ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 61683— 2013

СИСТЕМЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Источники стабилизированного питания. Методы определения эффективности

IEC 61683:1999

Photovoltaic systems — Power conditioners — Procedure for measuring efficiency

(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. № 1374-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 61683:1999 «Системы фотоэлектрические. Источники стабилизированного питания. Методика измерения эффективности» (IEC 61683:1999 «Photovoltaic systems — Power conditioners — Procedure for measuring efficiency»).

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 Термины и определения . . . 1
4 Условия измерения КПД . . . 2
4.1 Источник постоянного тока для испытаний . . . 2
4.2 Температура . . . 2
4.3 Выходное напряжение и частота . . . 2
4.4 Входное напряжение . . . 3
4.5 Пульсация и искажение . . . 3
4.6 Резистивные нагрузки/электрические сети . . . 3
4.7 Реактивные нагрузки . . . 3
4.8 Резистивные и нелинейные нагрузки . . . 3
4.9 Комплексные нагрузки . . . 3
5 Вычисление КПД . . . 3
5.1 Номинальный КПД на выходе . . . 3
5.2 Частичная выходная эффективность . . . 4
5.3 Энергетическая отдача . . . 4
5.4 Допустимые границы КПД . . . 4
6 Схемы для испытания эффективности . . . 4
6.1 Испытательные схемы . . . 4
6.2 Метод измерений . . . 5
7 Измерение потерь . . . 5
7.1 Потери при отключенной нагрузке . . . 5
7.2 Потери холостого хода . . . 5
Приложение А (справочное) Описание источников стабилизированного питания . . . 7
Приложение В (справочное) Выход по энергии и переводной коэффициент . . . 9
Приложение С (справочное) Средневзвешенная энергетическая отдача . . . 11
Приложение D (справочное) Отклонение от допустимой эффективности в таблице 2 . . . 13
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов ссылочным национальным стандартам Российской Федерации . . . 14
Библиография . . . 15

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

Источники стабилизированного питания. Методы определения эффективности

Photovoltaic systems. Power conditioners. Procedure for measuring efficiency

Дата введения — 2015—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт представляет собой общее руководство по определению эффективности источников стабилизированного питания, используемых в автономных и работающих совместно с электрическими сетями фотоэлектрических системах (далее — системы), где на выходе источника стабилизированного питания — стабильное напряжение переменного тока постоянной частоты или стабильное напряжение постоянного тока. Коэффициент полезного действия (далее — КПД) вычисляют с помощью непосредственного измерения входной и выходной мощности системы. При необходимости может быть использован разделительный трансформатор.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий стандарт:

МЭК 60146-1-1:1991 Преобразователи полупроводниковые. Общие требования и линейные коллекторные преобразователи. Часть 1-1. Технические условия на основные требования (IEC 60146-1-1:1991, Semiconductor converters — General requirements and line commutated converters — Part 1-1: Specification of basic requirements)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины и определения. Все определения эффективности относятся только к преобразованиям электроэнергии и не учитывают тепловую составляющую. Вышеуказанные нормативные ссылки могут содержать другие определения.

Определение источника стабилизированного питания приведено в приложении А.

Определения выхода по энергии и переводного коэффициента пояснены в приложении В.

3.1 **КПД для полной мощности** (rated output efficiency): Отношение выходной мощности к входной мощности, когда источник стабилизированного питания работает с номинальной мощностью.

3.2 **КПД для частичной мощности** (partial output efficiency): Отношение выходной мощности к входной мощности, когда источник стабилизированного питания работает с мощностью ниже расчетной.

3.3 **энергетическая отдача** (energy efficiency): Отношение выходной энергии к входной во время определенного периода.

3.4 **допустимые границы КПД** (efficiency tolerance): Допустимая разница между КПД, указанным производителем, и измеренным КПД.

3.5 **имитатор фотоэлектрической установки** (PV array simulator): Имитатор с такими же вольт-амперными характеристиками, как и у фотоэлектрической установки (далее — установка).

3.6 **потери при отключенной нагрузке** (no-load loss): Мощность на входе источника стабилизированного питания, когда его нагрузка отключена или когда его выходная мощность равна нулю.

Издание официальное

3.7 **потери холостого хода** (standby loss): Для работающего совместно с сетью источника стабилизированного питания — это мощность, забираемая из электросети, когда источник стабилизированного питания находится в ждущем режиме.

Для автономного источника стабилизированного питания — это входная мощность постоянного тока, когда источник стабилизированного питания находится в ждущем режиме.

3.8 **точка поиска максимальной мощности;** ТПММ (maximum power point tracking; MPPT): Технология поддержки входного напряжения источника стабилизированного питания таким образом, чтобы мощность установки всегда имела максимальное или близкое к максимальному значение.

4 Условия измерения КПД

КПД следует измерять при соблюдении совокупности условий в соответствии с описаниями в нижеследующих пунктах и в таблице 1. Некоторые условия допускается не соблюдать по взаимной договоренности, если они находятся за пределами установленных производителем ограничений по эксплуатации. Полученные результаты должны быть представлены в виде таблицы или графика.

Примечание — Например, автономные источники стабилизированного питания, как правило, рассчитаны на кратковременные перегрузки, существенно превышающие величину номинальной мощности. Испытание 120 % номинальной мощности проводят для получения данных о работе источника стабилизированного питания в данных условиях. Некоторые источники стабилизированного питания не предназначены для выдачи мощности, превышающей номинальную, и их работа при 120 % расчетной мощности может привести к повреждению. В таких случаях в испытательной документации должно быть замечание: данное испытание исключено из-за ограничений источника стабилизированного питания.

