ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 60904-1— 2013

ПРИБОРЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Часть 1

Измерение вольтамперных характеристик

IEC 60904-1:2006
Photovoltaic devices
Part 1. Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics
(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. № 2160-ст с 01 января 2015 г.

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 60904-1:2006 «Приборы фотоэлектрические. Часть 1. Измерение вольт-амперных характеристик» (IEC 60904-1:2006 «Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics»)

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, 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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПРИБОРЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
Часть 1
Измерение вольтамперных характеристик

Photovoltaic devices. Part 1.
Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics

Дата введения — 2015—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на фотоэлектрические приборы и устанавливает методы измерения вольтамперных характеристик фотоэлектрических приборов при естественном и искусственном солнечном освещении. Эти методы распространяются на отдельные фотоэлектрические преобразователи (солнечные элементы), сборки фотоэлектрических преобразователей (солнечных элементов) и на фотоэлектрические модули.

Примечания:

1 Данный стандарт применим к приборам на основе многопереходных элементов при условии, что каждый переход создает такой же ток, какой он создавал бы при освещении его светом со стандартным спектром АМ 1,5 (МЭК 60904-3).

2 Данный стандарт применим к фотоэлектрическим приборам, предназначенным для использования при концентрированном излучении, если в процессе измерений излучение поступает под прямым углом перпендикулярно к рабочей поверхности прибора или выполняется коррекция отклонения от прямого нормального эталонного спектра.

Стандарт устанавливает основные требования к измерению вольтамперных характеристик (ВАХ) фотоэлектрических приборов, порядок применения различных используемых в настоящее время методик, методы испытаний и приемы уменьшения погрешности измерений.

Примечание – Термины «испытываемый образец», образец относятся к любому из указанных фотоэлектрических приборов.

Испытание двусторонних приборов может отличаться процедурой измерения температуры. Измерения температуры в этом случае должны проводиться по специальной методике. Может потребоваться использование соответствующих специальных средств измерения и эталонного прибора.

2 Нормативные ссылки

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

МЭК 60891 Приборы фотоэлектрические из кристаллического кремния. Коррекция вольт-амперных характеристик по температуре и энергетической освещенности (IEC 60891:2009 Photovoltaic devices of crystalline silicon. Procedures for temperature and irradiance corrections to measured 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 приборов при эталонных спектрах энергетической освещенности (IEC 60904-3 Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data)

МЭК 60904-5 Приборы фотоэлектрические. Часть 5. Определение эквивалентной температуры методом измерения 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)

Издание официальное

МЭК 60904-6 Приборы фотоэлектрические. Часть 6. Требования к эталонным солнечным модулям (IEC 60904-6 Photovoltaic devices – Part 6: Requirements for reference solar modules)[1)]

МЭК 60904-7 Приборы фотоэлектрические. Часть 7. Расчет спектральных поправок 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 определения линейности характеристик (IEC 60904-10:2009 Photovoltaic devices – Part 10: Methods of linearity measurement)

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

3 Общие требования

a) Измерения энергетической освещенности должны проводится с использованием эталонного фотоэлектрического прибора или пиранометра. Эталонный прибор должен быть изготовлен и откалиброван в соответствии с МЭК 60904-2 и МЭК 60904-6. Спектральная чувствительность эталонного прибора должна соответствовать спектральной чувствительности испытываемого образца, либо следует выполнять коррекцию на несовпадение спектральной чувствительности в соответствии с МЭК 60904-7. В диапазоне энергетической освещенности, в котором проводятся испытания, эталонный прибор должен иметь линейную зависимость тока короткого замыкания от энергетической освещенности. Линейность определяется в соответствии с МЭК 60904-10.

Для измерений при естественном солнечном освещении, в условиях, когда падение прямых солнечных лучей не является нормальным к рабочей поверхности или близким к нормальному, рекомендуется использовать эталонный прибор того же типа и размера, что и испытываемые приборы. Или, для случая фотоэлектрических модулей и батарей, рекомендуется использовать многоэлементную сборку, состоящую из эталонного элемента, окруженного другими элементами (действующими или муляжами). В этом случае корпус, конструкция и герметизация, форма, размер и зазоры должны быть такими же, как у модулей, которые будут испытываться.

