ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 61724— 2013

СИСТЕМЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Мониторинг эксплуатационных характеристик. Методы измерения, способ передачи и обработки данных

IEC 61724:1998
Photovoltaic system performance monitoring — Guidelines for measurement, data exchange and analysis
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ) 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 8 ноября 2013 г. № 1376-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 61724:1998 «Контроль за эксплуатационными характеристиками фотоэлектрических систем. Руководящие указания по измерению, передаче и анализу данных» (IEC 61724:1998 «Photovoltaic system performance monitoring — Guidelines for measurement, data exchange and analysis»).

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

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им ссылочные 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 указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Измеряемые параметры . . . 1
4 Методы мониторинга . . . 3
4.1 Измерение освещенности . . . 3
4.2 Измерение температуры окружающего воздуха . . . 3
4.3 Измерение скорости ветра . . . 3
4.4 Измерение температуры ФЭ модуля . . . 3
4.5 Измерение напряжения и тока . . . 3
4.6 Измерение электрической мощности . . . 4
4.7 Система сбора данных . . . 4
4.8 Промежуток дискретности . . . 4
4.9 Обработка данных . . . 4
4.10 Интервал регистрации, τ_r (в часах) . . . 4
4.11 Период наблюдения . . . 4
5 Документы . . . 5
6 Формат данных . . . 5
6.1 Отдельный заголовок с множественной записью данных . . . 5
6.2 Однострочный формат . . . 6
7 Проверка достоверности данных . . . 6
8 Выводимые параметры . . . 6
8.1 Общая облученность . . . 6
8.2 Объемы вырабатываемой электроэнергии . . . 7
8.3 Эксплуатационные характеристики компонентов равновесия . . . 8
8.4 Показатели работоспособности системы . . . 8
Приложение А (справочное) Рекомендуемый метод проверки системы сбора данных . . . 11
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации . . . 12

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Мониторинг эксплуатационных характеристик. Методы измерения, способ передачи и обработки данных

Photovoltaic systems. Performance monitoring. Guidelines for measurement, data exchange and analysis

Дата введения — 2015—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на фотоэлектрические (далее — ФЭ) системы и устанавливает требования к мониторингу их эксплуатационных характеристик, а также методы измерения, способы передачи и обработки данных.

Настоящий стандарт устанавливает требования к методам контроля таких характеристик энергетических ФЭ систем, как освещенность на плоскости, выходная мощность ФЭ установки, входные и выходные параметры накопителей энергии, устройств управления качеством электроэнергии, а также обмена полученными данными и их анализа. Контроль указанных параметров проводят с целью получить всесторонние эксплуатационные характеристики ФЭ систем — автономных, подключенных к электрической сети энергосистемы, или в сочетании с другими источниками энергии, как, например, дизельными или ветровыми электрогенераторными установками.

Настоящий стандарт допускается не применять к малым автономным системам из-за относительно высокой стоимости измерительного оборудования.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

МЭК 60904-2:1989 Приборы фотоэлектрические. Часть 2. Требования к эталонным солнечным элементам (IEC 60904-2:1989, Photovoltaic devices — Part 2: Requirements for reference solar cells. Amendment 1 (1998))

МЭК 60904-6:1994 Приборы фотоэлектрические. Часть 6. Требования к эталонным солнечным часам (IEC 60904-6:1994, Photovoltaic devices — Part 6: Requirements for reference solar modules. Amendment 1 (1998))

МЭК 61194:1992 Системы фотоэлектрические (ФЭ) автономные. Характеристические параметры (IEC 61194:1992, Characteristic parameters of stand-alone photovoltaic (PV) systems)

МЭК 61829:1995 Батареи фотоэлектрические из кристаллического кремния. Измерение вольт-амперных характеристик в полевых условиях (IEC 61829:1995, Crystalline silicon photovoltaic (PV) array — On-site measurement of I-V characteristics).

3 Измеряемые параметры

Измеряемые параметры указаны в таблице 1 и на рисунке 1. Прочие параметры могут быть рассчитаны из измеренных в реальном времени с помощью программного обеспечения системы сбора данных. Следует учесть, что все блоки на рисунке 1 могут представлять собой многокомпонентные элементы. Измеряемые параметры и характеристики ФЭ установок определены в МЭК 61194.

Дополнительную мощность, возникающую в результате работы вспомогательных систем, следует считать потерей мощности ФЭ установки, а не частью нагрузки. Все системы контроля и слежения, не

Издание официальное

относящиеся к необходимым для функционирования ФЭ установки, считают частью нагрузки. Контрольно-следящее оборудование может потреблять большую часть общей мощности, поэтому конечный потребитель должен быть уведомлен о том, что для удовлетворения требований к общей нагрузке может возникнуть необходимость в дополнительной энергии.

