

Компания Айтекс (ITECS)

Предохранители Bussmann
для фотовольтаики

www.itecs.ru

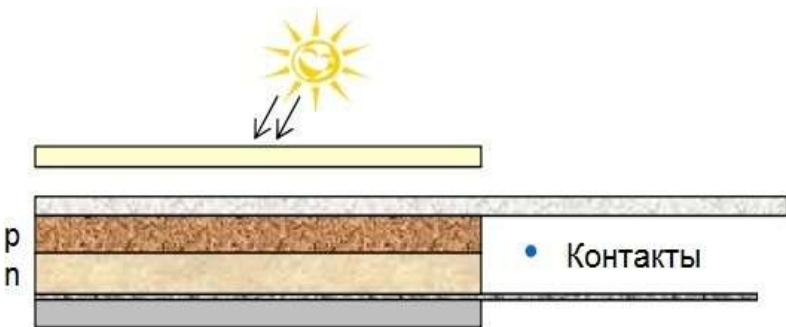


- Солнечные электрогенерирующие системы состоят из солнечных фотоэлектрических элементов и преобразователей (инверторов). Фотоэлектрические элементы используют солнечную энергию, преобразуя фотоны в постоянный ток.
- Электричество, сгенерированное солнечными элементами, затем подаётся в инверторы, которые преобразовывают постоянный ток в энергию переменного тока.



Энергоёмкость солнечного света составляет 1 кВт на квадратный метр. Типовые солнечные панели обеспечивают эффективное преобразование этой энергии в пределах 10-15%.

Что представляет собой солнечный элемент?



- Пластиковый и стеклянный защитный слой
- Антибликовое покрытие
- Кристаллический кремний
- Отражающее покрытие

- Один солнечный элемент – полупроводниковое устройство

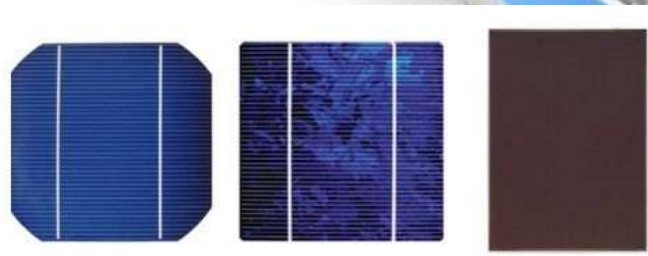
- 6-ти угольник

- 0.65В 7.18А (4.67Вт)

- Чувствителен к аварийным условиям

- Дорогостоящий в замене

- По себе очень хрупок



Монокристаллические Поликристаллические Тонкоплёночные

Небольшая мощность: $0.65\text{В} \times 7.18\text{ А} = 4.67\text{Вт}$

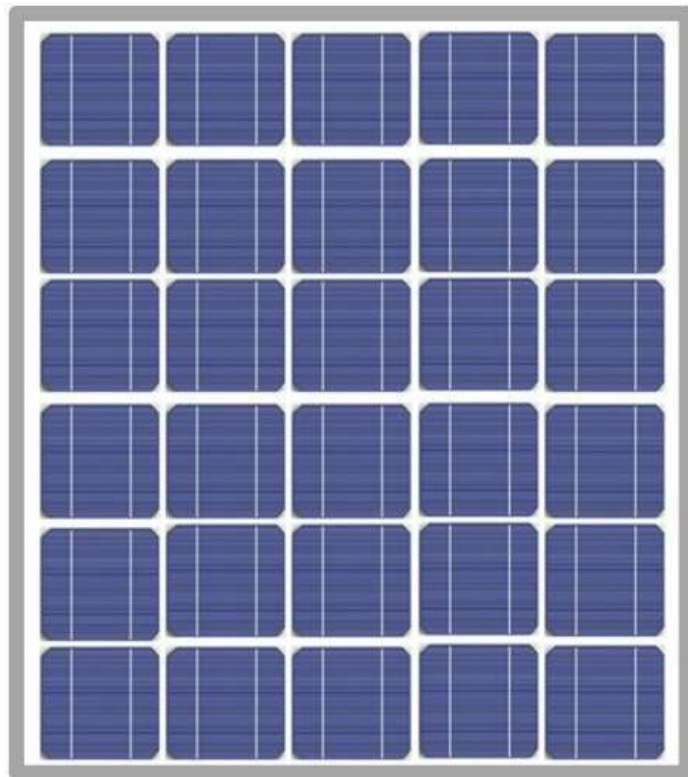
Что представляет собой модуль/панель?



