений, указанных в таблице 2, если эти отклонения находятся в пределах точности измерительных приборов и не выходят за пределы, указанные в 8.3.2.

Таблицы измеренных значений параметров $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} составляют по приведенному ниже образцу (см. таблицу 2).

Примечания:

1 Для учета нелинейных эффектов могут быть проведены дополнительные измерения при энергетической освещенности 50 и 300 Вт/м2 .

2 Таблицы значений I_{max} и коэффициента заполнения (FF) могут быть построены по данным измерения четырех указанных параметров.

Таблица 2 – $I_{кз}$, ($U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}) при различных значениях энергетической освещенности и температуры

Энергетическая освещенность, Вт/м^2	Спектральный состав излучения	Температура модуля, °С			
		15	25	50	75
1100	AM1,5	*			
1000	AM1,5				
800	AM1,5				
600	AM1,5				
400	AM1,5				*
200	AM1,5			*	*
100	AM1,5			*	*
* не измеряется.					

Приняты четыре метода испытания модулей, при которых формируется массив данных для заполнения таблицы 2. Упрощенный метод допускается применять только при испытании модулей с линейными характеристиками в соответствии с МЭК 60904-10. Два других относятся к испытаниям вне помещения при естественном солнечном освещении (для одного метода требуется система слежения за солнцем, для другого она не требуется). Четвертый метод применяют внутри помещения с использованием имитатора солнечного излучения.

8.2 Упрощенные испытания для модулей с линейными характеристиками

У модулей с линейными характеристиками в соответствии с МЭК 60904-10 зависимости максимальной мощности от энергетической освещенности и от температуры не коррелируют между собой.

В этом случае допускается проводить измерения по упрощенному методу. Достаточно провести измерения:

a) значений параметров ($I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}) при постоянной температуре и изменении энергетической освещенности в диапазоне 100–1100 Вт/м^2;

b) значений параметров ($I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}) при различных температурах для двух значений энергетической освещенности, одно из которых берется в диапазоне 100–300 Вт/м^2, а другое – в диапазоне 800–1000 Вт/м^2.

Сравнивают относительные температурные коэффициенты максимальной мощности и напряжения холостого хода в наборах данных для двух вариантов значений энергетической освещенности. Если полученные значения относительного температурного коэффициента напряжения холостого хода различаются не более чем на 10 %, а значения относительного температурного коэффициента максимальной мощности – не более чем на 15 % одновременно, то в таблицах результатов указывают среднее арифметическое двух измеренных по перечислению b) 8.2 значений каждого из температурных коэффициентов. Если это условие не выполнено, то в таблицу вносят данные измерений для каждого значения энергетической освещенности.

Примечание – Ввиду малых значений температурного коэффициента тока короткого замыкания зависимость $I_{кз}$ от температуры не учитывается.

8.3 Испытания при естественном солнечном освещении с использованием следящей системы

8.3.1 Состав измерительного оборудования для проведения данных испытаний определен в МЭК 60904-1.

Для определения температуры испытуемого образца измеряют температуру в трех точках на его поверхности, не освещаемой солнцем, и берут среднее значение. Расположение точек показано на рисунке 1. Каждая точка измерения должна находятся непосредственно за солнечным элементом. При испытании модулей из кристаллического кремния температура может быть определена альтернативным способом, в частности может быть измерена эквивалентная температура элемента по методу, установленному в МЭК 60904-5.

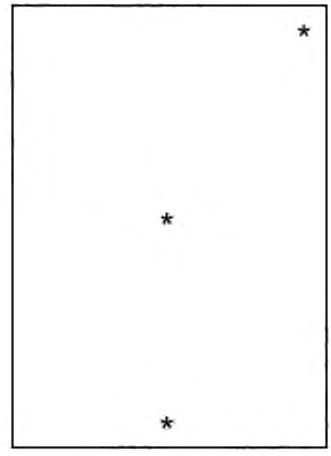

Рисунок 1 – Размещение точек измерения температуры на испытуемом модуле

8.3.2 Измерения при естественном солнечном излучении осуществляют при энергетической освещенности, меняющейся в течение светового дня. Кратковременные вариации энергетической освещенности, вызванные облаками, дымкой или туманом, во время каждого измерения должны быть в пределах ± 1 % показаний эталонного прибора в соответствии с требованиями МЭК 60904-1. Скорость ветра не должна превышать 2 м/с. Для получения достаточного количества данных в широком диапа-

зоне условий и повышения точности измерений снятие данных следует проводить в течение не менее трех ясных дней.