Таблица 1 — Параметры, измеряемые в реальном времени

Параметр	Обозначение	Единица измерения
Метеорология		
Общая освещенность в плоскости ФЭ установки[1)]	G_I	Вт · м$^{-2}$
Температура окружающего воздуха внутри конструкции, защищающей от излучения	T_{am}	°С
Скорость ветра[2)]	S_W	м/с
ФЭ установка		
Выходное напряжение	V_A	В
Выходной ток	I_A	А
Выходная мощность	P_A	кВт
Температура ФЭ модуля	T_m	°С
Угол наклона датчика[5)]	φ_T	Градусы
Угол расположения датчика к азимуту[5)]	φ_A	Градусы
Хранение энергии[3)]		
Рабочее напряжение	V_S	В
Ток на входе аккумулятора[4)]	I_{TS}	А
Ток на выходе аккумулятора[4)]	I_{FS}	А
Мощность на входе аккумулятора[4)]	P_{TS}	кВт
Мощность на выходе аккумулятора[4)]	P_{FS}	кВт
Нагрузка[3)]		
Напряжение нагрузки	V_L	В
Ток нагрузки	I_L	А
Мощность нагрузки[6)]	P_L	кВт
Подключение к сети энергосистемы[3)]		
Напряжение сети	V_U	В
Ток, поступающий в сеть[4)]	I_{TU}	А
Ток, потребляемый из сети[4)]	I_{FU}	А
Мощность, выдаваемая в сеть[4), 6)]	P_{TU}	кВт
Мощность, потребляемая из сети[4), 6)]	P_{FU}	кВт
Дублирующие источники[3)]		
Выходное напряжение	V_{BU}	В
Выходной ток	I_{BU}	А
Выходная мощность	P_{BU}	кВт

[1)] Общую освещенность, называемую также освещенностью на плоскости ФЭ установки, определяют как интенсивность излучения (прямого и диффузного) на единицу площади наклонной поверхности.

[2)] Такие параметры, как скорость ветра, относятся к дополнительным, но могут быть востребованы в особых контрактах или в случаях, когда ФЭ установка предназначена для работы в особых экстремальных условиях.

[3)] Значения переменного и постоянного тока различают с помощью нижних индексов. В случае многофазных систем для каждой фазы должны быть определены параметры V_L, I_L и P_L.

[4)] Как правило, для измерения тока или мощности и на входе, и на выходе может быть использован один датчик тока или мощности. Знак «плюс» на выходе датчика обозначает направление к входу устройства накопления энергии или сети, а знак «минус» — выход устройства накопления энергии или сети. В программном обеспечении данные со входа и выхода одного датчика могут собираться отдельно.

[5)] Углы наклона датчика необязательны для систем, способных поворачиваться вслед за солнцем. Для одиночных датчиков для описания позиции установки по отношению к ее оси используют угол φ_T. Например, для датчика угла наклона к горизонтальной оси данный параметр покажет значение угла наклона к горизонтали (восток — область положительных значений, запад — отрицательных).

[6)] Допускается проводить прямое измерение выходной мощности на выходе инвертора источника стабилизированного питания, если это обеспечит большую точность.

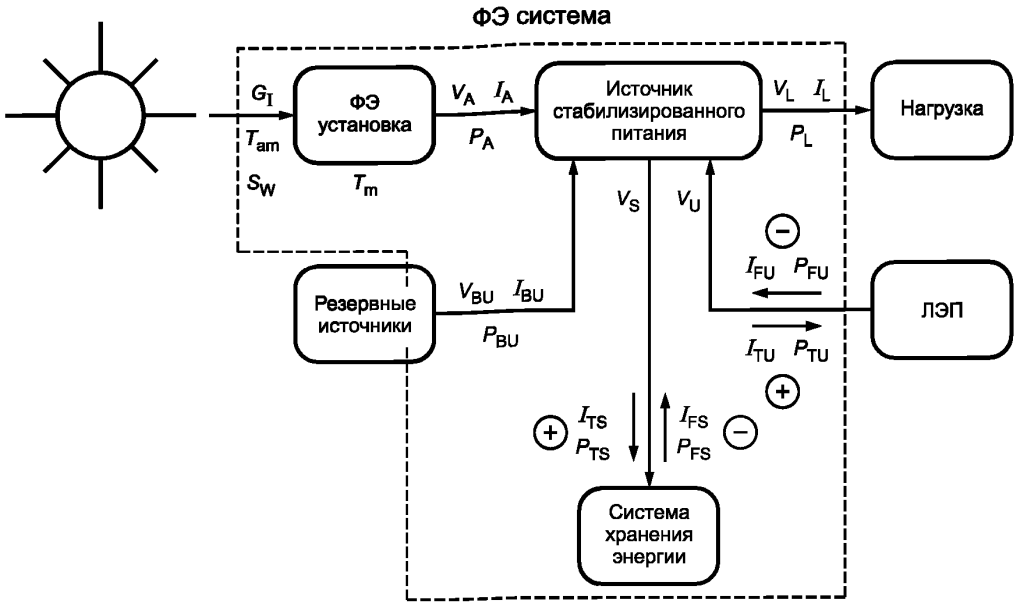

Рисунок 1 — Параметры, измеряемые в реальном времени

4 Методы мониторинга

4.1 Измерение освещенности

Значения освещенности в плоскости ФЭ установки регистрируют для использования в анализе эксплуатационных характеристик ФЭ системы. Могут быть использованы и данные для горизонтальной плоскости для сравнения со стандартными метеорологическими показателями из других местоположений.

Освещенность на плоскости измеряют под тем же углом, что и угол ФЭ установки, с помощью калиброванных эталонных приборов или пиранометров. При использовании эталонные элементы или ФЭ модули должны быть калиброваны и настроены в соответствии с МЭК 60904-2 или МЭК 60904-6. Расположение датчиков должно быть типичным для условий освещенности ФЭ установки. Точность датчиков освещенности, включая режим сигналов, должна быть выше, чем 5 % значений показаний.

