**БЗ 3-2004**

# ГОСТ 28976-91

**(МЭК 891-87)**

## М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ИЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ**

# МЕТОДИКА КОРРЕКЦИИ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ И ОБЛУЧЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**Издание официальное**

**ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ**

**М о с к в а**

**УДК 535.215.0025.001.4:006.354 Группа Е52**

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ИЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ**

**Методика коррекции по температуре и облученности результатов измерения вольт-амперной характеристики**

Photovoltaic devices of crystalline silicon. Procedures for temperature and irradiance corrections to measured current voltage characteristics

## ГОСТ 28976-91

**(МЭК 891-87)**

MKC 27.160

ОКСТУ 3480

**Дата введения 01.01.92**

В настоящем стандарте представлены методики, по которым должна проводиться коррекция по температуре и облученности результатов измерения вольт-амперной характеристики фотоэлект­ рических приборов, изготовленных из кристаллического кремния.

**1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

В настоящем стандарте приведены методики коррекции по температуре и облученности ре­ зультатов измерения вольт-амперных характеристик фотоэлектрических приборов из кристалличес­ кого кремния.

Стандарт включает в себя методики для определения температурных коэффициентов, внутрен­ него последовательного сопротивления и коэффициента корреляции кривой. Эти методики приме­ нимы в диапазоне облученности + 30 *%* уровня, при котором выполнены измерения.

Примечания:

1. Настоящие методики применимы только для приборов с линейной характеристикой преобразования.
2. Фотоэлектрическими приборами называют как одиночные солнечные элементы, так и сборочные узлы и плоские модули.

Для оценки приборов каждого типа используют разные параметры. Температурные коэффициенты модуля или сборочного узла вычисляют по результатам их измерения для одиночного солнечного элемента. Внутреннее последовательное сопротивление и коэффициент корреляции кривой должны измеряться отдельно для модуля и сборочного узла.

1. Термин **испытуемый образец** используют для обозначения любого из этих приборов.

**2. МЕТОДИКА КОРРЕКЦИИ**

Измеренная вольт-амперная характеристика должна быть приведена к виду, который она будет иметь при стандартных условиях испытаний или при других выбранных значениях температуры и облученности. Для этой цели должны использоваться следующие формулы:

/о = /, + /,

*2SR*

*SC* 2

- 1 + а(Г - Г,); ()

***Imr***

*V 2 =V X -* ВД - /,) - *KI2(Т2 - Тх)* + р *(Т2 - Т*,), (2)

где *1Ъ* К, — координаты точек измеренной характеристики;

/2, *V2* — координаты соответствующих точек скорректированной характеристики; *Isc* — измеренное значение тока короткого замыкания испытуемого образца; *IMr —* измеренное значение тока короткого замыкания эталонного прибора;

**Издание официальное Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1991

© ИПК Издательство стандартов, 2004

### С. 2 ГОСТ 28976-91

*ISR —* ток короткого замыкания эталонного прибора при стандартном (или другом заданном) значе­ нии облученности;

*Тх —* измеренное значение температуры испытуемого образца;

*Т* 2 — стандартное (или другое заданное) значение температуры;

а, (3 — температурные коэффициенты тока и напряжения испытуемого образца при стандартной или другой заданной облученности в представляющем интерес температурном диапазоне;

*Rs* — внутреннее последовательное сопротивление;

*К* — коэффициент корреляции кривой.

Примечания:

1. В приведенных уравнениях должна использоваться единая система единиц для всех величин.
2. Обозначения физических величин взяты в соответствии с общими рекомендациями (Публикация МЭК 27 «Обозначения буквенные, применяемые в электротехнике»).
3. Символ Крекомендуется как резервный (Публикация МЭК 27).

В настоящем стандарте буква *V* рекомендована как основной символ для обозначения напряжения, поскольку его используют в литературе по фотоэлектричеству и электронике во многих странах мира.

**3. ОПРВДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ**

Температурные коэффициенты тока а и напряжения (3 зависят от облученности и в меньшей степени от температуры.

Коэффициенты предпочтительнее измерять на имитаторах солнечного излучения, используя не менее двух солнечных элементов того же типа, площади и размеров, из которых изготовлен модуль.