4.1 Источник постоянного тока для испытаний

Для источников стабилизированного питания, работающих с фиксированным входным напряжением, источником постоянного тока должен служить аккумулятор или бесперебойный источник напряжения для поддержания входного напряжения.

Для источников стабилизированного питания, использующих точку поиска максимальной мощности (далее — ТПММ), и источников стабилизированного питания, относящихся к шунтирующему типу, источником постоянного тока должна служить либо фотоэлектрическая установка, либо это должен быть имитатор фотоэлектрической установки.

4.2 Температура

Все измерения следует проводить при температуре внешней среды (25 ± 2) °С. По взаимному соглашению могут быть допустимы другие значения температуры. В этом случае значение принятой температуры должно быть четко указано во всех документах.

4.3 Выходное напряжение и частота

Значение выходного напряжения и частоты следует поддерживать в соответствии с указанными производителем номинальными значениями.

Таблица 1 — Бланк для записи КПД

Входное напряжение: _____(±_____ В)

Общая нагрузка, % номинальной, В · А		5	10	25	50	75	100	120
Подключенная к сети	Резистивная нагрузка	—	()*	()	()	()	()	()
Автономная	Резистивная нагрузка	()	()	()	()	()	()	()
	Реактивная нагрузка							
	cos φ = 0,25 или min	—	—	()	()	—	()	—
	cos φ = 0,50 (> min)	—	—	()	()	—	()	—
	cos φ = 0,75 (> min)	—	—	()	()	—	()	—
	Нелинейная нагрузка							
	NL = 25 % номинального значения, В · А	—	—	()	()	—	()	—
	NL = 50 % номинального значения, В · А	—	—	—	()	—	()	—
	Комплексная нагрузка	—	—	—	()	—	()	—

* Символ () обозначает условие, при котором проводят испытание.

4.4 Входное напряжение

Измерения при каждом из следующих испытаний повторяют при трех значениях напряжения источника стабилизированного питания:

a) при минимальном значении указанного производителем номинального входного напряжения;

b) при номинальном напряжении инвертора или среднем значении его номинального входного диапазона;

c) при 90 % максимального входного напряжения инвертора.

Если к входу источника стабилизированного питания должна быть подключена батарея, то допускается подавать только номинальное или расчетное входное напряжение.

4.5 Пульсация и искажение

Фиксируют входное напряжение и пульсацию тока при каждом измерении. Также фиксируют напряжение на выходе и искажение кривой тока (для переменного) или пульсацию (для постоянного). Удостоверяются, что эти значения находятся в пределах, указанных производителем.

Примечание — Значения пульсации и искажений могут не быть определены для низких уровней мощности, однако результаты измерений все равно подлежат записи.

4.6 Резистивные нагрузки/электрические сети

Учитывая обобщенный коэффициент мощности или взятый по отдельности коэффициент мощности подключенных к сети инверторов без регуляции коэффициента мощности, измеряют КПД для уровней мощности 10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 % и 120 % номинальных значений для инвертора. Для автономных инверторов также проводят измерения при значении мощности 5 % номинальной. Испытание источника стабилизированного питания проводят с определенным резистивным и реактивным сопротивлением сети.

4.7 Реактивные нагрузки

Для автономных инверторов КПД измеряют с нагрузкой, обеспечивающей значение коэффициента мощности, равное указанному производителем минимальному значению (или 0,25, в зависимости от того, что больше), и при уровнях мощности 25 %, 50 % и 100 % номинальной. Повторяют измерения для значений коэффициента мощности 0,5 и 0,75 (но не ниже указанного производителем его минимального значения) и уровня мощности 25 %, 50 % и 100 % номинальной.

4.8 Резистивные и нелинейные нагрузки

Для автономных инверторов измеряют КПД с фиксированной нелинейной нагрузкой [общее гармоническое искажение (ОГИ) = (80 ± 5) %], равной (25 ± 5) % номинальной мощности инвертора плюс достаточная параллельная резистивная нагрузка для достижения общего значения полной нагрузки 25 %, 50 % и 100 % номинальной мощности. Повторяют измерения с фиксированной нелинейной нагрузкой, равной (50 ± 5) % номинальной мощности инвертора плюс достаточная параллельная резистивная нагрузка для достижения общего значения полной нагрузки 50 % и 100 % номинальной мощности. Тип нелинейной нагрузки должен быть четко указан во всех документах.

4.9 Комплексные нагрузки

Если для автономных инверторов указано условие нелинейной и достаточной реактивной нагрузки, измеряют КПД с фиксированной нелинейной нагрузкой [ОГИ = (80 ± 5) %], равной (50 ± 5) % номинальной мощности инвертора плюс параллельная достаточная реактивная нагрузка ($\cos \varphi = 0{,}5$) для достижения общего значения полной нагрузки 50 % и 100 % номинальной мощности. Тип комплексной нагрузки должен быть четко указан во всех документах.

5 Вычисление КПД

5.1 Номинальный КПД на выходе

КПД вычисляют из полученных при измерении значений следующим образом:

$$\eta_R = (P_o / P_i)\ 100, \qquad (1)$$

где η_R — КПД, %;

P_o — номинальная выходная мощность источника стабилизированного питания, кВт;

P_i — мощность на входе источника стабилизированного питания при номинальной выходной мощности, кВт.

Примечание — Любая дополнительная мощность на входе (кВт), например для контрольной системы инвертора, должна быть учтена в P_i в уравнении (1).

5.2 Частичная выходная эффективность

Частичную выходную эффективность вычисляют из полученных при измерении значений следующим образом:

$$\eta_{\text{частичная}} = (P_{\text{ор}} / P_{\text{ip}})\ 100, \quad (2)$$

где $\eta_{\text{частичная}}$ — частичная выходная эффективность, %;

$P_{\text{ор}}$ — частичная выходная мощность источника стабилизированного питания, кВт;

P_{ip} — мощность на входе источника стабилизированного питания при частичной выходной мощности, кВт.