4.2 Измерение температуры окружающего воздуха

Температуру окружающего воздуха измеряют в месте, где условия типичны для ФЭ установки, с помощью термометров, установленных на солнцезащитных щитках. Точность термометров, включая режим сигналов, должна быть выше, чем 1 К.

4.3 Измерение скорости ветра

Скорость ветра измеряют на высоте и в месте, типичных для условий установки ФЭ модулей. Точность датчиков скорости ветра должна быть выше чем 0,5 м/с для скорости ветра $\leq$ 5 м/с, и выше чем 10 % значения показания скорости ветра при значениях, превышающих 5 м/с.

4.4 Измерение температуры ФЭ модуля

Температуру ФЭ модуля измеряют в типичных местах его установки и в типичных условиях с помощью термометров, расположенных на задней поверхности одного или нескольких ФЭ модулей. Выбор местоположения ФЭ модулей определяют по методу А, указанному в МЭК 61829. Необходимо предусмотреть, чтобы температура фотоэлемента перед термометром существенно не изменялась из-за его присутствия. Точность термометров, включая режим сигналов, должна быть выше, чем 1 К.

4.5 Измерение напряжения и тока

Параметры напряжения и тока могут относиться к схемам либо с постоянным током, либо с переменным. Погрешность измерительных приборов напряжения и тока не должна превышать 1 % значений показаний.

В схеме переменного тока мониторинг тока и напряжения в каждой ситуации не требуется.

4.6 Измерение электрической мощности

Параметры электрической мощности могут относиться к схемам либо с постоянным током, либо с переменным, либо к обеим сразу. Мощность постоянного тока может быть рассчитана в реальном времени из выбранных значений напряжения и тока или измерена непосредственно прибором измерения мощности. В случае расчета мощности постоянного тока следует использовать выборочные значения тока и напряжения, а не их средние значения[1)]. Входные мощность и напряжение постоянного тока в автономных инверторах могут иметь большие значения пульсации переменного тока. Может потребоваться использование ваттметров постоянного тока для точного измерения мощности постоянного тока. Мощность переменного тока следует измерять прибором, правильно учитывающим коэффициент мощности $\cos\varphi$ и коэффициент гармонических искажений. Погрешность ваттметра не должна превышать 2 % значения измеренной величины. С целью избежать ошибок выборки допускается использовать дополнительный прибор, например для мгновенного измерения киловатт-часов.

4.7 Система сбора данных

Для мониторинга требуется применение автоматической системы сбора данных. Общую точность системы мониторинга определяют методом калибровки, приведенным в приложении А. Система мониторинга должна быть основана на коммерчески доступном оборудовании и программном обеспечении с соответствующим образом оформленным документами от производителя. Должна быть доступна техническая поддержка.

4.8 Промежуток дискретности

Промежуток дискретности для параметров, прямо зависящих от освещенности, не должен превышать 1 мин.

Для более постоянных параметров могут быть определены произвольные интервалы в промежутке между 1 и 10 мин. Необходимо особое отношение к частоте выборки значений тех параметров, которые могут быстро изменяться в зависимости от нагрузки системы. Измерение всех параметров следует проводить непрерывно в течение определенного периода наблюдения.

Примечание — Степень изменения многих необходимых параметров может быть относительно высокой. Например, степень освещенности может изменяться быстрее, чем 200 $Вт \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$ в условиях частичной облачности. Так как настоящий стандарт предусматривает работу с параметрами стабилизированного электрического процесса, необходимо установить разумные интервалы выборки для получения средних эксплуатационных характеристик в средний период времени. Как правило, параметры из таблицы 1 следует снимать раз в минуту. Температуру ФЭ модуля и окружающей среды допускается регистрировать через большие интервалы, однако предпочтительнее задать одинаковую частоту снятия показаний. Все параметры следует постоянно измерять в течение заданного периода наблюдения.

4.9 Обработка данных

Выбранные значения каждого измеряемого параметра должны быть преобразованы в средние по времени величины. При необходимости могут быть определены максимальные и минимальные значения, а также значения во время переходных периодов, если они представляют особый интерес. При использовании дополнительных приборов измерения мощности выбранные данные суммируют и делят на интервал регистрации τ_r.

4.10 Интервал регистрации, τ_r (в часах)

Значения обработанных данных для каждого параметра следует регистрировать ежечасно. При необходимости регистрацию допускается проводить через более короткие интервалы регистрации τ_r при условии, что час будет им кратен. Для каждого интервала регистрации следует отмечать время и дату в конце периода измерений. Время всегда должно быть указано по местному времени без учета смещения для зимнего светосберегающего периода. В этой связи полезно использовать всемирное время.

4.11 Период наблюдения

Период наблюдения должен быть достаточен, чтобы предоставить рабочие данные о нагрузке и внешних условиях. Поэтому минимальный период беспрерывного мониторинга должен быть выбран в соответствии с конечным назначением собираемых данных.

[1)] Разница между значениями постоянной мощности при вычислении ее в качестве средней величины на основе выборки значений напряжения и тока и при вычислении ее в качестве величины на основе средних значений напряжения и тока зависит от промежутков между выбранными значениями и от колебаний силы тока. При существенных колебаниях силы тока вышеуказанная разница может быть значительной.