Примечания:

1. Любое несоответствие между измеренными солнечными элементами и теми, из которых изготовлен модуль, может неблагоприятно влиять на точность коррекции вольт-амперной характеристики модуля.
2. Предпочтительнее использовать импульсный имитатор, т. к. он создает меньший добавочный нагрев солнечного элемента во время измерений.

**Методика измерений**

* 1. Установить на испытуемом солнечном элементе датчик температуры таким образом, чтобы обеспечить измерение температуры с погрешностью не более + 0,5 °С.
  2. Испытуемый солнечный элемент установить на термостатируемый столик, обеспечив хороший тепловой контакт с поверхностью. Присоединить выводы датчика к управляющему блоку для передачи контрольного сигнала.
  3. Испытуемый и эталонный солнечные элементы установить возможно ближе таким обра­ зом, чтобы их активные поверхности находились в рабочей плоскости имитатора.

Отклонение нормали испытуемого и эталонного солнечных элементов от оси пучка излучения не должно превышать + 5 °С.

* 1. Отрегулировать облученность в рабочей плоскости имитатора таким образом, чтобы ток короткого замыкания эталонного солнечного элемента при температуре (25 + 5) °С соответствовал его градуировочному значению.
  2. Измерить ток короткого замыкания *Isc* и напряжение холостого хода *Voc* испытуемого солнечного элемента в установившемся тепловом режиме при температуре, близкой к минимальной заданного температурного диапазона.

П римечание. Если измерения проводят при температуре ниже температуры воздуха, то необходимо учесть возможность конденсации влаги на активных поверхностях испытуемого и эталонного элементов. Предупредить конденсацию влаги можно использованием потока сухого азота или помещением солнечных элементов в вакуумную камеру.

* 1. Повысить температуру испытуемого солнечного элемента приблизительно на 10 °С и вновь измерить *Isc* и *Voc.*

Повторять эту процедуру, каждый раз увеличивая температуру приблизительно на 10 °С до

максимального заданного значения температурного диапазона.

* 1. Повторить операции по пп. 3.1—3.6 со всеми испытуемыми солнечными элементами.
  2. Нанести на график значения *Isc* и *Voc* в функции температуры и построить соответствую­ щие зависимости по методу наименьших квадратов.

### ГОСТ 28976-91 С. 3

* 1. По наклону кривых, выражающих зависимости тока и напряжения от температуры, в точках, лежащих посередине температурного диапазона, вычислить значения температурных коэф­ фициентов а^. и (Зс для каждого испытуемого элемента.

ЗЛО. Для модуля или сборочных узлов температурные коэффициенты а и (3 вычисляют по

формулам:

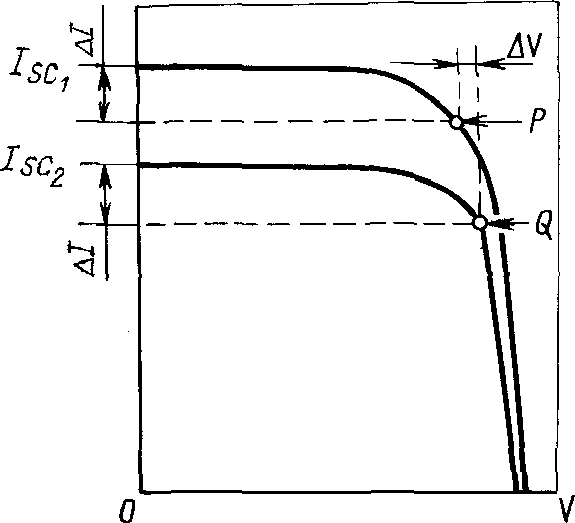
(х *Нр* ас, (3)

**Р = V Рс> (4)**

где *пр* — число параллельно соединенных солнечных элементов;

*ns* — число последовательно соединенных солнечных элементов.

1. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Внутреннее последовательное сопротивление *Rs* может быть определено на имитаторе солнечного излучения по следующей методике (см. чертеж).