Примечание – Эталонный прибор считается совпадающим по спектральным характеристикам с испытываемым образцом, если технология изготовления его элементов, конструктивные особенности и герметизация такие же, как у испытываемого образца. В противном случае в протоколе испытаний должно быть отражено несовпадение спектральных характеристик.

b) Температуры эталонного прибора и образца следует измерять приборами с точностью ±1 °С и повторяемостью в пределах ±0,5 °С. Если температура эталонного прибора отличается от температуры, при которой проводилась его калибровка, более чем на 2 °С, в калибровочное значение следует внести поправку в соответствии с измеренной температурой. Если используется пиранометр, измерение температуры и внесение температурной поправки в его выходной сигнал не требуются.

c) Рабочая поверхность образца должна быть компланарна рабочей поверхности эталонного прибора в пределах угла ±2°.

d) Напряжения и токи следует измерять приборами с точностью ±0,2 % от напряжения холостого хода и тока короткого замыкания. При регистрации данных необходимо тщательно выбрать диапазон измерений. Подключение следует выполнять независимыми проводами минимально возможной длины. Если испытываемый образец является модулем, 4-проводное подключение должно выполняться к контактам или выводам. Если испытываемый образец является элементом, 4-проводное подключение должно выполняться к контактным шинам элемента.

Примечание – При проведении испытаний элементов необходимо тщательно выбирать способ их подключения. Возможно появление различий в результатах измерений при подключении паяными выводами и при применении подключения без пайки пружинными контактными колодками или проводящими пластинами, имеющими большую площадь соединения с контактами элемента на тыльной стороне. При подключении элементов без пайки может быть получено существенно более высокое значение коэффициента заполнения ВАХ, что характерно для модуля из таких элементов. Выбранный тип подключения должен соответствовать будущему использованию элементов или выполняемому измерению.

[1)] Заменен на IEC 60904-2(2007)

e) Ток короткого замыкания необходимо измерять при нулевом значении напряжения с использованием переменного смещения (предпочтительно электронного), предназначенного для компенсации падения напряжения на последовательно включенном внешнем сопротивлении. Также значение тока короткого замыкания может быть получено экстраполяцией ВАХ. Кривая ВАХ может быть продолжена до нулевого значения напряжения при условии, что падение напряжения не превышает 3 % от напряжения холостого хода испытываемого образца, а также при условии линейности участка ВАХ.

f) Точность процедур внесения температурной поправки и поправки на энергетическую освещенность в соответствии с МЭК 60891 требуется периодически проверять, измеряя ВАХ образца при выбранных уровнях энергетической освещенности и температуры и сравнивая полученные результаты с экстраполированными данными в соответствии с МЭК 60904-10.

Примечание – Если температурные поправки и поправки по энергетической освещенности вводятся в широком диапазоне, коррекция параметров модуля может существенно повлиять на результаты испытания. Следует также с осторожностью использовать параметры модуля. В частности, одно значение последовательного сопротивления не может быть применено ко всей партии образцов одного типа.

При проведении измерений нестабильных фотоэлектрических приборов следует уделять особое внимание выбору наиболее показательной спектральной характеристики, характеризующей данный прибор.

4 Испытательное оборудование

4.1 Испытания при естественном солнечном освещении

Для проведения измерения ВАХ при естественном солнечном освещении требуется следующее оборудование:

a) Эталонный фотоэлектрический прибор или пиранометр, соответствующий характеристикам испытываемого образца в требуемых диапазонах энергетической освещенности, спектрального распределения и температур и отвечающий требованиям, приведенным в перечислении a) раздела 3.

b) Если необходимо, средства измерения температуры эталонного прибора, которые отвечают требованиям перечислении b) раздела 3.

c) Оборудование, указанное в МЭК 60904-5, для определения температуры испытываемого образца как эквивалентной температуры (ЭТ) или иные средства измерения температуры испытываемого образца в соответствии с перечислении b) раздела 3.

d) Прибор, обеспечивающий возможность проверки компланарности рабочих поверхностей эталонного прибора и испытываемого образца в пределах угла ± 2°.

e) Двухосевая система слежения, обеспечивающая слежение за Солнцем таким образом, чтобы поступающее излучение было перпендикулярно к рабочим поверхностям образца и эталонного прибора в пределах угла падения ± 5°.

f) Спектрорадиометр, обеспечивающий измерение спектрального распределения энергетической освещенности в диапазонах спектральной чувствительности испытываемого образца и эталонного прибора, если необходимы поправки на несовпадение их спектральных характеристик в соответствии с перечислении a) раздела 3.

g) Приборы для измерения напряжения и тока образца и эталонного прибора, отвечающие требованиям перечислении d) раздела 3 .

h) Эквивалентная нагрузка с регулировкой в требуемом диапазоне мощности.

i) Прибор для непрерывной записи ВАХ: самописец, запоминающее устройство или иное аналогичное устройство.

j) Иной прибор для измерения ВАХ вместо приборов, указанных в перечислениях g)–i) раздела 3.