5 Документы

В журнал наблюдений следует записывать все необычные явления, изменения в составе компонентов, неисправности, поломки и аварии. Также следует записывать прочие замечания, которые могут быть полезными для оценки данных: погодные условия, повторную калибровку датчиков, изменения в системе сбора данных, нагрузке или работе ФЭ системы, проблемы с датчиками или системой сбора данных. Необходимо тщательно документировать все процедуры обслуживания (например, смену ФЭ модулей, угла наклона ФЭ установки или чистку загрязненных поверхностей фотоэлементов).

6 Формат данных

Требование сохранять данные в неизменном виде одном из двух нижеприведенных форматов не обязательно. Однако первый метод, основанный на записи данных в названии файла, используют в ряде стран, что может способствовать упрощению обмена данными между организациями. Но для каждого конкретного случая передачи данных следует определять сетевой протокол, процедуру контроля передачи данных и условия получения контрольной суммы.

6.1 Отдельный заголовок с множественной записью данных

Данный формат подразумевает указание в заголовке места, даты, времени и комментариев, предваряющих одну или более запись данных. Запись сопоставима с длиной печатной строки.

a) Каждая запись должна состоять из одного или нескольких полей, разделенных знаком разделения полей (FS), в качестве которого предпочтительна запятая (ASCII 44) или знак табуляции (ASCII 9). Записи должны быть разделены маркером конца строки (EOL), в качестве которого выступает клавиша «возврата каретки» (ASCII 13), перехода на новую строку (ASCII 10) или их последовательность.

b) Запись названия должна иметь следующую форму:

«Местоположение» FS Дата FS Время FS Комментарии,

где «Местоположение» — название места, заключенное в двойные кавычки (ASCII 34), из которого обязательны только первые восемь букв;

Дата — день в формате гг-мм-дд (включая передний ноль, при наличии);

Время — указывают в формате чч:мм, причем полночь обозначают как 24 ч предыдущего дня, а не как 0 ч следующего.

Примечание — В зависимости от конкретного программного обеспечения системы сбора данных могут потребоваться разные форматы записи даты и времени. Комментарии могут включать в себя описание дополнительных характеристик системы или другие сведения по усмотрению руководства ФЭ установки в кодировке ASCII или Extended ASCII (или аналогичной), соответствующей местным стандартам кодировки.

c) Запись данных должна состоять из номера данной записи в первом поле и цифровых значений в одном или двух последующих полях. Поля с данными определяют для каждой конкретной записи в нижеследующем виде, используя приведенные в таблице 1 обозначения:

ЗАПИСЬ ДАННЫХ 1:	1	FS	G_I	FS	T_A	FS	T_m	FS	V_A	FS	I_A	FS	P_A
ЗАПИСЬ ДАННЫХ 2:	2	FS	V_S	FS	I_{TS}	FS	I_{FS}	FS	P_{TS}	FS	P_{FS}		
ЗАПИСЬ ДАННЫХ 3:	3	FS	V_L	FS	I_L	FS	P_L	FS	V_{BU}	FS	I_{BU}	FS	P_{BU}
ЗАПИСЬ ДАННЫХ 4:	4	FS	V_U	FS	I_{TU}	FS	I_{FU}	FS	P_{TU}	FS	P_{FU}		

В интервал регистрации может быть включено любое количество дополнительных записей данных.

Содержание этих записей данных может быть определено мониторинговой организацией за исключением первого поля, где должен быть указан номер записи.

d) Все цифровые данные должны быть записаны в однобайтной кодировке ASCII. Их допускается записывать в формате либо свободного, либо фиксированного поля, в качестве подписанных целых чисел или десятичных дробей в периоде (ASCII 46), используемых как основание (десятичная запятая). Если какое-либо цифровое поле не относится к ФЭ установке, или если значение параметра не подходит для записи, то пустое поле должно быть обозначено отсутствием в нем знаков. Таким образом, знак FS в конце пустого поля будет следовать сразу за знаком FS предыдущего поля. Однако все знаки FS, непосредственно предшествующие маркеру EOL, должны быть удалены. Например, если в записи данных 2 доступны только параметры I_{TS} и P_{TS}, то запись будет выглядеть следующим образом:

2 FS FS I_{TS} FS FS P_{TS} EOL

6.2 Однострочный формат

Другой формат — это однострочный формат, где все данные для определенного интервала регистрации указывают в одной строке. Однострочный формат удобен для визуальной проверки, особенно при использовании с фиксированной шириной полей, чтобы каждая вертикальная колонка показывала значения определенного параметра.

Дата FS Время FS G_I FS T_A FS T_m FS V_A FS I_A FS P_A FS V_S FS I_{TS} FS I_{FS} и т. д.

Каждое поле должно быть отделено знаком (FS), в качестве которого предпочтительна запятая (ASCII 44) или знак табуляции (ASCII 9).

7 Проверка достоверности данных

Все зарегистрированные данные должны быть проверены на их наличие и на непротиворечивость с целью выявить все возможные аномалии до начала подробного анализа.