Примечание — Любая дополнительная мощность на входе (кВт), например для контрольной системы инвертора, должна быть учтена в P_i в уравнении (2).

5.3 Энергетическая отдача

Энергетическая отдача может быть вычислена по полученным при измерении данным по следующей формуле:

$$\eta_{\text{IE}} = (W_{\text{o}} / W_{\text{i}})\ 100, \quad (3)$$

где η_{IE} — энергетическая отдача, %;

W_{o} — энергия на выходе в течение определенного рабочего периода, кВт · ч;

W_{i} — энергия на входе в течение определенного рабочего периода, кВт · ч.

Примечание 1 — Рабочий период и конфигурацию графика нагрузки определяют по взаимной договоренности между заказчиком и производителем.

Примечание 2 — Некоторая дополнительная энергия на входе (кВт · ч), например для контрольной системы инвертора, должна быть учтена в W_i в уравнении (3).

Примечание 3 — См. приложение С для пояснения понятия средневзвешенной энергетической отдачи η_{wt}, которая может заменять энергетическую отдачу.

5.4 Допустимые границы КПД

Когда значение КПД обусловлено, его допустимые границы должны быть определены при номинальных условиях и соответствовать указанным в таблице 2.

Таблица 2 — Допустимые границы КПД

Объект	Допустимые границы, %	Замечания
КПД источника стабилизированного питания	$-0{,}2(1 - \eta)\eta$	η — гарантированный КПД
Примечание — Допустимые границы КПД выведены в приложении D. См. МЭК 60146-1-1 (пункт 4.3). Допустимые отклонения соответствуют +0,2 на объект потерь с минимально допустимыми границами КПД –0,002 на объект.		

6 Схемы для испытания эффективности

6.1 Испытательные схемы

Рисунок 1 демонстрирует рекомендуемые испытательные схемы для источника стабилизированного питания, который имеет однофазный выход переменного тока или выход постоянного тока. Он также может представлять собой однофазный вариант испытательной настройки для многофазового источника стабилизированного питания.

Рисунки 1a и 1b следует относить к автономному и работающему совместно с сетью источникам стабилизированного питания соответственно.

Предлагаемые испытательные схемы на рисунке 1 не относятся к обязательным, однако вместе с описаниями испытаний предназначены для создания основы для взаимного соглашения между заказчиком и производителем. Для всех испытаний должен быть указан источник питания, соответствующий требованиям 4.1.

6.2 Метод измерений

Метод измерений следующий:

a) КПД вычисляют по формуле (1) или (2) с использованием полученных при измерении значений P_i, P_o или P_{ip}, P_{op}. Входная мощность постоянного тока P_i, P_{ip} может быть измерена ваттметром W_1 или определена путем умножения показаний вольтметра постоянного тока V_1 и амперметра постоянного тока A_1. Выходная мощность P_o, P_{op} измеряется ваттметром W_2;

b) входное напряжение постоянного тока, которое измеряют вольтметром постоянного тока V_1, должно варьироваться в определенных границах; ток на выходе, измеряемый амперметром A_2, варьируется от низких значений до номинального;

c) для вольтметра и амперметра постоянного тока следует использовать усредняющий шкальный прибор. А для вольтметра и амперметра переменного тока следует использовать среднеквадратичный измерительный прибор. Ваттметр W_1 должен быть рассчитан на работу при постоянном токе. Ваттметр W_2 должен быть рассчитан на работу либо при переменном токе, либо при постоянном в зависимости от его параметров на выходе;

d) коэффициент мощности cos φ (в %) может быть измерен фазометром или рассчитан на основе показаний V_2, A_2 и W_2 следующим образом:

$$\cos \varphi = W_2/(V_2 \cdot A_2)\ 100; \quad (4)$$

e) каждый прибор может быть либо аналогового, либо цифрового типа. Погрешность измерений не должна превышать ± 0,5 % приведенной погрешности для каждого измерения мощности. Для измерения W_1 и W_2 рекомендуются цифровые ваттметры;

f) точка поиска максимальной мощности оперативно регулирует входное напряжение таким образом, чтобы выходная мощность была максимальной. В принципе, контрольное оборудование должно регистрировать значения всех электрических параметров, например входного напряжения и тока, выходной мощности и тока в течение обновляемых периодов ТПММ.

Если ТПММ и источник питания на входе (установка или ее имитатор) взаимодействуют таким образом, что входное напряжение варьируется менее чем на 5 %, то допускается осреднение показаний. Период осреднения должен быть не менее 30 с.

7 Измерение потерь

7.1 Потери при отключенной нагрузке

Потери при отключенной нагрузке измеряют следующим образом.

Если источник стабилизированного питания относится к автономному типу, показания значений входного напряжения, выходного напряжения и частоты постоянного тока снимают приборами V_1, V_2 и F соответственно на рисунке 1a, и они должны быть приведены к номинальным значениям.

Таким образом, потери при отключенной нагрузке соответствуют показаниям ваттметра W_1 на входе при постоянном токе, когда нагрузка отключена от источника стабилизированного питания.

Если источник стабилизированного питания работает совместно с сетью, показания вольтметра V_1 на входе при постоянном токе, вольтметра V_2 на выходе при переменном токе и частотомера F на рисунке 1b приводят к соответствию определенным значениям напряжения и частоты.

Таким образом, потери при отключенной нагрузке соответствуют показаниям ваттметра W_1 на входе при постоянном токе, когда ваттметр W_2 при переменном токе показывает ноль. Если необходимо, для измерения следует предоставить источнику стабилизированного питания время для перехода к режиму работы без нагрузки.