4.2 Испытания при искусственном солнечном освещении

Для проведения измерений ВАХ при искусственном солнечном освещении требуется следующее оборудование:

a) Эталонный фотоэлектрический прибор, соответствующий характеристикам испытываемого образца в требуемых диапазонах энергетической освещенности, спектрального распределения и температур и отвечающий требованиям, приведенным в перечислении a) раздела 3.

b) Средства измерения температуры эталонного прибора и испытываемого образца, которые отвечают требованиям перечислении b) раздела 3.

c) Имитатор солнечного излучения класса ВВВ или лучше в соответствии с МЭК 60904-9. Рабочая зона измерений имитатора должна быть равна или больше зоны, занимаемой испытываемым образцом.

d) Датчик энергетической освещенности, способный отслеживать мгновенную энергетическую освещенность в плоскости измерений имитатора. Датчик должен быть линейным в диапазоне энергетической освещенности, в котором проводятся измерения (см. МЭК 60904-10).

e) Спектрорадиометр, обеспечивающий измерение спектрального распределения энергетической освещенности имитатора в диапазонах спектральной чувствительности испытываемого образца и эталонного прибора, если необходимы поправки на несовпадение их спектральных характеристик в соответствии с перечислении a) раздела 3.

Примечание – 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 и к значительным сдвигам в рабочих характеристиках. Для многопереходных прямозонных структур эти изменения ширины запрещенной зоны могут также изменить баланс токов отдельных элементов структуры, и привести к дополнительным сдвигам в рабочих характеристиках.

5 Испытания при естественном солнечном освещении

Измерения при естественном солнечном освещении следует проводить только при условии, что колебания суммарной энергетической освещенности во время измерений составляют не более ±1 %. Скорость ветра не превышает 2 м/сек. Для измерений, результаты которых подлежат приведению к стандартным условиям испытаний (СУИ), значение энергетической освещенности должно быть не менее 800 Вт/м^2.

Метод испытаний

5.1 Установите эталонный прибор и испытываемый образец на двухосевом следящем устройстве как можно ближе друг к другу таким образом, чтобы рабочие поверхности эталонного прибора и испытываемого образца были компланарны. Рабочие поверхности обоих приборов должны быть перпендикулярны прямым солнечным лучам в пределах угла падения ±5°. Подключите необходимое измерительное оборудование.

Примечание – Для уменьшения влияния изменений спектрального распределения энергетической освещенности описанные ниже измерения следует производить настолько быстро, насколько это возможно в пределах нескольких часов одного дня. Если это невыполнимо, следует вводить спектральные поправки.

5.2 Если испытываемый модуль и эталонный прибор снабжены средствами регулирования температуры, установите требуемое значение температуры.

Если такое регулирование температуры не может быть использовано, то:

5.2.1 Защитите испытываемый образец и эталонный прибор от солнца и ветра, дождитесь, когда температура образца и эталонного прибора установятся на уровне температуры окружающей среды с отклонением в пределах ±2 °С, или,

5.2.2 Дождитесь, пока температуры испытываемого образца и эталонного прибора стабилизируются, или,

5.2.3 Создайте условия, при которых температуры испытываемого образца и эталонного прибора станут ниже требуемого значения, после чего дайте 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 использован метод определения температуры, установленный в МЭК 60904-5.

5.3 После того, как температура достигнет требуемого значения, удалите защитный экран (если он используется) и в течение минимально возможного времени измерьте ВАХ и температуру испытываемого образца, ток короткого замыкания и, если требуется, температуру эталонного прибора, спектральное распределение энергетической освещенности с помощью спектрорадиометра (если эталонный прибор не используется или его спектральная чувствительность не соответствует спектральной чувствительности испытываемого образца, см. 5.6).