8.3.3 Устанавливают эталонный прибор (отвечающий требованиям МЭК 60904-2) в плоскости, компланарной плоскости модуля на следящей системе с двумя осями слежения, таким образом, чтобы солнечное излучение поступало перпендикулярно рабочим поверхностям модуля и эталонного прибора с точностью ± 2°. Подключают необходимые измерительные приборы.

Примечание – Описанные ниже измерения следует производить в максимально короткие сроки в течение нескольких часов одного светового дня, чтобы минимизировать влияние изменения спектрального состава солнечного света. Если это не выполнено, могут потребоваться спектральные поправки.

8.3.4 Если испытуемый модуль и эталонное устройство снабжены средствами регулирования температуры, устанавливают требуемое значение температуры. Если такое регулирование температуры не может быть использовано, то:

a) ставят экран, защищающий испытуемый модуль и эталонный прибор от солнца и ветра, дожидаются, когда температуры испытуемого модуля и эталонного прибора установятся на уровне температуры окружающего воздуха с отклонением в пределах ± 2°С, или

b) дожидаются, пока температура испытуемого модуля и эталонного прибора стабилизируются, или

c) создают условия, при которых температура испытуемого модуля и эталонного прибора станет ниже требуемого значения, после чего дают им нагреться до требуемого значения температуры естественным путем.

Примечание – В процессе нагрева средняя температура элемента может отличаться от средней температуры тыльной поверхности модуля. В этом случае может быть использована методика определения температуры по изменению напряжения холостого хода за время измерения, установленная в МЭК 60904-5.

8.3.5 После того как температура достигнет требуемого значения, удаляют экран (если он используется) и в течение минимально возможного интервала времени измеряют температуру испытуемого модуля и его ВАХ (по крайней мере значения $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}), температуру и ток короткого замыкания эталонного прибора, спектральное распределение энергетической освещенности с помощью спектрорадиометра (если соответствующий эталонный прибор не используется).

8.3.6 Энергетическую освещенность E определяют по измеренному значению тока короткого замыкания эталонного прибора ($I_{кз\ э}$) и его калибровочному значению ($I_{кз\ э\ СУИ}$), измеренному при СУИ. Расчет проводят по формуле

$$E = \frac{E_{СУИ} \cdot I_{кз\ э}}{I_{кз\ э\ СУИ}} \cdot [1 - \varkappa_{IэСУИ}(T_э - T_{эСУИ})],$$

где $T_э$ – температура эталонного прибора во время измерений;

$\varkappa_{IэСУИ}$ – температурный коэффициент тока короткого замыкания эталонного прибора, 1/°С;

$E_{СУИ}$ – энергетическая освещенность, на которую откалиброван эталонный прибор, Вт/м^2; как правило, E = 1000 Вт/м^2;

$T_{эСУИ}$ – температура, при которой была выполнена калибровка эталонного прибора; как правило, $T_{эСУИ}$ = 25 °С.

Если спектральная чувствительность эталонного прибора отличается от спектральной чувствительности испытуемого образца, необходимо провести корректировку в соответствии с МЭК 60904-7.

8.3.7 Если при выполнении дальнейших измерений $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} по 8.3.5 изменяется энергетическая освещенность при постоянной температуре, уменьшают энергетическую освещенность до требуемого значения без изменения ее относительного пространственного распределения. Значение энергетической освещенности в конкретной точке измерений определяют по формуле

$$E_i = k_i \times E,$$

где k_i – коэффициент, определяемый в процессе измерений.

Для уменьшения энергетической освещенности рекомендованы следующие способы:

a) использование откалиброванных сеточных фильтров с однородной плотностью сетки, которые не изменяют спектрального распределения света. При этом эталонный прибор не должен быть закрыт фильтром, чтобы обеспечить измерение энергетической освещенности в процессе испытаний. Коэф-