- Фотоэлемент



- Обозначение



ITECS

Одна панель:

- Обычно состоит из 54 элементов
- 1.5м x 0.6м
- $V_{max} = 35.1$ В DC
- $I_{max} = 7.18$ А
- $I_{sc} = 7.74$ А
- Пиковая мощность = 260Вт

Значительная мощность: $35.1\text{В} \times 7.18\text{А} = 252\text{Вт}$

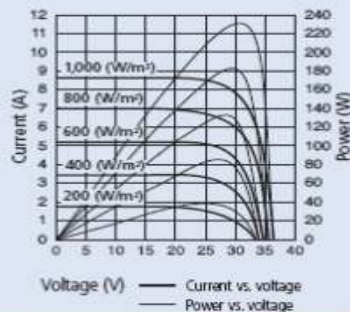
Характеристики модуля

- Температурные коэффициенты
 - Ниже температура - выше напряжение
 - Выше температура - выше ток
- Больше солнца – больше ток
- Возможность обратного тока ограничивается (предохранителями), допустимо: $1.35 \times I_{ном} \times 2 \text{ ч}$
- Макс. значения напряжения и тока, для стандартных испытательных условий (STC)

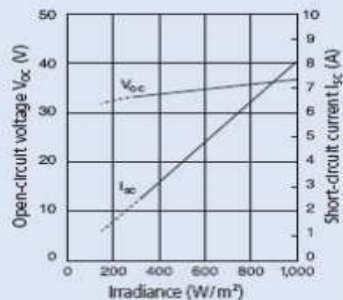


Характеристики температурной зависимости

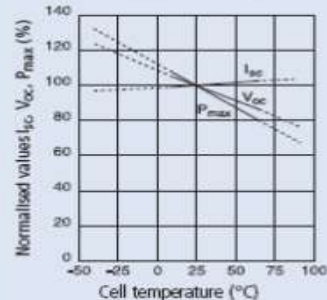
Characteristic curves: current/power vs. voltage
(cell temperature: 25 °C)



Characteristic curves: open-circuit voltage /
short-circuit current vs. irradiation
(cell temperature: 25 °C)

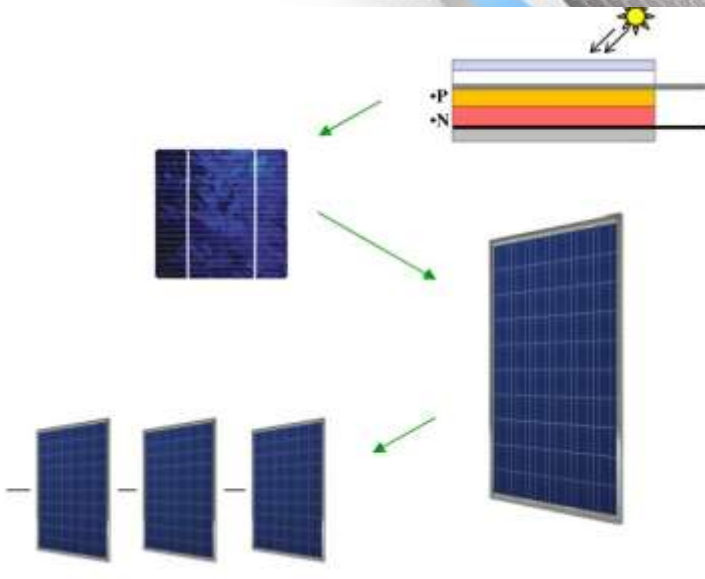


Characteristic curves: normalised values
 $I_{sc} / V_{oc} / P_{max}$ vs. cell temperature



Линейка PV

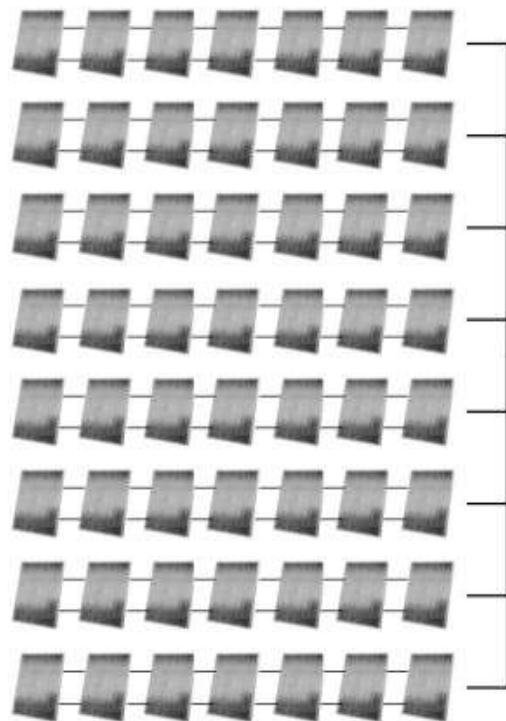
- Множество объединённых PV модулей называется линейкой.
- Стандартно 23 модуля, установленных последовательно, вырабатывают постоянный ток 7.18А, 803В (5.8кВт)
- Один элемент:
Шестиугольник, 0.65В 7,18А (4,67 Вт)
- Один модуль:
54 элемента
- 1.5м x 0.6 м, 35.1В, 7.18А (252Вт)