Примечание – В большинстве случаев тепловая инерция образца и эталонного прибора в течение нескольких секунд не позволит температуре подняться более чем на 2 °С. Их температуры будут оставаться в достаточной степени одинаковыми.

5.4 Энергетическая освещенность E определяется по измеренному значению тока короткого замыкания эталонного прибора $I_{кз\,э}$ и его калибровочному значению $I_{кз\,э\,СУИ}$, измеренному при СУИ. Если температура эталонного прибора во время измерений $T_э$ отличается от температуры, при которой проводилась его калибровка, в уравнение для определения E вводится поправка с использованием температурного коэффициента по току для эталонного прибора $\varkappa_U$ (1/°С). Расчет проводят по формуле

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

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

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

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

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

Примечание – Вместо токов короткого замыкания могут быть использованы значения максимальной мощности и, соответственно, температурный коэффициент мощности эталонного прибора. В этом случае E определяется по формуле (1).

5.5 Необходимо контролировать, чтобы в течение регистрации всех данных одной точки ВАХ температура испытуемого образца и температура эталонного прибора оставались постоянными с отклонением в пределах ±1 °С, а энергетическая освещенность, измеряемая эталонным прибором, оставалась постоянной с отклонением в пределах ±1 % (колебания, обусловленные облаками, дымкой или дымом).

5.6 Если в качестве эталонного прибора используется пиранометр или неповеренный эталонный прибор, то одновременно с измерениями, указанными в п. 5.3, необходимо выполнить измерение спектрального распределения энергетической освещенности с помощью спектрорадиометра и рассчитать на основе МЭК 60904-7 эффективную энергетическую освещенность испытываемого образца при стандартном спектре АМ 1,5 (см. МЭК 60904-3), используя полученные данные по спектральной чувствительности измерительного прибора. Эффективной энергетической освещенностью называется энергетическая освещенность, усредненная по активной зоне плоскости измерений имитатора.

Примечание – Когда данные о спектральном распределении энергетической освещенности отсутствуют, требуется тщательно проверить совпадение спектральных характеристик эталонного прибора и образца, а также условий по воздушной массе. Измерения необходимо проводить в ясный солнечный день (при отсутствии видимых облаков вокруг Солнца и доле диффузной составляющей в солнечном излучении не более 30 %).

5.7 Проведите коррекцию измеренной ВАХ по температуре и энергетической освещенности для требуемых условий в соответствии с МЭК 60891. Для нелинейных приборов диапазон, в котором прибор может рассматриваться как линейный, определяется в соответствии с МЭК 60904-10.

6 Испытания при постоянном искусственном солнечном освещении

Условия измерения ВАХ фотоэлектрических приборов при постоянном искусственном солнечном освещении должны удовлетворять требованиям МЭК 60904-9. Распределение энергетической освещенности в плоскости измерений может быть неоднородным. Степень однородности распределения энергетической освещенности в активной зоне плоскости измерений имитатора должна быть известна и периодически проверяться. Точность измерений необходимо периодически поверять с помощью последовательных измерений в одних и тех же условиях испытаний.

Для калибровки применяются три метода. Если испытываемый образец имеет такие же размеры рабочей поверхности, как и эталонный, используется метод А. Если размеры испытуемого образца больше размеров эталонного прибора, используется метод В. Если размеры испытуемого

образца меньше размеров эталонного прибора, используется метод С. Методы В и С основаны на определении эффективной энергетической освещенности. Эффективной энергетической освещенностью называется энергетическая освещенность, усредненная по активной зоне плоскости измерений имитатора.

Примечание – Метод А является предпочтительным, поскольку он минимизирует влияние неоднородности энергетической освещенности и фактора размера в электронных устройствах.

Метод А. Конструкция испытываемого образца должна быть идентична конструкции эталонного прибора в отношении размера и электрических характеристик. Для модулей эти требования распространяются на тип элементов и схему соединений элементов. Эталонный прибор и испытываемый образец должны помещаться в одно и то же положение в активной зоне плоскости измерений.

Метод В. При использовании эталонного прибора с рабочей поверхностью меньших размеров, чем у испытываемого образца, измерения с помощью эталонного прибора следует выполнить в разных областях в границах испытуемого образца (активная зона плоскости измерений). Для установки энергетической освещенности (см. 6.3) эталонный прибор следует поместить в область, в которой достигается значение, равное усредненному значению измерений эталонного прибора, т.е. эффективной энергетической освещенности.