7.2 Потери холостого хода

Потери холостого хода измеряют следующим образом.

Если источник стабилизированного питания относится к работающему совместно с сетью типу, потери холостого хода определяют как потребленную из сети мощность, когда источник стабилизированного питания не работает, а находится в ждущем режиме.

Потери холостого хода определяют по показаниям ваттметра переменного тока W_2 на рисунке 1b при номинальном выходном напряжении переменного тока.

Если источник стабилизированного питания относится к автономному типу, потери холостого хода определяют как потребление мощности из источника постоянного тока, когда источник стабилизированного питания не работает, а находится в ждущем режиме.

Потери холостого хода определяют по показаниям ваттметра постоянного тока W_1 на рисунке 1a (без выходного напряжения переменного или постоянного тока).

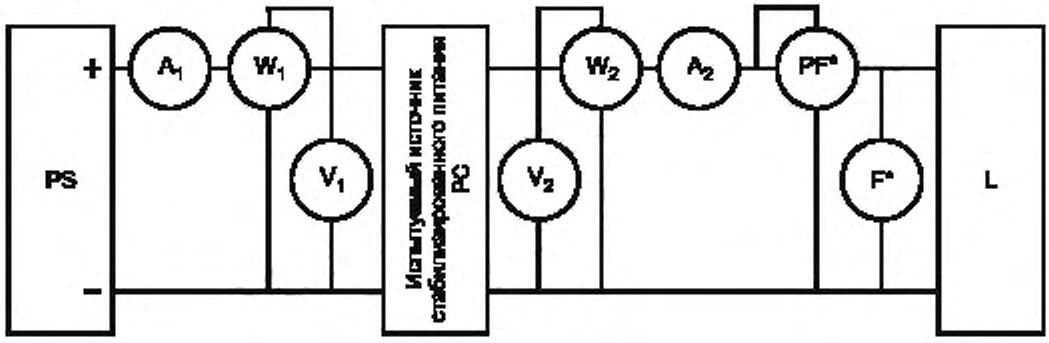


Рисунок 1a — Автономный тип

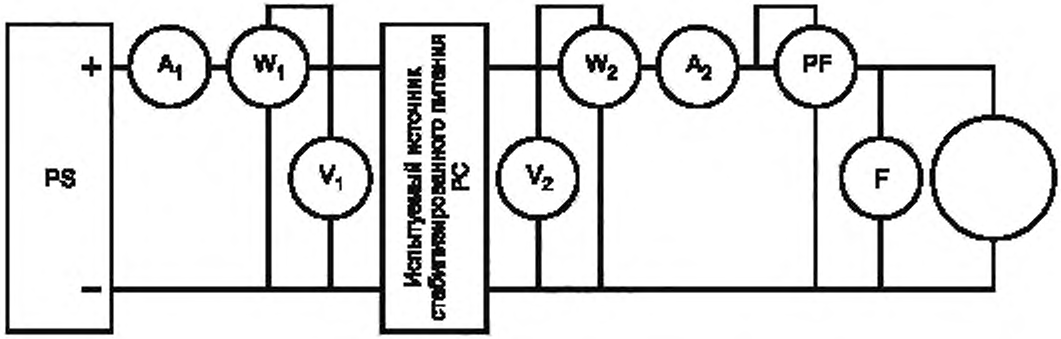


Рисунок 1b — Работающий совместно с сетью тип

На рисунках 1a и 1b приняты следующие обозначения: PC — источник стабилизированного питания; PS — источник питания с изменяемыми значениями напряжения постоянного тока; A_1 — амперметр постоянного тока; A_2 — амперметр постоянного или переменного тока; W_1 — ваттметр постоянного тока; W_2 — ваттметр переменного или постоянного тока; L — нагрузка; F — частотомер напряжение-ток (при постоянном токе); V_1 — вольтметр постоянного тока; V_2 — вольтметр постоянного или переменного тока; PF — фазометр (измеритель коэффициента мощности).

Примечание 1 — При постоянном токе пульсация входного напряжения или тока будет варьироваться в зависимости от внутреннего рассогласования источника постоянного тока и должна определяться взаимным соглашением между заказчиком и производителем. Например, рассогласование может быть выбрано в качестве отношения напряжения к току $\Delta V/\Delta I$ в рабочей точке на графике вольт-амперной характеристики установки. Когда источник стабилизированного питания включает в себя ТПММ, в качестве источника питания постоянного тока рекомендуется использовать имитатор **фотоэлектрической установки**.

Примечание 2 — Частотомер F* и измерение коэффициента мощности (фазометр F*) игнорируют в случае постоянного тока на выходе.

Рисунок 1 — Источник стабилизированного питания. Испытательные схемы

Приложение А
(справочное)

Описание источников стабилизированного питания

Источник стабилизированного питания определяют по МЭК 61277.

Некоторые типы конфигураций систем зависят от их назначения и габаритных размеров. Рисунок А.1 показывает обобщенную конфигурацию системы, предложенной МЭК 61277. На рисунке А.1 источник стабилизированного питания PC находится внутри области, ограниченной пунктирной линией. Источник стабилизированного питания может состоять из одного или нескольких следующих элементов: источника стабилизированного питания постоянного тока, интерфейса d.c/d.c., инвертора, интерфейса a.c./a.c., интерфейса сети переменного тока и части главной подсистемы управления и контроля (МСМ). Направления передачи мощности показаны стрелками. Если система имеет подсистему хранения энергии постоянного тока, принимают, что последняя подключена ко входу источника стабилизированного питания параллельно с установкой (см. рисунки А.2 и А.3).

При нормальных условиях выходное напряжение и частота источника стабилизированного питания переменного тока представляют собой постоянные величины, когда система подключена к сети (для типа, работающего совместно с сетью) или к нагрузке переменного тока (для автономного типа).