Для каждого зарегистрированного значения должны быть установлены пределы на основе известных характеристик этого параметра, ФЭ установки и окружающей среды. Эти пределы должны показывать верхнюю и нижнюю границы значений данного параметра и максимально допустимую разницу между соседними значениями. Показания, которые не удовлетворяют этим условиям или не согласуются с другими параметрами, не должны быть включены в состав данных для анализа. При возможности (в зависимости от компьютерной системы сбора данных) такие проверки следует выполнять с выбранными данными в реальном времени до начала их обработки. Результаты проверки достоверности данных должны, как правило, включать в себя следующую информацию:

a) список всех точек выборки данных, где значения не укладываются в установленный интервал.

Примечание — В случае, когда автоматизированная система собирает большое количество данных (в объеме мегабайтов), составлять список всех точек выборки данных, где значения не укладываются в установленный интервал, непрактично. Однако в том или ином виде следует проводить мониторинг количества таких точек и составлять доклад о них. Полученные в таких точках данные не должны быть использованы для анализа;

b) длительность мониторинга τ_{MA} (в часах) в отчетном периоде τ (как правило, один месяц, но в часах), на протяжении которого собирали и проверяли данные;

c) общее количество часов периода, на протяжении которого регистрировались данные для проверки на достоверность, также должно быть указано при его отличии от длительности выбранного периода проверки;

d) доступность проверяемых данных A_{MD} (выражают в виде отношения к отчетному периоду):

$$A_{MD} = \tau_{MA}/\tau. \quad (1)$$

8 Выводимые параметры

Различные выводимые параметры, относящиеся к энергетическому балансу системы и ее эксплуатационным характеристикам, могут быть рассчитаны из зарегистрированных данных с помощью сложения, нахождения среднего значения, максимумов и минимумов, а также скорости изменения за время отчетного периода τ, который превышает интервал регистрации τ_r (например, часы, дни, недели, месяцы или годы, выраженные в часах). Выводимые параметры показаны в таблице 2.

Для расчета любых значений энергии из соответствующих измеренных параметров мощности за отчетный период τ используют следующее уравнение:

$$E_{i,\tau} = \tau_r \cdot \Sigma_\tau P_i, \quad (2)$$

где E_i выражают в кВт · ч;

P_i измеряют в кВт.

Символ Σ_τ показывает сумму всех значений мощности в отчетный период τ.

Например, для вычисления $E_{TS,\tau}$ (как показано в уравнении (4)) индекс «i» в уравнении (2) заменяют на «TS» и получают $E_{TS,\tau} = \tau_r \cdot \Sigma_\tau P_{TS}$. Также индекс «$\tau$» заменяют действительным отчетным интервалом.

8.1 Общая освещенность

Значения средней дневной освещенности $H_{I,d}$ (кВт · ч · м$^{-2}$ · д$^{-1}$) рассчитывают из зарегистрированных значений освещенности по формуле

$$H_{I,d} = 24\ \tau_r \cdot (\Sigma_\tau\ G_I)/(\Sigma_\tau\ \tau_{MA}\ 1000). \quad (3)$$

Символ Σ_τ показывает сумму всех значений в отчетный период τ.

Таблица 2 — Выводимые параметры

Параметр	Обозначение	Единица измерения
Метеорология		
Дневная общая или прямая освещенность в плоскости ФЭ установки	$H_{I,d}$	кВт · ч · м$^{-2}$ · д$^{-1}$
Объемы вырабатываемой электроэнергии		
Полезная энергия на выходе ФЭ установки	$E_{A,\tau}$	кВт · ч
Полезная энергия на входе нагрузки	$E_{L,\tau}$	кВт · ч
Полезная энергия на входе системы хранения	$E_{TSN,\tau}$	кВт · ч
Полезная энергия на выходе системы хранения	$E_{FSN,\tau}$	кВт · ч
Полезная энергия от резервного источника	$E_{BU,\tau}$	кВт · ч
Полезная энергия, выдаваемая в сеть	$E_{TUN,\tau}$	кВт · ч
Полезная энергия, получаемая из сети	$E_{FUN,\tau}$	кВт · ч
Общая входная энергия ФЭ системы	$E_{in,\tau}$	кВт · ч
Общая выходная энергия ФЭ системы	$E_{use,\tau}$	кВт · ч
Доля общей входящей энергии ФЭ системы, поставляемой ФЭ установкой	$F_{A,\tau}$	Безразмерная
Эффективность нагрузки (см. перечисление h) 8.2)	η_{LOAD}	Безразмерная
Эксплуатационные характеристики компонентов равновесия		
Эффективность компонентов равновесия	η_{BOS}	Безразмерная
Показатели работоспособности ФЭ системы		
Количество часов использования мощности P_0 ФЭ установкой в день[1)]	Y_A	ч · д$^{-1}$
Окончательное количество часов использования мощности P_0 ФЭ системы[1)]	Y_f	ч · д$^{-1}$
Эталонное количество часов использования мощности P_0[1)]	Y_r	ч · д$^{-1}$
Приведенные потери ФЭ установки[1)]	L_c	ч · д$^{-1}$
Потери на компонентах системы за исключением ФЭ панелей[1)]	L_{BOS}	ч · д$^{-1}$
Коэффициент преобразования энергии	R_P	Безразмерная
Средняя эффективность ФЭ установки	$\eta_{Асреднее,\tau}$	Безразмерная
Общая эффективность ФЭ станции	$\eta_{tot,\tau}$	Безразмерная

[1)] Единица измерения ч · д$^{-1}$ может быть более содержательной в виде: (кВт · ч · д$^{-1}$) действительная/(кВт)номинальная.