Метод С. При использовании эталонного прибора с рабочей поверхностью больших размеров, чем у испытываемого образца, измерения испытуемого образца следует выполнить в разных областях в границах эталонного прибора (активная зона плоскости измерений). При выполнении последующих измерений испытуемый образец следует поместить в область, в которой достигается значение, равное усредненному значению измерений испытуемого прибора, т.е. эффективной энергетической освещенности.

Метод испытаний

6.1 Поместите эталонный прибор в плоскости измерений имитатора так, чтобы его рабочая поверхность была перпендикулярна центральной линии пучка излучения с отклонением в пределах угла падения ±5°. Подключите необходимое измерительное оборудование.

Примечание – Следует убедиться, что плоскость измерений имитатора соответствует требованиям МЭК 60904-9.

6.2 Если испытательная установка оснащена средствами регулирования температуры, установите требуемое значение температуры эталонного прибора. Если такое регулирование температуры не может быть использовано, дождитесь, когда температура эталонного прибора установятся на уровне температуры окружающей среды с отклонением в пределах ± 1 °С. Или защитите эталонный прибор от излучения имитатора таким образом, чтобы его температура установились на уровне температуры окружающей среды с отклонением в пределах ± 2 °С.

Перед каждым измерением точки ВАХ температура эталонного прибора также должна быть приведена к равновесной в пределах ± 1 °С, если это необходимо.

6.3 После того как температура достигнет требуемого значения, настройте имитатор с помощью эталонного прибора, разместив его в плоскости измерений в соответствии с одним из методов А, В или С. Эталонный прибор должен создавать калибровочное значение тока короткого замыкания или/и максимальной мощности, соответствующее требуемому значению энергетической освещенности.

6.4 Удалите эталонный прибор. Поместите испытываемый образец в плоскости измерений имитатора в соответствии с одним из методов А, В или С так, чтобы его рабочая поверхность была перпендикулярна центральной линии пучка излучения с отклонением в пределах угла падения ±5° и компланарна рабочей поверхности удаленного эталонного прибора.

Примечание – Если пучок излучения достаточно широк и однороден, образец можно поместить рядом с эталонным прибором.

6.5 Подключите образец к необходимому измерительному оборудованию.

6.6 Приведите температуру испытуемого образца к равновесной аналогично тому, как указано в 6.2, и после того, как температура достигнет требуемого значения, не меняя установок имитатора, удалите защитный экран (если он используется) и в течение минимально возможного времени (см. примечание к 5.3) измерьте:

– ВАХ испытываемого образца;

– температуру испытываемого образца;

– спектральное распределение энергетической освещенности с помощью спектрорадиометра (если спектральная чувствительность эталонного прибора не соответствует спектральной чувствительности испытываемого образца);

– если эталонный прибор остался в зоне измерений, ток короткого замыкания и температуру эталонного прибора, если необходимо.

Если установка оснащена датчиком энергетической освещенности, его следует использовать для проверки того, что энергетическая освещенность рабочих поверхностей образца и эталонного прибора одинакова.

Перед каждым измерением точки ВАХ температура испытываемого образца также должна быть приведена к равновесной в пределах ± 1 °С, если это необходимо.

6.7 Если температура испытываемого образца в момент измерения отличается от требуемой, приведите измеренную ВАХ к этой температуре, используя МЭК 60891. Для нелинейных приборов диапазон, в котором прибор может рассматриваться как линейный, определяется в соответствии с МЭК 60904-10.

Примечания:

1 Любое случайное отклонение распределения энергетической освещенности сборки элементов или модуля от однородного может повлиять на итоговую ВАХ образца. Это влияние определяется следующими факторами: шунтирующими диодами в соединениях модуля, обратными ВАХ, характерными для каждого типа элементов, и распределением энергетической освещенности в зоне испытания. Все влияния неоднородности следует тщательно изучить и учесть при анализе погрешности.