фициент k_i является калибровочным параметром фильтра (долей пропускаемого света). Однородность излучения, проходящего через фильтр, должна быть подтверждена по МЭК 60904-9, используя элемент в составе испытуемого прибора, имеющий такой же размер как размер детектора для определения класса однородности фильтра. Результаты проверки класса однородности фильтра должны быть приведены в протоколе испытаний;

b) использование некалиброванных сеточных фильтров с однородной плотностью сетки, которые не изменяют спектрального распределения света. При этом эталонный прибор должен находиться в зоне действия фильтра (под фильтром) в течение испытаний и иметь линейную зависимость тока короткого замыкания в соответствии с МЭК 60904-10. Коэффициент k_i равен отношению тока короткого замыкания эталонного прибора под фильтром к калибровочному значению тока короткого замыкания эталонного прибора. Однородность излучения, проходящего через фильтр, должна быть подтверждена по МЭК 60904-9 использованием наименьшего из устройств (элемент в составе испытуемого образца или эталонный прибор), размер которого соответствует размеру детектора для определения класса однородности фильтра. Результаты проверки однородности фильтра должны быть приведены в протоколе испытаний;

c) изменение угла падения света. При использовании этого способа эталонный прибор должен иметь такую же отражающую способность, как и испытуемый модуль, и должен быть смонтирован таким образом, чтобы его рабочая поверхность была компланарна рабочей поверхности испытуемого образца в пределах ± 1°. Эталонный прибор должен быть герметизирован так же, как и испытуемый модуль (для того чтобы их угловые зависимости коэффициента отражения для всех спектральных составляющих были одинаковыми). Зависимость тока короткого замыкания эталонного прибора от энергетической освещенности должна быть линейной в соответствии с МЭК 60904-10. Коэффициент k_i равен отношению тока короткого замыкания эталонного прибора, измеренному после изменения угла, к калибровочному значению тока короткого замыкания эталонного прибора. Изменяя угол падения света, измеряя ток короткого замыкания эталонного прибора, последовательным приближением добиваются требуемого значения энергетической освещенности.

Примечания:

1 Максимальный размер открытого пространства ячейки сеточного фильтра не должен превышать 1 % минимального из линейных размеров эталонного прибора и испытуемого образца в плоскости измерений. Иначе возможна переменная ошибка, вызванная положением устройств.

2 Метод регулирования энергетической освещенности путем изменения угла падения света особенно чувствителен к различиям угловых характеристик отражения эталонного и испытуемого приборов при больших углах. Поэтому данный метод не должен применяться при углах более 60°.

8.3.8 Если при выполнении дальнейших измерений $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} по 8.3.5 изменяется температура при постоянной энергетической освещенности, то установку и поддержание требуемой температуры осуществляют с помощью терморегулятора или путем попеременного освещения естественным солнечным светом и затенения от него рабочей поверхности модуля. Альтернативный метод, заключается в естественном нагреве образца при постоянном контроле его температуры. В этом случае измерения по 8.3.5 проводят в момент достижения температуры испытуемого образца требуемого значения.

8.3.9 Необходимо контролировать, чтобы в течении одного измерения температура испытуемого модуля и температура эталонного прибора оставались постоянными с отклонением в пределах ± 1 °С, а энергетическая освещенность, измеряемая эталонным прибором, оставалась постоянной с отклонением в пределах ± 2 %.

8.3.10 Повторяют операции, описанные в 8.3.5–8.3.9 до тех пор, пока не будут проведены все измерения, необходимые для заполнения таблицы 2, для всех сочетаний значений температуры и энергетической освещенности. Это означает, что должны быть измерены все требуемые значения параметров $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}, и в таблице 2, относящейся к каждому из параметров $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}, должны быть заполнены все ячейки.

8.3.11 Для каждого сочетания условий испытаний должно быть проведено не менее трех измерений за период времени не менее трех дней. Измерения следует продолжать до тех пор, пока стандартные отклонения значений параметров $I_{кз}$, $U_{хх}$, и P_{max} для каждого сочетания условий испытаний не окажутся в пределах 5 %.

Примечание – При испытаниях в натурных условиях на результаты измерений влияют угловая и спектральная зависимости параметров испытуемых образцов. Влияние спектральной зависимости может быть скоррек-

тировано с помощью эталонных элементов, спектральная чувствительность которых соответствует спектральной чувствительности испытуемого модуля. Также влияние спектральной зависимости может быть скорректировано использованием спектрорадиометра с последующим пересчетом результатов измерений, учитывающим несовпадение спектральных характеристик. Угловой эффект может быть устранен с помощью самой следящей системы.