Большая мощность: $803\text{В} \times 7.18\text{А} = 5.8\text{кВт}$

Массив PV

- Множество параллельных линеек называется массивом (матрицей).
- К примеру – 16 параллельных линеек (16 линеек x 7.18А x 803В) = 93 кВт
- объединение линеек вместе параллельно позволяет увеличить ток и, следовательно, увеличить мощность для последующего преобразования инвертором.
- Объединение линеек вместе производится обычно в специальном щите (combiner box)



Большая мощность: 803В 115 А = 92кВт

Обобщённо



1 элемент	→	1 модуль (54 элемента)	→	1 линейка (23 модуля)	→	1 массив (16 линеек параллельно)
0.65Vdc x 7.18A		34.9Vdc x 7.18A		803Vdc x 7.18A		803Vdc x 115A
= 4.67W		= 250W		= 5750W		= 92000kW

Типовые 15 МВт солнечные электростанции



163 x 92кВт = 15МВт.

Требуется 163 объединительных щита (Combiner box), каждый на 16 линеек.

Установка солнечных батарей

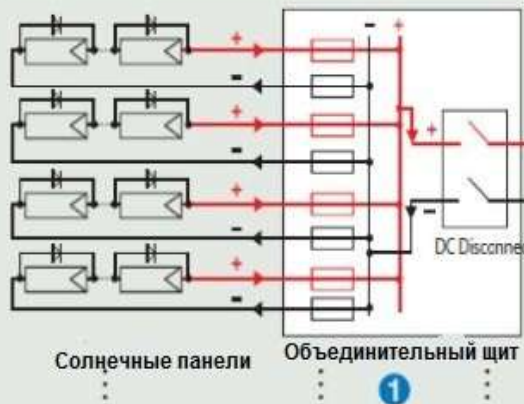


* Предохранители рекомендуется ставить как на плюсовые, так и на минусовые шины

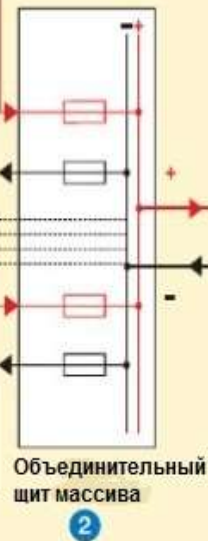
Защита цепей типовых солнечных систем



Защита линейки



Защита массива



Защита инвертора



Солнечные панели

Объединительный щит

1

Ассортимент предлагаемой продукции Bussmann



Объединительный щит
(Combiner box) 1



Цилиндрические
предохранители PV
размера 10x38,
14x51, 14x65 мм 1



Модульные
держатели
предохранителей 1



Держатели
предохранителей
на кабель 1



Держатели
предохранителей
серии VM 1



Устройство
защиты от
перенапряжения
(SPD) 1 2 3



PV плавкие вставки
типоразмера NH и
держатели под них 2



PV плавкие
вставки
типоразмера XL и
держатели под них 2



Прямоугольные и
стандартов BS, UL
быстродействующие
предохранители 3



gG плавкие вставки
типоразмера NH и
держатели под них 4



Специфика применения предохранителей для защиты PV систем

В чём уникальность PV систем?