2 Если в качестве эталонного прибора используется модуль, следует произвести тщательную оценку того, какой параметр необходимо выбрать в качестве параметра для настройки энергетической освещенности имитатора: ток короткого замыкания или максимальную мощность. Метод настройки по току короткого замыкания почти независим от температуры модуля и технологии выполнения соединений в модуле, но может вносить погрешности вследствие неоднородности освещения. Метод настройки по максимальной мощности может сгладить неоднородность распределения энергетической освещенности, но может внести ошибки, обусловленные температурой модуля и технологией выполнения соединений в модуле. Наиболее точные результаты достигаются, когда уровень энергетической освещенности обеспечивается одновременным достижением калибровочных значений обоих параметров: тока короткого замыкания и максимальной мощности эталонного модуля.

3 В тех случаях, когда пространственное распределение энергетической освещенности в активной зоне измерений неизвестно, и в качестве эталонного прибора используется эталонный элемент, результаты измерения испытываемого образца могут измениться, если меняется положение эталонного элемента в активной зоне испытания. Влияние неоднородности может быть ослаблено, если в качестве эталонного прибора используется откалиброванный эталонный модуль с размером, близким к размеру испытываемого образца.

4 На напряжение холостого хода или коэффициент заполнения ВАХ может влиять спектральный состав энергетической освещенности от источника света. При необходимости это влияние следует проанализировать и учесть, сравнивая полученные результаты с результатами измерений, выполненными при естественном солнечном освещении.

7 Испытания при импульсном искусственном солнечном освещении

Условия измерения ВАХ фотоэлектрических приборов при импульсном искусственном солнечном освещении должны удовлетворять требованиям МЭК 60904-9. Распределение энергетической освещенности в плоскости измерений может быть неоднородным. Степень однородности распределения энергетической освещенности в активной зоне плоскости измерений имитатора должна быть известна и периодически проверяться. Точность измерений необходимо периодически поверять с помощью последовательных измерений в одних и тех же условиях испытаний.

Примечание – Используются два типа импульсных имитаторов: системы с продолжительным импульсом с длительностью импульса до 1 с и измерением ВАХ в течение одной вспышки и короткоимпульсные системы, использующие стробоскопный тип ламп с длительностью импульса менее 1 мс, за одну вспышку измеряется одна точка ВАХ. Короткоимпульсные имитаторы не должны использоваться для точных измерений фотоэлектрических приборов с большой емкостью

Для калибровки применяются три метода. Если испытываемый образец имеет такие же размеры рабочей поверхности, как и эталонный, используется метод А. Если размеры испытуемого образца больше размеров эталонного прибора, используется метод В. Если размеры испытуемого образца меньше размеров эталонного прибора, используется метод С. Методы В и С основаны на определении эффективной энергетической освещенности. Эффективной энергетической

освещенностью называется энергетическая освещенность, усредненная по активной зоне плоскости измерений имитатора.

Примечание – Метод А является предпочтительным, поскольку он минимизирует влияние неоднородности энергетической освещенности и фактора размера в электронных устройствах.

Метод А. Конструкция испытываемого образца должна быть идентична конструкции эталонного прибора в отношении размера и электрических характеристик. Для модулей эти требования распространяются на тип элементов и схему соединений элементов. Эталонный прибор и испытываемый образец должны помещаться в одно и то же положение в активной зоне плоскости измерений.

Метод В. При использовании эталонного прибора с рабочей поверхностью меньших размеров, чем у испытываемого образца, измерения с помощью эталонного прибора следует выполнить в разных областях в границах испытуемого образца (активная зона плоскости измерений). Для установки энергетической освещенности (см. 7.3) эталонный прибор следует поместить в область, в которой достигается значение, равное усредненному значению измерений эталонного прибора, т.е. эффективной энергетической освещенности.

Метод С. При использовании эталонного прибора с рабочей поверхностью больших размеров, чем у испытываемого образца, измерения испытуемого образца следует выполнить в разных областях в границах эталонного прибора (активная зона плоскости измерений). При выполнении последующих измерений испытуемый образец следует поместить в область, в которой достигается значение, равное усредненному значению измерений испытуемого прибора, т. е. эффективной энергетической освещенности.

Метод испытаний

7.1 Поместите эталонный прибор в плоскости измерений имитатора так, чтобы его рабочая поверхность была перпендикулярна центральной линии пучка излучения с отклонением в пределах угла падения ±5°. Подключите необходимое измерительное оборудование.

Примечание – Следует убедиться, что плоскость измерений имитатора соответствует требованиям МЭК 60904-9.