8.4 Испытания при естественном солнечном освещении без следящей системы

Второй метод натурных испытаний фотоэлектрического модуля состоит в сборе данных, относящихся к его рабочим характеристикам в течение достаточно продолжительного периода времени, с последующим выбором данных, соответствующих нормируемым сочетаниям температуры и энергетической освещенности. Критерием применимости данного метода является соответствие условий испытаний условиям, указанным в 8.3.2. В этом методе применение следящей системы не требуется, но может потребоваться внесение поправок, вызванных изменением угла падения (см. примечание к 8.3.11).

8.5 Испытания с использованием имитатора солнечного излучения

8.5.1 Состав измерительного оборудования для проведения данных испытаний определен в МЭК 60904-1.

При испытаниях следует использовать фотоэлектрический эталонный прибор (отвечающий требованиям МЭК 60904-2) с линейной зависимостью тока короткого замыкания (МЭК 60904-10) от энергетической освещенности в диапазоне 100–1100 Вт/м^2. При применении методов a), b), c) и e) 8.5.7 эталонный прибор должен быть герметизирован по той же технологии и с применением тех же материалов, что и испытуемый модуль.

Имитатор солнца должен иметь класс ВВВ или лучше в соответствии со стандартом МЭК 60904-9.

Примечания:

1 Метод и материалы, используемые для герметизации, влияют на оптические и спектральные характеристики фотоэлектрических приборов. Необходимо убедиться, что спектральные характеристики эталонного прибора соответствуют спектральным характеристикам испытуемого образца.

2 Эмиссионные лампы типа ксеноновых следует применять с осторожностью при испытаниях модулей из однопереходных и многопереходных прямозонных структур. Изменение ширины запрещенной зоны структуры (элемента структуры), обусловленное изменением температуры, может привести к пропусканию элементом (элементами) структуры некоторых эмиссионных линий лампы, что приведет к значительным сдвигам в рабочих характеристиках. Для многопереходных прямозонных структур эти изменения ширины запрещенной зоны могут также изменить баланс токов отдельных элементов структуры, что приведет к дополнительным сдвигам в рабочих характеристиках.

3 Для многопереходных прямозонных структур как Iкз, так и FF являются нелинейными функциями спектральной плотности энергетической освещенности от имитаторов. При измерении таких структур с применением имитаторов солнечного излучения без настройки спектра могут возникнуть значительные ошибки, так как в этом случае нарушается баланс токов отдельных элементов, образующих структуру. Так, при измерении тока и напряжения коммерческих модулей на основе многопереходных структур с применением имитатора класса ААА были отмечены ошибки измерения более 15 %.

8.5.2 Устанавливают испытуемый прибор и эталонный прибор компланарно в плоскости измерений таким образом, чтобы излучение было перпендикулярно рабочим поверхностям модуля и эталонного прибора с точностью ± 2 °С. Подключают необходимые измерительные приборы.

8.5.3 Если испытуемый модуль и эталонное устройство снабжены средствами регулирования температуры, устанавливают требуемое значение температуры. Если такое регулирование температуры не может быть использовано, дожидаются, когда температура модуля и эталонного прибора установятся на уровне температуры окружающего воздуха с отклонением в пределах ± 2 °С.

Примечание – При испытании в условиях нестационарного температурного режима требуется установка термодатчиков в местах, указанных на рисунке 1.

8.5.4 Устанавливают наибольшее требуемое значение энергетической освещенности в плоскости измерений имитатора по показаниям эталонного прибора.

8.5.5 В течение минимально возможного интервала времени измеряют температуру испытуемого модуля и его ВАХ (по крайней мере значения $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}), температуру и ток короткого замыкания эталонного прибора, спектральное распределение энергетической освещенности с помощью радиометра (если соответствующий эталонный прибор не используется).

8.5.6 Энергетическая освещенность F_i определяется по измеренному значению тока короткого замыкания эталонного прибора ($I_{кз}$) и его калибровочному значению ($I_{кз\ эСУИ}$), измеренному при СУИ. Расчет производят по формуле:

$$E = \frac{E_{СУИ}\ I_{кз\ э}}{I_{кз\ э\ СУИ}} \cdot [1 - \varkappa_{Iэ СУИ}(T_э - T_{эСУИ})],$$

где $T_э$ – температуры эталонного прибора во время измерений;

$\varkappa_{IэСУИ}$ – температурный коэффициент тока короткого замыкания эталонного прибора, 1/°С;

$E_{СУИ}$ – энергетическая освещенность, на которую откалиброван эталонный прибор; как правило $E_{СУИ}$ = 1000 Вт/м^2;

$T_{эСУИ}$ – температура, при которой произведена калибровка эталонного прибора; как правило $T_{эСУИ}$ = 25 °С.