Однако когда нагрузка переменного тока состоит из асинхронных электродвигателей с переменной скоростью вращения ротора, напряжение и частота переменного тока могут варьироваться.

В настоящем стандарте рассмотрены системы с постоянным выходным напряжением и частотой переменного тока, а также системы с постоянным током на выходе. На рисунках А.2 и А.3 показана конфигурация системы и источника стабилизированного питания, описанных в настоящем стандарте.

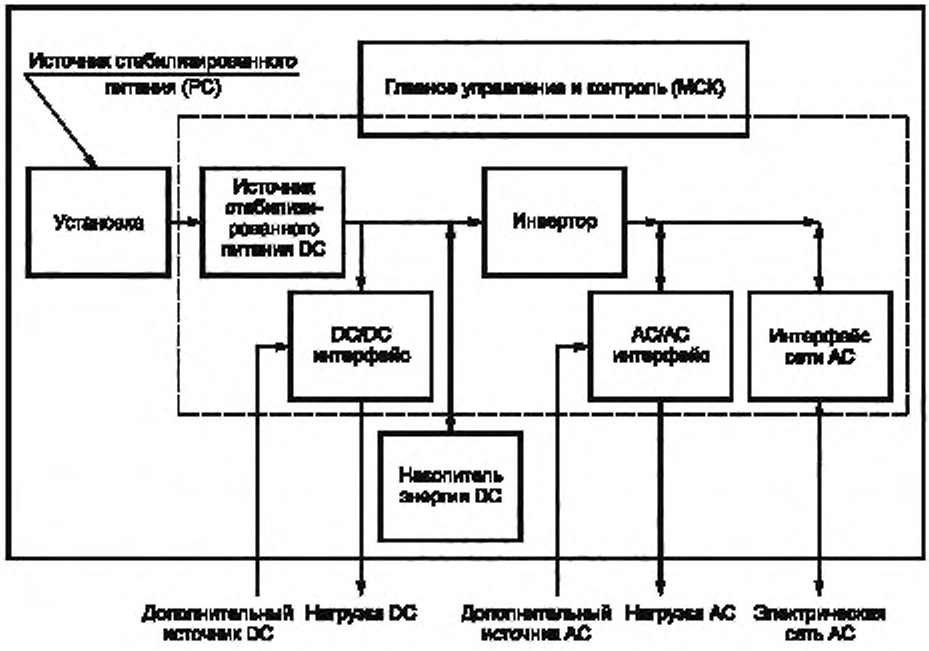


Рисунок А.1 — Главные подсистемы и диаграмма направлений передачи мощности для системы

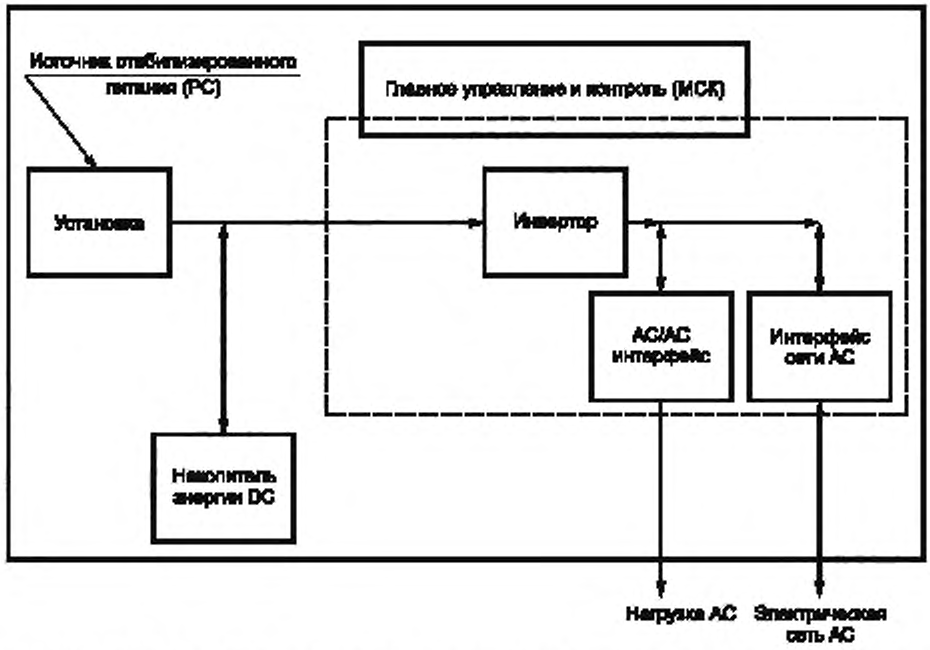


Рисунок А.2 — Конфигурация источника стабилизированного питания с переменным током на выходе, принятая для измерения КПД