* 1. Измерить вольт-амперную характеристику испытуемого образца при двух значениях облученности (знать точное значение облученности обязательно). Измерения следует проводить при комнатной температуре, причем температура образца в двух изме­ рениях может отличаться не более чем на 2 °С.
  2. Выбрать точку *Р* на верхней кривой при напряжении несколько выше, чем *Vp* max. Измерить разность А/ между током в этой точке и током короткого замыкания *Isc .*
  3. Определить точку *Q* на нижней кривой, при которой ток равен *Isc —* А/.
  4. Измерить разность напряжений *AV*точек *Р и Q.*

*AV*

**Определение 7?3**

* 1. Вычислить *Rs из Rs. ~* 7 *т* ■> (5)

' ' *~ \*sc2*

где *Isc и Isc* — токи короткого замыкания.

* 1. Измерить вольт-амперную характеристику испытуемого образца при третьем значении облученности (температура должна быть той же, что и в первых двух случаях). Повторить операции по пп. 4.3—4.5, используя третью кривую поочередно с первой и второй для определения *Rs* и *Rs .*

Вычислить последовательное сопротивление образца *Rs,* как среднее из трех: *Rs , Rs , Rs .*

1. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ КРИВОЙ**

Коэффициент может быть определен на имитаторе солнечного излучения по следующей методике.

* 1. Измерить вольт-амперную характеристику испытуемого образца при облученности в пре­ делах *± 30 %* выбранного уровня и при трех разных температурах (Г3, Г4, *Т5)* в интересующем диапазоне по крайней мере 30 °С.

П римечание. Когда измеряют характеристики модуля, необходимо при установке герметизирован­ ного модуля в температурно-контролируемой камере с пропускающим окном обеспечить однородность темпе­ ратуры солнечного элемента в пределах + 2 °С предполагаемого уровня.

* 1. Используя принятое значение коэффициента (например 1,25 х 10-3 Ом/°С, которое ти­ пично для кристаллического кремниевого солнечного элемента), пересчитать характеристику, из­ меренную при температуре Г3, к температуре Г4, применяя следующие формулы:

/4 = /3 + а (Г4 Г3); (6)

**\*4 = к3 - *КЦ Тд — Тг)* + Р (*ТА* - Г3), (7)**

где /3, К3 — координаты точек характеристики при температуре Г3;

/4, *V4 —* координаты соответствующих точек характеристики при температуре *ТА.*

### С. 4 ГОСТ 28976-91

* 1. Если характеристика, рассчитанная для температуры *ТА,* не совпадает с желаемой точнос­ тью с характеристикой, измеренной при температуре *Т4,* то необходимо повторить расчеты по и. 5.2 с использованием другого значения коэффициента *К* до тех пор, пока рассчитанная характеристика не совпадет с измеренной.
  2. Когда значение *К* определено, пересчитывают характеристики Г3 и *Т4* соответственно к температуре *Т5.* Если пересчитанные и измеренные характеристики не совпадают, то следует повто­ рить пересчет, используя слегка измененное значение коэффициента К до тех пор, пока они не будут совпадать.
  3. Используют среднее значение коэффициента *К* из этих определений.

### ГОСТ 28976-91 С. 5

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ**

1. **ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН Межотраслевым государственным объединением «КВАНТЭМП»**
2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 19.04.91 № 530**
3. **Стандарт подготовлен методом прямого применения международного стандарта МЭК 891—87 «Фо­ тоэлектрические приборы из кристаллического кремния. Методика коррекции по температуре и облученности результатов измерения вольт-амперной характеристики» и полностью ему соответст­ вует**
4. **ВВВДЕН ВПЕРВЫЕ**
5. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Раздел, в котором приведена ссылка | Обозначение соответствующего международного стандарта | Обозначение отечественного нормативно-технического документа, на который дана ссылка |
| 2 | МЭК 27 (серия стандартов) | Требования указаны в разд. 2 на­ стоящего стандарта |

1. **ПЕРЕИЗДАНИЕ. Сентябрь 2004 г.**

Редактор *В.П. Огурцов*

Технический редактор *О.Н. Власова*

Корректор *Т.И. Кононенко*

Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 24.09.2004. Подписано в печать 12.10.2004. Усл.печл. 0,93. Уч.-изд.л. 0,50.

Тираж 54 экз. С 4170. Зак. 256.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14. http: //[www.standards.ru](http://www.standards.ru/) e-mail: [info@standards.ru](mailto:info@standards.ru)

Набрано и отпечатано в ИПК Издательство стандартов