8.2 Объемы вырабатываемой электроэнергии

Объемы вырабатываемой электроэнергии могут быть рассчитаны для системы в целом и для ее компонентов, включая энергию на входе и выходе системы хранения, сети или от вспомогательного генератора. Ключевыми интересующими параметрами будут такие, которые показывают вклад ФЭ установки в общую работу ФЭ системы.

a) Полезная энергия на входе в систему хранения за отчетный период τ:

$$E_{TSN,\tau} = E_{TS,\tau} - E_{FS,\tau}, \quad (4)$$

где минимальное значение $E_{TSN,\tau}$ равно 0.

b) Полезная энергия на выходе из системы хранения за отчетный период τ:

$$E_{FSN,\tau} = E_{FS,\tau} - E_{TS,\tau}, \quad (5)$$

где минимальное значение $E_{FSN,\tau}$ равно 0.

Примечание — Либо $E_{TSN,\tau}$, либо $E_{FSN,\tau}$ всегда будет равно 0. При использовании значения полезной, а не общей энергии систему хранения считают либо сетевой нагрузкой, либо источником полезной энергии в течение отчетного периода.

c) Полезная энергия, поставляемая в сеть в течение отчетного периода τ:

$$E_{TUN,\tau} = E_{TU,\tau} - E_{FU,\tau}, \quad (6)$$

где минимальное значение $E_{TUN,\tau}$ равно 0.

d) Полезная энергия на выходе сети в течение отчетного периода τ:

$$E_{FUN,\tau} = E_{FU,\tau} - E_{TU,\tau}, \quad (7)$$

где минимальное значение $E_{FUN,\tau}$ равно 0.

Примечание — Либо $E_{TUN,\tau}$, либо $E_{FUN,\tau}$ всегда будет равно 0. При использовании значения полезной, а не общей энергии сеть считается либо полезной нагрузкой, либо источником полезной энергии в течение отчетного периода.

e) Общая входная энергия ФЭ системы:

$$E_{in,\tau} = E_{A,\tau} + E_{BU,\tau} + E_{FUN,\tau} + E_{FSN,\tau}. \quad (8)$$

f) Общая выходная энергия ФЭ системы:

$$E_{use,\tau} = E_{L,\tau} + E_{TUN,\tau} + E_{TSN,\tau}. \quad (9)$$

g) Доля общей входящей энергии ФЭ системы, поставляемой ФЭ установкой:

$$F_{A,\tau} = E_{A,\tau} / E_{in,\tau}. \quad (10)$$

h) Эффективность, с которой энергия из всех источников передается потребителям:

$$\eta_{LOAD} = E_{use,\tau} / E_{in,\tau}. \quad (11)$$

8.3 Эксплуатационные характеристики компонентов равновесия

Эффективность равновесия ФЭ системы включает в себя только эффективность преобразования энергии; такие понятия, как ошибка поворота установки вслед за солнцем и ошибка точки поиска максимальной мощности PCU исключаются.

Для каждого компонента системы равновесие энергии за отчетный период может быть определено путем сложения всех энергий на входе и на выходе компонента. Энергетическая эффективность компонента — это отношение энергии на выходе к энергии на входе.

Общая эффективность компонентов (за исключением ФЭ панелей) определяется выражением:

$$\eta_{BOS} = (E_{L,\tau} + E_{TSN,\tau} - E_{FSN,\tau} + E_{TUN,\tau} - E_{FUN,\tau})/(E_{A,\tau} + E_{BU,\tau}). \quad (12)$$

Для комбинированных ФЭ систем и систем, подключенных к сети, где $E_{L,\tau}$ меньше, чем $E_{A,\tau} \cdot \eta_{BOS}$, и для всех автономных ФЭ систем $\eta_{LOAD} = \eta_{BOS}$. Для подключенных к сети систем, где $E_{L,\tau}$ больше, чем $E_{A,\tau} \cdot \eta_{BOS}$, η_{LOAD} будет больше, чем η_{BOS}, так как для ФЭ системы сеть представляет собой источник энергии без потерь.

И эффективность системы хранения энергии, и изменение объема хранимой энергии за отчетный период будут влиять на $E_{FS,\tau}$ и $E_{TS,\tau}$.

a) Для длительных отчетных периодов, где $E_{TS,\tau}$ и $E_{FS,\tau}$ гораздо больше, чем емкость системы хранения (более чем на порядок), повышение или понижение объема полезной энергии в системе хранения считают пренебрежимо малой величиной при расчете эксплуатационных характеристик системы. Любая разница между $E_{TS,\tau}$ и $E_{FS,\tau}$ обусловлена эффективностью компонента. Поэтому $E_{TS,\tau}$ и $E_{FS,\tau}$ следует убрать из всех уравнений, включающих в себя эффективность устройства со значениями η_{LOAD} и η_{BOS}. Данное условие типично для отчетных периодов длительностью в несколько месяцев. Максимально возможный эффект накопленных $E_{TS,\tau}$ или $E_{FS,\tau}$ из-за действительных изменений накопленной энергии может быть рассчитан как отношение емкости системы хранения энергии к $E_{TS,\tau}$ или $E_{FS,\tau}$.