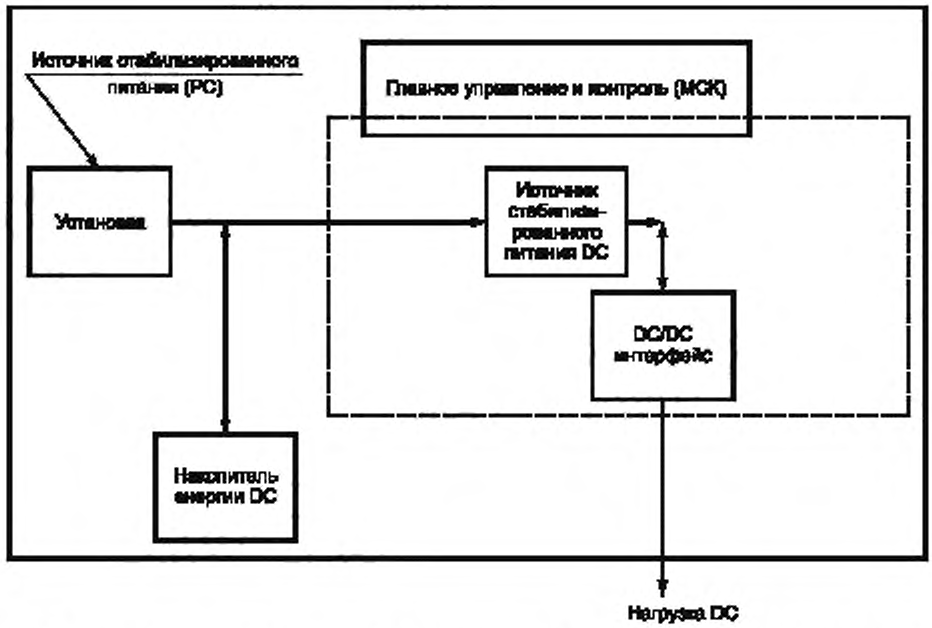


Рисунок А.3 — Конфигурация источника стабилизированного питания с постоянным током на выходе, принятая для измерения КПД

Приложение В
(справочное)

Выход по энергии и переводной коэффициент

Существуют два типа эффективности по МЭК 60146-2: один из них — выход по энергии, а другой — переводной коэффициент. Выход по энергии определяют как отношение активной выходной мощности к активной входной мощности. Переводной коэффициент — это отношение между выходным и входным действующими значениями полной мощности. Эти два параметра (%) определяют по формулам:

$$\eta_P = (P_{aAC}/P_{aDC})\,100;$$

$$\eta_C = (P_{fAC}/P_{fDC})\,100,$$

где η_P — выход по энергии;
P_{aAC} — активная мощность переменного тока;
P_{aDC} — активная мощность постоянного тока;
η_C — переводной коэффициент;
P_{fAC} — действующая мощность переменного тока;
P_{fDC} — средняя мощность постоянного тока (произведение среднего напряжения на средний ток).

Активную мощность P_a вычисляют как

$$P_a = \frac{1}{T}\int_0^T v(t)i(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)dt,$$

где $v(t)$ — изменяющееся во времени напряжение;
$p(t)$ — изменяющаяся во времени мощность;
$i(t)$ — изменяющийся во времени ток;
T — длительность одного цикла.

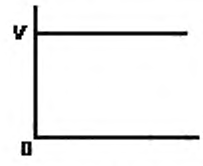
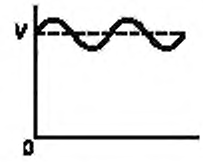
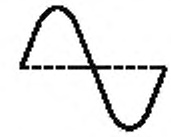
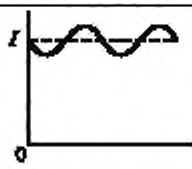
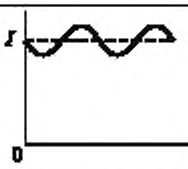
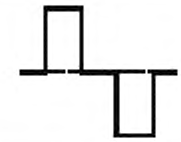
Разница между приведенными выше двумя типами показателей эффективности обусловлена необходимостью учета гармонических составляющих. МЭК 60146 объединяет показатели в выход по энергии. Различия между ними зависят от формы сигнала напряжения и тока, как показано в таблице В.1, и существенны только для графика 5.

С учетом цели стандартов МЭК и иллюстрации в таблице В.1 в качестве КПД источника стабилизированного питания используют выход по энергии.

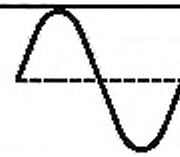
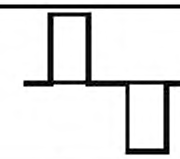
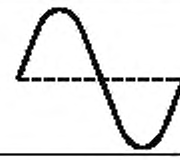
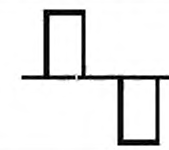
Как показано в таблице В.1 на графике 1 или 4, разница между η_C и η_P составляет только 0,1 % в случае, когда пульсация постоянного напряжения и тока равна 10 $\%_{pp}$, или когда на графике 5 напряжение 5-й гармоники переменного тока составляет 2 % эффективного (действующего) значения, а ток — 5 % эффективного. Это означает, что переводной коэффициент практически совпадает с выходом по энергии. Однако в случае прямоугольных импульсов (график 5) потребуется использовать выход по энергии, так как разница уже значительна ($\eta_C/\eta_P = 0{,}81$).

Время интеграции (длительность одного цикла) T должно быть 30 с или более, а результирующее значение среднего выхода по энергии следует рассматривать в качестве КПД источника стабилизированного питания.

Таблица В.1 — Различия между выходом по энергии η_P и переводным коэффициентом η_C в зависимости от разницы в формате сигнала напряжения и тока

Пример	Постоянный ток (график 1)	Постоянный ток (график 2)	Переменный ток (график 3)
Форма сигнала напряжения			
Форма сигнала тока			
Состояние	Отсутствие пульсации напряжения	Пульсация напряжения и тока со смещенной фазой	Напряжение: синусоидальная форма сигнала. Ток: прямоугольная форма сигнала (50 % рабочего цикла)
P_{fAC}/P_{aAC}	1,0	1,0	1,0
P_{fDC}/P_{aDC}	1,0	$1/[1 - (0,1/2\sqrt{2})^2] = 1,001$	1,0
η_C/η_P	1,0	0,999	1,0
Сравнительная характеристика	$\eta_C = \eta_P$	$\eta_C \leq \eta_P$	$\eta_C = \eta_P$