Если спектральная чувствительность эталонного прибора отличается от спектральной чувствительности испытуемого образца, необходимо провести корректировку всех измеренных значений E по формуле (1), приведенной в МЭК 60904-7, для пересчета к спектру АМ 1,5.

8.5.7 Если при выполнении дальнейших измерений $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} по 8.3.5 изменяется энергетическая освещенность при постоянной температуре, уменьшают энергетическую освещенность до требуемого значения без изменения ее относительного пространственного распределения. Значение энергетической освещенности в конкретной точке измерений F_i (в приведенных ниже способах a)–e) определяют по формуле

$$F_i = K_i \times E,$$

где k_i – коэффициент, определяемый в процессе измерений.

Для уменьшения энергетической освещенности рекомендованы следующие способы:

a) увеличение расстояния от лампы до плоскости измерения. При этом рабочая поверхность эталонного прибора должна располагаться в одной плоскости с рабочей поверхностью испытуемого образца. Коэффициент k_i равен отношению тока короткого замыкания эталонного прибора, измеренному после изменения положения лампы, к калибровочному значению тока короткого замыкания эталонного прибора.

b) использование оптических линз. При этом следует убедиться в том, что линзы не влияют заметным образом на спектральное распределение излучения в диапазоне чувствительности испытуемого образца и эталонного прибора, а также не нарушают пространственной однородности энергетической освещенности в плоскости измерения. Коэффициент k_i равен отношению тока короткого замыкания эталонного прибора, измеренному после установки линзы, к калибровочному значению тока короткого замыкания эталонного прибора.

c) изменение угла падения света. При использовании данного способа расстояние между источником света и испытуемым образцом должно быть достаточно большим в целях исключения неоднородности энергетической освещенности рабочей поверхности образца (неоднородность не должна превышать 2 %). Эталонный прибор должен иметь такую же отражающую способность, как и испытуемый модуль, и должен быть смонтирован таким образом, чтобы его рабочая поверхность была компланарна рабочей поверхности испытуемого образца в пределах ± 1°. Коэффициент k_i равен отношению тока короткого замыкания эталонного прибора, измеренному после изменения угла, к калибровочному значению тока короткого замыкания эталонного прибора. Изменяя угол падения света, измеряя ток короткого замыкания эталонного прибора, последовательным приближением добиваются требуемого значения энергетической освещенности.

d) использование откалиброванных сеточных фильтров с однородной плотностью сетки, которые не изменяют спектрального распределения света. При этом эталонный прибор не должен быть закрыт фильтром, чтобы обеспечить измерение энергетической освещенности в процессе испытаний. Коэффициент k_i является калибровочным параметром фильтра (долей пропускаемого света).

e) использование некалиброванных сеточных фильтров с однородной плотностью сетки, которые не изменяют спектрального распределения света. При этом эталонный прибор должен находиться в зоне действия фильтра (под фильтром) в течение испытаний и иметь линейную зависимость тока короткого замыкания в соответствии с МЭК 60904-10. Коэффициент k_i равен отношению тока короткого замыкания эталонного прибора под фильтром к калибровочному значению тока короткого замыкания эталонного прибора.

f) измерение рабочих характеристик образца при различных значениях энергетической освещенности на фронте затухания световой вспышки, генерируемой импульсным имитатором

солнечного излучения. Для этого требуется спектрорадиометр, обеспечивающий возможность измерения спектрального распределения излучения имитатора, или необходимо убедиться, что характеристики эталонного прибора хорошо соответствуют характеристикам испытуемого образца в диапазоне требуемых значений энергетической освещенности, спектрального распределения и температур. Рабочая поверхность эталонного прибора должна располагаться в одной плоскости с рабочей поверхностью испытуемого образца.

Примечания:

1 Максимальный размер открытого пространства ячейки сеточного фильтра не должен превышать 1 % минимального из линейных размеров эталонного прибора и испытуемого образца в плоскости измерений. Иначе возможна переменная ошибка, вызванная положением устройств.

2 При испытании способа f) соответствие спектральных характеристик эталонного устройства спектральным характеристикам испытуемого образца должно быть проверено путем регистрации тока короткого замыкания испытуемого и эталонного приборов на падающем фронте импульса имитатора солнечного излучения. По результатам измерения необходимо построить график зависимости отношения тока короткого замыкания испытуемого образца к току короткого замыкания эталонного прибора от энергетической освещенности. Отклонение полученной зависимости от единицы не должно превышать 1 % во всем диапазоне энергетической освещенности, в котором проводят испытания. Способ f) не допускается применять для измерений характеристик модулей на основе многопереходных структур.