b) Для коротких отчетных периодов, где емкость системы хранения гораздо больше, чем $E_{TS,\tau}$ и $E_{FS,\tau}$ (более чем на порядок), эффективность ФЭ устройства оказывает пренебрежимо малое влияние на расчет эксплуатационных характеристик ФЭ системы. Любая разница между $E_{TS,\tau}$ и $E_{FS,\tau}$ обусловлена изменением объема хранимой энергии. Вследствие этого $E_{TS,\tau}$ и $E_{FS,\tau}$ играют важную роль в расчете эксплуатационных характеристик ФЭ системы. Данное условие типично, когда отчетные периоды составляют всего несколько дней. Типичное воздействие на $E_{TS,\tau}$ и $E_{FS,\tau}$ из-за эффективности устройства хранения энергии может быть рассчитано из известных измеренных показателей эффективности устройства хранения энергии.

8.4 Показатели работоспособности системы

ФЭ системы разных конфигураций и в разных местностях легко сравнивают по таким приведенным показателям работоспособности, как вырабатываемая энергия, потери и эффективность.

Выработку энергии приводят к номинальной мощности установки. Эффективность ФЭ системы приводят к площади установки. Недовыработки определяют как разность между выработками энергии.

Примечание — Эксплуатационные параметры подключенных к сети автономных и комбинированных систем могут существенно отличаться из-за согласования нагрузок и других особых рабочих характеристик.

8.4.1 Среднее количество часов использования мощности P_0 в день выработки

Среднее количество часов использования мощности P_0 в день — это отношение объемов выработанной энергии к номинальной выходной установленной мощности ФЭ системы P_0 (кВт), измеряемое в кВт · ч · д$^{-1}$ · кВт$^{-1}$ (или ч · д$^{-1}$). Оно показывает количество времени, которое требуется ФЭ установке для работы при P_0, чтобы выработать определенный установленный объем энергии, и действительную работоспособность ФЭ системы по отношению к ее номинальной характеристике.

a) Количество часов использования мощности P_0 в день ФЭ установкой Y_A — это произведенная ФЭ установкой за день энергия, деленная на кВт:

$$Y_A = E_{A,d} / P_0 = \tau_r \, (\Sigma_{день} \, P_A)/P_0, \quad (13)$$

где $\Sigma_{день}$ — суммарная мощность за день. Это количество часов в день, которое потребовалось бы ФЭ установке для работы с номинальной выходной мощностью P_0, чтобы выработать такой же объем энергии, который был зарегистрирован (и равен $\tau_r \, (\Sigma_{день} \, P_A)$).

b) Окончательное количество часов использования мощности P_0 в день ФЭ установкой Y_f — это часть дневной выходной полезной энергии всей ФЭ системы, подаваемой ФЭ установкой, умноженная на кВт смонтированной ФЭ установки:

$$Y_f = Y_A \cdot \eta_{LOAD}. \quad (14)$$

Данная величина представляет собой количество часов в день, которое потребовалось бы ФЭ установке для работы с номинальной выходной мощностью P_0, чтобы сравняться с зарегистрированной поставкой энергии к дневной сетевой нагрузке.

c) Эталонная величина Y_r может быть рассчитана путем деления общей дневной освещенности на плоскости на эталонную освещенность ФЭ модуля на плоскости $G_{I,ref}$ (кВт · м$^{-2}$):

$$Y_r = \tau_r(\Sigma_{день} \, G_I)/G_{I,\,ref}. \quad (15)$$

Данная величина представляет собой количество часов в день, на время которых потребовалось бы солнечное излучение на уровне эталонной освещенности для выработки такого же объема энергии от падающего излучения, который был зарегистрирован. Если $G_{I,ref}$ = 1 кВт · м$^{-2}$, то освещенность на плоскости в единицах кВт · ч · м$^{-2}$ · д$^{-1}$ численно равна соответствующей номинальной энергии установки на выходе в единицах кВт · ч · д$^{-1}$ · кВт$^{-1}$.

Таким образом, Y_r представлял бы собой, в сущности, число наиболее солнечных часов в день (ч · д$^{-1}$).

8.4.2 Приведенные недовыработки

Приведенные недовыработки вычисляют путем вычитания часов использованной мощности P_0 и выражают в кВт · ч · д$^{-1}$ · кВт$^{-1}$ (или ч · д$^{-1}$). Они обозначают количество времени, которое потребовалось бы ФЭ установке для работы при ее номинальной мощности P_0 для компенсации недовыработки.

a) Приведенные недовыработки L_c представляют собой недовыработки из-за работы ФЭ установки:

$$L_c = Y_r - Y_A. \quad (16)$$

b) Потери на компонентах системы за исключением ФЭ панелей L_{BOS}:

$$L_{BOS} = Y_A \, (1 - \Sigma_{BOS}). \quad (17)$$

c) Коэффициент полезного действия R_P показывает общее негативное влияние на выходную энергию ФЭ установки из-за ее температуры, неполного использования освещенности и недостаточной эффективности работы или неисправность компонентов:

$$R_P = Y_f / Y_r. \quad (18)$$

8.4.3 Эффективность системы

a) Среднюю эффективность ФЭ установки за отчетный период τ определяют в виде:

$$\eta_{Асреднее,\,\tau} = E_{A,\tau} / (A_a \cdot \tau_r \cdot \Sigma_\tau G_I), \quad (19)$$

где A_a — вся площадь ФЭ установки.