7.2 При необходимости, если испытательная установка оснащена средствами регулирования температуры, установите требуемое значение температуры эталонного прибора. Или дождитесь, когда температура эталонного прибора установится на уровне температуры окружающей среды с отклонением в пределах ±1 °С.

7.3 Настройте имитатор с помощью эталонного прибора, разместив его в плоскости измерений в соответствии с одним из методов А, В или С. Если выполнялся пункт 7.2, настройка имитатора проводится после того, как температура достигнет требуемого значения. Эталонный прибор должен создавать калибровочное значение тока короткого замыкания или/и максимальной мощности, соответствующее требуемому значению энергетической освещенности.

Примечание – В большинстве импульсных имитаторов измерения ВАХ выполняются под управлением датчика энергетической освещенности (следящего элемента), включающего регистраторы, когда значение энергетической освещенности во время импульса достигает уровня, предварительно установленного при помощи эталонного прибора.

7.4 Удалите эталонный прибор. Поместите испытываемый образец в плоскости измерений имитатора в соответствии с одним из методов А, В или С так, чтобы его рабочая поверхность была перпендикулярна центральной линии пучка излучения с отклонением в пределах угла падения ±5° и компланарна рабочей поверхности удаленного эталонного прибора.

Примечания:

1 Следует обеспечить размещение следящего элемента в одном и том же положении при калибровке и во время измерений.

2 Если пучок излучения достаточно широк и однороден, образец можно поместить рядом с эталонным прибором.

7.5 Подключите образец к необходимому измерительному оборудованию.

7.6 Если необходимо, приведите температуру испытуемого образца (и температуру эталонного прибора) к равновесной аналогично тому, как указано в 7.2.

7.7 Не меняя установок имитатора солнечного излучения, одновременно измерьте:

– ВАХ испытываемого образца;

– температуру испытываемого образца (или температуру окружающей среды, если они одинаковы);

– если эталонный прибор остался в зоне измерений, ток короткого замыкания и температуру эталонного прибора, если необходимо.

Временной интервал между моментами съема точек ВАХ должен быть достаточно продолжительным, чтобы инерционность испытываемого образца и скорость сбора данных не вносили дополнительных ошибок.

7.8 Если температура образца в момент измерения отличается от требуемой, приведите измеренные ВАХ к требуемым значениям температуры и энергетической освещенности, используя МЭК 60891. Для нелинейных приборов диапазон, в котором прибор может рассматриваться как линейный, определяется в соответствии с МЭК 60904-10.

Примечания:

1 У имитаторов с продолжительным импульсом данные по току и напряжению могут регистрироваться в широком диапазоне значений энергетической освещенности. Следует проявлять осторожность, используя параметры модуля для коррекции энергетической освещенности. Момент срабатывания следящего элемента должен быть отрегулирован так, чтобы положительные и отрицательные поправки для значений энергетической освещенности в итоге обеспечивали требуемое значение энергетической освещенности.

2 Любое случайное отклонение распределения энергетической освещенности модуля или сборки элементов от однородного может повлиять на итоговую ВАХ образца. Это влияние определяется следующими факторами: шунтирующими диодами в соединениях модуля, обратными ВАХ, характерными для каждого типа элементов, и распределением энергетической освещенности в зоне испытания. Все влияния неоднородности следует тщательно изучить и учесть при анализе погрешности.

3 Если в качестве эталонного прибора используется модуль, следует произвести тщательную оценку того, какой параметр необходимо выбрать в качестве параметра для настройки энергетической освещенности имитатора: ток короткого замыкания или максимальную мощность. Метод настройки по току короткого замыкания почти независим от температуры модуля и технологии выполнения соединений в модуле, но может вносить погрешности вследствие неоднородности освещения. Метод настройки по максимальной мощности может сгладить неоднородность распределения энергетической освещенности, но может внести ошибки, обусловленные температурой модуля и технологией выполнения соединений в модуле. Наиболее точные результаты достигаются, когда уровень энергетической освещенности обеспечивается одновременным достижением калибровочных значений обоих параметров: тока короткого замыкания и максимальной мощности эталонного модуля.

4 В тех случаях, когда пространственное распределение энергетической освещенности в активной зоне измерений неизвестно и в качестве эталонного прибора используется эталонный элемент, результаты измерения испытываемого образца могут измениться, если меняется положение эталонного элемента в активной зоне испытания. Влияние неоднородности может быть ослаблено, если в качестве эталонного прибора используется откалиброванный эталонный модуль с размером, близким к размеру испытываемого образца.