8.5.8 Если при выполнении дальнейших измерений $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} по 8.3.5 изменяется температура при постоянной энергетической освещенности, то регулирование температуры осуществляют методами в соответствии с МЭК 61215 и МЭК 61646.

8.5.9 Необходимо контролировать, чтобы в течении одного измерения температура испытуемого модуля и температура эталонного прибора оставались постоянными с отклонением в пределах ± 1 °С

8.5.10 Повторяют операции, описанные в 8.3.5–8.3.9 до тех пор, пока не будут проведены все измерения, необходимые для заполнения таблицы 2, для всех сочетаний значений температуры и энергетической освещенности. Это означает, что должны быть измерены все требуемые значения параметров $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} и в таблице 2, относящейся к каждому из параметров $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}, должны быть заполнены все ячейки.

8.5.11 Для каждого сочетания условий испытаний должно быть проведено не менее трех измерений. Измерения следует продолжать до тех пор, пока стандартные отклонения значений параметров $I_{кз}$, $U_{хх}$, и P_{max} для каждого сочетания условий испытаний не окажутся в пределах 5 %.

9 Интерполяция результатов измерений $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max}

9.1 Общие положения

Для определения значений $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} при промежуточных значениях энергетической освещенности и температуры, отличных от тех, при которых были выполнены непосредственные измерения, следует использовать методики, приведенные в настоящем разделе. Вычисления следует проводить с оценкой погрешности (см. 9.6).

9.2 Интерполяция $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} относительно изменения температуры

Для определения $I_{кз}$, $U_{хх}$, $U_{макс}$ и P_{max} при промежуточных значениях температуры используется метод линейной интерполяции (регрессии) измеренной зависимости параметра от температуры при данном значении энергетической освещенности.

9.3 Интерполяция $I_{кз}$ относительно изменения энергетической освещенности

Для определения $I_{кз}$ при промежуточных значениях освещенности используется метод линейной интерполяции (регрессии) измеренной зависимости от освещенности при данном значении температуры

Примечание – Для нелинейных приборов в целях минимизации ошибки интерполяцию зависимости от энергетической освещенности следует проводить в ограниченных интервалах.

9.4 Интерполяция $U_{хх}$ относительно изменения энергетической освещенности

Для определения значений $U_{хх}$ при промежуточных значениях энергетической освещенности следует выполнить оценку параметров n_1 и n_2 в уравнении регрессии:

$$U(E) = v_1 \times \lg(E) + v_2$$

по измеренным данным.

Примечания:

1 Это соотношение основано на логарифмической зависимости U_{xx} и от энергетической освещенности. Интерполяция значений $U_{макс}$ может быть выполнена по тому же соотношению, что и U_{xx} с другим набором параметров.

2 Для нелинейных приборов в целях минимизации ошибки интерполяцию зависимости от энергетической освещенности следует проводить в ограниченных интервалах.

9.5 Интерполяция P_{max} относительно изменения энергетической освещенности

Для определения значений P_{max} при промежуточных значениях энергетической освещенности значения в области, близкой к рассматриваемому интервалу энергетической освещенности (в пределах ± 30 %), должны аппроксимироваться полиномом, с тем чтобы учесть любую нелинейность между двумя точками измерений.

Примечание – В некоторых случаях не удается добиться хорошего совпадения полученной зависимости P_{max} от $I_{кз}$ с точками измерений на выбранном интервале значений. В этом случае следует использовать несколько точек ниже и несколько точек выше требуемого промежуточного значения $I_{кз}$ при данной энергетической освещенности. Может также потребоваться проведение дополнительных измерений при освещенностях, близких к требуемому значению.

В случае приборов с линейными характеристиками для определения значений P_{max} при промежуточных значениях энергетической освещенности может быть использована линейная интерполяция. Для этого разница между значениями энергетической освещенности, при которых проведены два соседних измерения ВАХ, не должна превышать 30 % (см. МЭК 60891:2009).

9.6 Применимость методов аппроксимации

Методы аппроксимации по 9.2–9.5 считаются применимыми, если достигается абсолютный минимум функции ошибки.