Эта эффективность представляет собой среднюю эффективность преобразования энергии ФЭ установкой, и может быть полезной для сравнения с эффективностью установки η_{A0} при ее номинальной мощности P_0. Разница в значениях эффективности указывает на потери на диодах, проводке и из-за рассогласования, а также на другие потери энергии при работе электростанции.

b) Общую эффективность ФЭ установки за отчетный период τ определяют в виде:

$$\eta_{tot,\tau} = \eta_{Aсреднее,\ \tau} \cdot \eta_{LOAD}. \qquad (20)$$

8.4.4 Месячные или годичные периоды использования мощности P_0, потери и эффективность

Месячные или годичные периоды использования мощности P_0 могут быть определены путем использования соответствующих значений энергии ФЭ установки в уравнении (13) ($E_{A,m}$ для месячной или $E_{A,y}$ для годичной) и соответствующего периода суммирования (Σ_m для месячной или Σ_y для годичной суммы). Периоды использования мощности P_0 ФЭ установкой выражают в $ч \cdot м^{-1}$ для месяца или $ч \cdot г^{-1}$ для года.

Подобным образом могут быть определены месячные или годовые значения Y_f, эталонная величина Y_r, недовыработки и эффективность путем применения соответствующих периодов использования мощности P_0 ФЭ установки и суммирования в уравнениях от (14) до (20). Для удовлетворения требований пользователя допускается включать другие месячные или годовые факторы работоспособности.

Приложение А
(справочное)

Рекомендуемый метод проверки системы сбора данных

Система сбора данных, исключая датчики, может быть проверена путем использования имитаций входных сигналов, указанных ниже, или других средств по договоренности между производителем и заказчиком. Проверку необходимо проводить каждые два года. Датчики следует калибровать индивидуально и должным образом.

Каналы оборудования для сбора данных могут быть проверены отдельно или в то же самое время.

А.1 Типы входных сигналов для проверки

При использовании входных сигналов проверяют следующие параметры:

- освещенность;
- температуру внешней среды;
- напряжение, ток и мощность для каждого компонента ФЭ установки.

А.2 Проверка линейных характеристик

Эту проверку проводят на аналоговых входных каналах, где выполняется операция линейного масштабирования. Непрерывный сигнал постоянного тока должен подаваться на вход. Разница между результатом, полученным при измерении системой сбора данных, и значением масштабированного входного сигнала не должна превышать ±1 % диапазона системы сбора данных. Данную проверку следует выполнять при значении входного сигнала 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 % и 100 % полного диапазона. Если входы рассчитаны на биполярный сигнал, то отрицательный сигнал следует проверять таким же образом.

При обнаружении погрешности более 1 % полного диапазона необходимо исправить масштабный коэффициент в программном обеспечении или повторно верифицировать аппаратуру.

А.3 Проверка стабильности

Данную проверку проводят на всех аналоговых входных каналах. Непрерывный сигнал постоянного тока значением 100 % полного диапазона подается на входы в течение 6 ч. Колебания измеренного значения сигнала не должны превышать ±1 % всего диапазона. Если колебания входного сигнала превышают ±0,2 %, результаты необходимо отрегулировать с помощью вольтметра с точностью, превышающей ±0,2 %.

А.4 Проверка интеграции

Данную проверку проводят на входных каналах, измеренные данные из которых затем обрабатывают с помощью операций усреднения или интегрирования. Входной сигнал в виде прямоугольного импульса с амплитудой Z_m должен подаваться на канал, а его измеренные значения интегрируются по периоду времени τ_d (рекомендуется не менее 6 ч). Амплитуда Z_m для каждого канала рекомендуется в качестве максимального уровня входного сигнала, ожидаемого от датчика. Полученные результаты должны быть равны $Z_m \cdot \tau_d \pm 1$ %. Амплитуду и период времени контролируют измерительными приборами с точностью ±0,5 %.

А.5 Проверка нулевых интегралов

Данную проверку выполняют на входных каналах, измеренные данные из которых затем обрабатывают с помощью операций усреднения или интегрирования. Канал должен быть закорочен, а его измеренные значения интегрируют по периоду времени τ_d не менее 6 ч. Результат не должен превышать ±1 % от $Z_m \cdot \tau_d$, где Z_m определена в А.4.

А.6 Проверка интервала интегрирования

На рассмотрении.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60904-2:1989	—	*
МЭК 60904-6:1994	—	*
МЭК 61194:1992	IDT	ГОСТ Р МЭК 61194—2013 «Системы фотоэлектрические. Автономные системы. Эксплуатационные характеристики»
МЭК 61829:1995	IDT	ГОСТ Р МЭК 61829—2013 «Батареи фотоэлектрические из кристаллического кремния. Измерение вольт-амперных характеристик в полевых условиях»

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

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

УДК 697.329:006.354 ОКС 27.180

Ключевые слова: фотоэлектрические системы, фотоэлектрические модули, фотоэлементы, эксплуатационные характеристики, методы измерения, обработка данных

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *Е.В. Беспрозванная*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Ю.В. Демениной*

Сдано в набор 22.09.2014. Подписано в печать 13.10.2014. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,50. Тираж 40 экз. Зак. 4263.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

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

gost.e-ecolog.ru