5 На напряжение холостого хода или коэффициент заполнения ВАХ может влиять спектральный состав энергетической освещенности от источника света. При необходимости это влияние следует проанализировать и учесть, сравнивая полученные результаты с результатами измерений, выполненными при естественном солнечном освещении.

6 В зависимости от технологии выполнения элементов на результаты измерений ВАХ могут оказывать влияние скорость изменения напряжения и направление измерения. Наибольшее влияние этот эффект оказывает на результаты измерений элементов с большой емкостью и фотоэлектрических приборов на их основе. При разработке программы испытаний такие явления следует тщательно проанализировать и учесть. Этого негативного влияния можно избежать, если наилучшим образом произвести совмещение результатов измерений, выполненных при изменении напряжения в положительном направлении, начиная от значения тока короткого замыкания, и в отрицательном направлении, начиная от значения холостого хода.

8 Протокол испытаний

Протокол испытаний с измеренными показателями характеристик и результатами испытаний оформляется организацией, проводившей испытания, в соответствии со стандартом ИСО/МЭК 17025. Протокол испытаний должен содержать следующие данные:

a) наименование документа;

b) наименование и адрес испытательной лаборатории и место, где были проведены испытания;

c) уникальную идентификацию протокола и каждой страницы;

d) наименование и адрес заказчика;

e) описание и идентификация образца (солнечный элемент, сборка солнечных элементов или фотоэлектрический модуль);

f) описание условий испытания (при естественном или искусственном освещении, в последнем случае также приводится краткое описание и класс имитатора);

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

h) ссылку на метод отбора испытанных образцов (если таковой проводился);

i) описание использованных методов калибровки и испытаний;

j) описания всех отклонений, дополнений или исключений в процедурах проведения калибровки и испытаний, а также любая иная информация, относящаяся к конкретной процедуре калибровки или измерений, например, описание условий окружающей среды;

k) описание и идентификация первичного и/или вторичного эталонного прибора (элемент или модуль);

l) идентификацию методов внесения в измеренные характеристики температурных поправок и поправок по энергетической освещенности;

m) результаты испытаний, содержащие значения измеренных параметров, таблицы и графики, температуры испытанного образца и эталонного прибора, уровень энергетической освещенности, параметры, использованные для коррекции ВАХ;

n) одно из: величину поправки на несовпадение спектральной чувствительности эталонного прибора и испытанного образца, примененной при испытаниях, или оценку ошибки, вносимой использованным эталонным прибором;

o) оценку погрешности результатов, полученных при испытаниях;

p) должность и подпись, либо равноценную идентификацию лиц, отвечающих за содержание протокола испытаний, а также дату его публикации;

q) положение о том, что полученные результаты относятся только к испытанному образцу;

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

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 60891	MOD	ГОСТ 28976-91(МЭК 891-87) Фотоэлектрические приборы из кристаллического кремния. Методика коррекции по температуре и облученности результатов измерения вольт-амперной характеристики
МЭК 60904-2	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 60904-6	-	*
МЭК 60904-7	-	*
МЭК 60904-9	-	*
МЭК 60904-10	IDT	ГОСТ Р МЭК 60904-10–2013 Приборы фотоэлектрические. Часть 10. Методы определения линейности характеристик
ИСО/МЭК 17025	IDT	ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

* 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 60904-3 Приборы фотоэлектрические. Часть 3: Принципы измерения параметров наземных приборов при эталонных спектрах энергетической освещенности (IEC 60904-3, Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data)

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

[3] МЭК 60904-6 Приборы фотоэлектрические. Часть 6: Требования к эталонным солнечным модулям (IEC 60904-6 Photovoltaic devices – Part 6: Requirements for reference solar modules)[1)]

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

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

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

[7] МЭК 60904-5 Приборы фотоэлектрические. Часть 5. Определение эквивалентной температуры методом измерения 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)

[8] 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)

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

[1)] Заменен на IEC 60904-2(2007)

УДК 697.329 ОКС 27.160

Ключевые слова: приборы фотоэлектрические, вольт-амперная характеристика, освещение естественным и искусственным солнечным светом

Подписано в печать 01.10.2014. Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 1,86. Тираж 33 экз. Зак. 3599.

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