Окончание таблицы В.1

Пример	Переменный ток (график 4)	Переменный ток (график 5)
Форма сигнала напряжения		
Форма сигнала тока		
Состояние	Гармоническая составляющая: Напряжение 5-й гармоники переменного тока составляет 2 % эффективного (действующего) значения, ток — 5 % эффективного	Напряжение и ток — прямоугольная форма сигнала (50 % рабочего цикла)
P_{fAC}/P_{aAC}	$1/(1 + 0,02 \cdot 0,05) = 0,999$	$(4/\pi^2)/0,5 = 0,81$
P_{fDC}/P_{aDC}	1,0	1,0
η_C/η_P	0,999	0,81
Сравнительная характеристика	$\eta_C \leq \eta_P$	$\eta_C < \eta_P$
Примечание — $\eta_C = P_{fAC}/P_{fDC}$, $\eta_P = P_{aAC}/P_{aDC}$, $\eta_C/\eta_P = (P_{fAC}/P_{aAC})/(P_{fDC}/P_{aDC})$.		

Приложение С
(справочное)

Средневзвешенная энергетическая отдача

Энергия источника стабилизированного питания зависит и от степени освещенности, и от конфигурации графика нагрузки.

Энергетическую отдачу источника стабилизированного питания вычисляют из отношения энергии на выходе к энергии на входе по результатам непосредственных измерений в течение определенного периода (например, месяца или года).

В качестве примера описан метод расчета энергетической отдачи на основе средневзвешенной энергетической отдачи.

Средневзвешенную энергетическую отдачу η_{WT} вычисляют как сумму значений для каждого уровня выхода по энергии при соответствующем весовом коэффициенте.

Если система работает совместно с сетью и не имеет подсистемы накопления энергии, весовые коэффициенты зависят от графика длительности местной освещенности.

Если система относится к автономному типу с подсистемой накопления энергии, весовые коэффициенты зависят от графика нагрузки по продолжительности.

В разделах С.1 и С.2 показаны методы расчета η_{WT} для подключенных к сети и автономных систем.

С.1 η_{WT} источника стабилизированного питания для работающих совместно с сетью систем

Описаны работающие совместно с сетью системы, которые не имеют возможности запасать энергию и для которых допустим обратный режим получения энергии из сети. В этом случае мощность постоянного тока, вырабатываемая установкой, поступает непосредственно в источник стабилизированного питания (PC). Почти вся эта входная мощность конвертируется в мощность переменного тока. Часть ее рассеивается в качестве потерь.

Средневзвешенная энергетическая отдача η_{WT} представляет собой исходную величину для расчета годовой энергетической отдачи, при котором для каждого уровня входной мощности используют весовой коэффициент K_i. Освещенность здесь подразделяют на несколько дискретных уровней. Используя значения продолжительности T_i, уровня входной мощности P_{Ii}, уровня выходной мощности P_{Oi} и КПД источника стабилизированного питания η_i, для каждого уровня i η_{WT} определяется следующим образом:

$$\eta_{WT} = \frac{\sum P_{Oi} \cdot T_i}{\sum P_{Ii} \cdot T_i} = \frac{P_{I1}\cdot\eta_1 T_1 + \ldots + P_{In}\eta_n T_n}{P_{I1}T_1 + \cdots + P_{In}T_n} = K_1\eta_1 + K_2\eta_2 + \ldots + K_n\eta_n, \quad (C.1)$$

где $K_i = P_{Ii}T_i / \sum P_{Ii}T_i$.

Если график длительности освещенности соответствует показанному на рисунке С.1, уравнение (С.1) может быть переписано следующим образом:

$$\eta_{WT} = \frac{1T_1}{T_{WT}}\eta_{1/4} + \frac{2T_2}{T_{WT}}\eta_{2/4} + \frac{3T_3}{T_{WT}}\eta_{3/4} + \frac{4T_4}{T_{WT}}\eta_{4/4} \geq \eta_{ER}, \quad (C.2)$$

где η_{ER} — заданная энергетическая отдача;

$\eta_{1/4}$, ... — КПД источника стабилизированного питания, когда входная мощность постоянного тока равна 1/4, ... номинального значения соответственно.

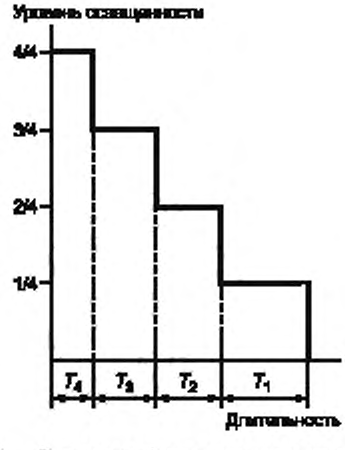


Рисунок С.1 — Пример графика длительности освещенности

С.2 η_{WT} источника стабилизированного питания для автономных систем

В автономных системах с подсистемой накопления энергии мощность, вырабатываемая установкой, накапливается и стабилизируется аккумуляторами. Мощность постоянного тока конвертируется в стабилизированную мощность постоянного тока или в мощность постоянного напряжения и частоты переменного тока источника стабилизированного питания (РС) и подается к нагрузке. В этом случае часть произведенной мощности рассеивается в качестве потерь в аккумуляторах и источнике стабилизированного питания.

Вычисление средневзвешенной энергетической отдачи η_{WT} для автономных систем требует весовых коэффициентов для соответствующих уровней нагрузки.