Исследуя поверхности ошибки, подтверждают, что достигается абсолютный минимум функции ошибки. Если применимость методов не подтверждена, могут быть использованы другие соответствующие методы.

10 Определение номинальной мощности

Для каждого испытуемого образца по данным P_{max} из таблицы 2 и, при необходимости, используя данные интерполяции по методу, описанному в 9.5, определяют значение P_{max} для всех установленных условий испытания, приведенных в разделе 7 и таблице 1. Для каждого типа модулей вычисляют среднее по трем испытуемым образцам значение для каждого из установленных условий (за исключением СУИ). Полученные таким образом средние значения с указанием диапазона отклонений в меньшую и большую стороны указывают в протоколе испытаний в качестве номинального значения мощности при конкретных установленных условиях и используются для маркировки, как указано в разделе 4. Среднее и минимальное значения P_{max} при СУИ должны быть использованы для маркировки и указаны на заводской табличке (см. раздел 4).

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам)

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60410	-	*
МЭК 60891:2009	MOD	ГОСТ 28976–91(МЭК 891–87) Фотоэлектрические приборы из кристаллического кремния. Методика коррекции по температуре и облученности результатов измерения вольт-амперной характеристики
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 60904-3	-	*
МЭК 60904-5	IDT	ГОСТ Р МЭК 60904-5–2013 Приборы фотоэлектрические. Часть 5. Определение эквивалентной температуры методом измерения напряжения холостого хода
МЭК 60904-7	-	*
МЭК 60904-9	-	*
МЭК 60904-10	IDT	ГОСТ Р МЭК 60904-10–2013 Приборы фотоэлектрические. Часть 10. Методы определения линейности характеристик
МЭК 61215:2005	-	*
МЭК 61646:2008	IDT	ГОСТ Р МЭК 61646-2012 Модули фотоэлектрические тонкопленочные наземные. Порядок проведения испытаний для подтверждения соответствия функциональным характеристикам

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

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

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

Библиография

[1] МЭК 61853-2 Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 2. Измерение спектрального распределения, угла падения и рабочей температуры модуля (IEC 61853-2 Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating-Part 2. Spectral Response, Incidence Angle and Module Operating Temperature Measurements)

[2] МЭК 61853-3 Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 3. Энергетическая оценка (IEC 61853-3 Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating-Part 3: Energy Rating of PV Modules)

[3] МЭК 61215:2005 Модули фотоэлектрические наземные из кристаллического кремния. Методы испытаний (IEC 61215:2005 Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval)

[4] МЭК 61646:2008 Модули фотоэлектрические тонкопленочные наземные. Требования к конструкции и типовым испытаниям (IEC 61646:2008 Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval)

[5] ИСО/МЭК 17025 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий (ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories)

[6] МЭК 60904-10 Приборы фотоэлектрические. Часть 10. Методы определения линейности (IEC 60904-10:2009 Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurement)

[7] МЭК 60891:2009 Приборы фотоэлектрические из кристаллического кремния. Коррекция вольт-амперных характеристик по температуре и освещенности (IEC 60891.2009, Photovoltaic devices of crystalline silicon - Procedures for temperature and irradiance corrections to measured current voltage characteristics)

[8] МЭК 60904-3 Приборы фотоэлектрические. Часть 3: Принципы измерения параметров наземных фотоэлектрических приборов при стандартной спектральной плотности энергетической освещенности (IEC 60904-3, Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data)

[9] МЭК 60904-1 Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик (IEC 60904-1 Photovoltaic devices - Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics)

[10] МЭК 60904-5 Приборы фотоэлектрические. Часть 5. Определение эквивалентной температуры элементов фотоэлектрических приборов методом напряжения холостого хода (IEC 60904-5 Photovoltaic devices – Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method)

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

[12] МЭК 60904-7 Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Расчет спектральной поправки при измерениях (IEC 60904-7, Photovoltaic devices – Part 7: Computation of spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices)

[13] МЭК 60904-9 Приборы фотоэлектрические. Часть 9. Требования к рабочим характеристикам имитаторов солнечного излучения (IEC 60904-9 Photovoltaic devices – Part 7: Solar simulator performance requirements)

УДК 697.329:006.354 ОКС 27.160

Ключевые слова: фотоэлектрические модули, рабочие характеристики, энергетическая освещенность, температура

Подписано в печать 01.10.2014. Формат 60x841/8.

Усл. печ. л. 2,32. Тираж 32 экз. Зак. 3559.

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