Используя значения продолжительности T_i, уровня входной мощности P_{Ii}, уровня выходной мощности P_{Oi} и КПД источника стабилизированного питания для соответствующих уровней нагрузки η_i, η_{WT} определяют следующим образом:

$$\eta_{WT} = \frac{\sum P_{O_i} \cdot T_i}{\sum P_{I_i} \cdot T_i} = \frac{\sum P_{O1} \cdot T_1 + \ldots + P_{On} \cdot T_n}{P_{I0} \cdot T_0 + P_{O1} \cdot T_1 / \eta_1 + P_{On} \cdot T_n / \eta_n} = \frac{1}{K_0 + K_1/\eta_1 + \ldots + K_n/\eta_n}; \quad (C.3)$$

$$K_0 = P_{I0} T_0 / \sum (P_{O_i} T_i); \quad (C.4)$$

$$K_i = P_{Oi} T_i / \sum (P_{Oi} T_i), \ \sum K_i = 1,$$

где PI_0 — потери при отключенной нагрузке.

Если конфигурация нагрузки и график ее длительности соответствуют рисункам С.2 и С.3, уравнение (С.3) может быть переписано следующим образом:

$$\eta_{WT} = \frac{1}{K_0 + 1T_1/T_{WT}/\eta_{1/4} + 2T_2/T_{WT}/\eta_{2/4} + 3T_3/T_{WT}/\eta_{3/4} + 4T_4/T_{WT}/\eta_{4/4}} \geq \eta_{ER}, \quad (C.5)$$

где η_{ER} — заданная энергетическая отдача;

$\eta_{1/4}$, ... — КПД источника стабилизированного питания, когда входная мощность постоянного тока равна 1/4, ... номинального значения соответственно.

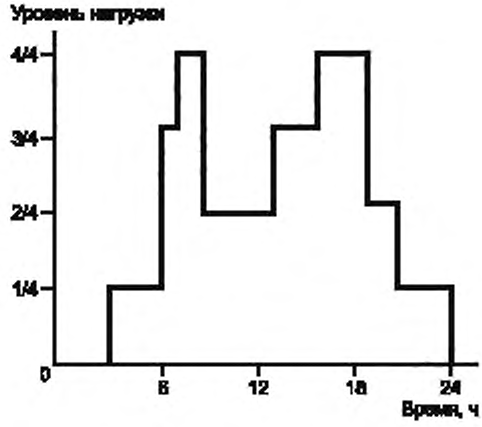


Рисунок С.2 — Пример конфигурации нагрузки

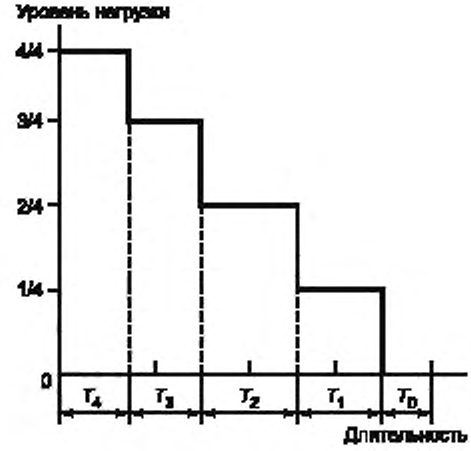


Рисунок С.3 — Пример графика длительности нагрузки

Приложение D
(справочное)

Отклонение от допустимой эффективности в таблице 2

Гарантированный КПД η вычисляют по формуле

$$\eta = \frac{P_R}{P_R + P_L},$$

где P_R — номинальная выходная мощность;

P_L — гарантированные потери.

Из МЭК 60146-1-1 (пункт 4.3.3) следует, что допустимый резерв потерь P_L должен составлять +0,2 на единицу. В этом случае КПД η' определяют как

$$\eta' = \frac{P_R}{P_R + 1{,}2P_L}.$$

Таким образом, отклонение от допустимой эффективности $\eta' - \eta$ определяют как

$$\eta' - \eta = \frac{P_R}{P_R + 1{,}2P_L} - \eta = \frac{P_R}{P_R + 1{,}2(1/\eta - 1)P_R} - \eta = \frac{1}{1 + 1{,}2(1/\eta - 1)} - \eta =$$

$$= \frac{\eta}{\eta + 1{,}2(1-\eta)} - \eta = \eta\left[\frac{1}{\eta + 1{,}2(1-\eta)} - 1\right] = \eta\left[\frac{1}{-0{,}2\eta + 1{,}2} - 1\right] = \eta\frac{-0{,}2 + 0{,}2\eta}{-0{,}2\eta + 1{,}2} =$$

$$= \eta\frac{-1+\eta}{-\eta + 6} \geq -\eta(1-\eta)/5 (\because \eta \leq 1).$$

В окончательном виде отклонение записывают как

$$\eta' - \eta = -0{,}2(1-\eta)\eta\,(\%).$$

Это означает, что отклонение уменьшается с увеличением гарантированного КПД. Например, для гарантированных КПД 90 % и 95 % отклонение составит минус 1,8 % и минус 0,95 % соответственно.

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 60146-1-1	—	*
* 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.		

Библиография

[1] МЭК 60146 (все части) — Преобразователи полупроводниковые. Общие требования и линейные коллекторные преобразователи (IEC 60146, Semiconductor converters — General requirements and line commutated converters)

[2] МЭК 60146-2:1974 — Преобразователи полупроводниковые. Часть 2. Полупроводниковые преобразователи с внутренней коммутацией, включая прямой преобразователь постоянного тока (IEC 60146-2:1974, Semiconductor converters — Part 2: Self-commutated semiconductor converters including direct d. c. converters)

[3] МЭК 61277:1995 — Системы наземные фотоэлектрические. Общие положения и руководство (IEC 61277:1995, Terrestrial photovoltaic (PV) power generating systems — General and guide)

УДК 697.329:006.354 ОКС 27.160 Е60

Ключевые слова: фотоэлектрические системы, источники стабилизированного питания, коэффициент полезного действия

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 23.09.2014. Подписано в печать 26.11.2014. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,85. Тираж 40 экз. Зак. 4901.

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

gost.e-ecolog.ru