- Высокое напряжение DC, низкий выходной ток
- Очень низкий ток короткого замыкания
- Чувствительность к повреждению от перенапряжения и, в целом, большая восприимчивость к условиям перенапряжения
- устанавливаются в сложных условиях окружающей среды:
 - Повышенная окружающая температура
 - Высокая влажность
 - Пыль и песок
 - Вмешательство животных



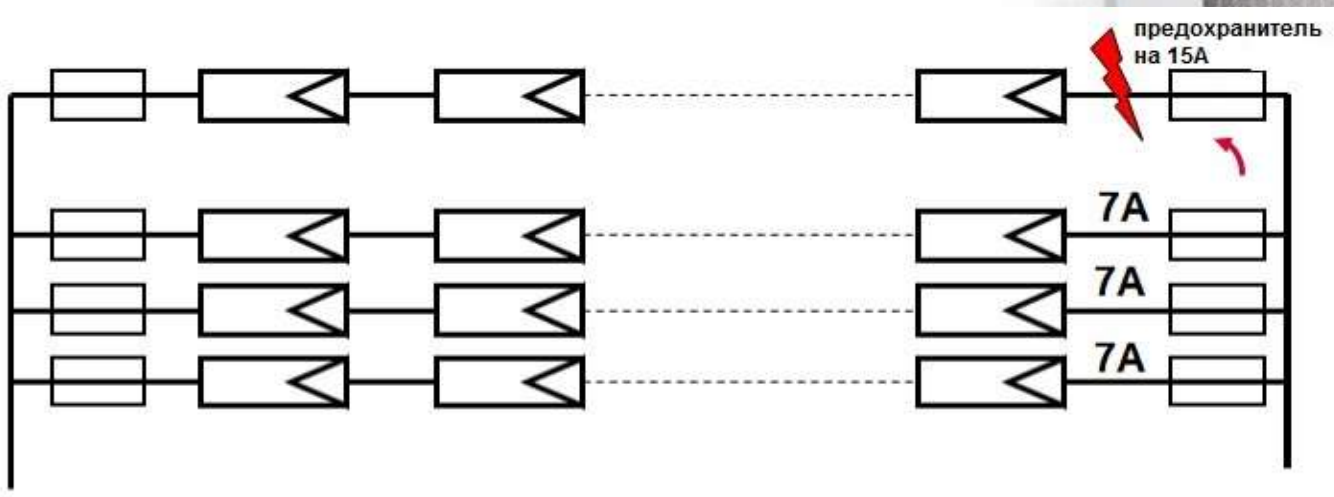
Аварийные условия (перегрузки по току)



- Солнечные батареи вырабатывают энергию только в дневное время
- Система функционирует в дневное время и не может быть отключена
- Легко создаётся короткое замыкание: обрыв кабеля, повреждение изоляции, ошибки монтажа, погода, влияние животных, замыкания в линейке/модуле, замыкания в кабелях постоянного тока
- Токи короткого замыкания очень низки – очень трудно обеспечить их своевременное прерывание
- Предохранители с характеристикой gPV могут прерывать аварийные токи от 1.3 номинала предохранителя при напряжении 1000В DC. Для сравнения, предохранитель с характеристикой gG может сработать только при 1.6 от номинала тока при 690В.
(К примеру 10А предохранитель может сработать при аварийном токе 13А 1000В DC)
- класс gPV специфицирован стандартами IEC 60269 Part 6 и UL 2579.

Использование предохранителей gPV обязательно

Предохранители для PV линеек



К примеру: аварийный ток $7 \times 3 = 21\text{A}$

коэффициент срабатывания предохранителя $= 21/15 = 1.4$

При низком коэффициенте срабатывания необходимо использовать предохранители класса gPV.

В соответствии со стандартом МЭК 60269-6 для предохранителей класса gPV $I_f = 1.45$;

В соответствии со стандартом МЭК 60269-4 для предохранителей класса gR $I_f = 1.6$.

Подбор предохранителей для PV линеек

Осуществляется с учётом следующих факторов:



Если $N_p > 3$, номиналы плавких вставок должны быть выбраны следующим образом:

- Номинал напряжения $\geq 1.20 \times V_{oc} \times N_s$
- Номинал тока $\geq 1.56 \times I_{sc}$
- После коррекции номиналов тока (в зависимости от температуры окружающей среды) выбранных предохранителей необходимо перепроверить их на соответствие указанным выше критериям
- Номинал тока $\leq I_{mod_max_OCPR}$
- Номинал тока $\leq I_z$ - допустимого тока кабеля линейки

Подбор предохранителей для PV линеек



Если $N_p \leq 3$ и кабель рассчитан на ток $1.56 \times I_{sc}$

Для PV установок, имеющих три или менее параллельных линеек с кабелями адекватного сечения, защита предохранителями требуется, если локальные стандарты или правила установки требуют этого.

Однако Bussmann рекомендует защиту плавкими вставками всех PV систем, так как непредвиденные аварийные токи могут возникнуть в случае неисправности инвертора или подключенных аккумуляторных батарей.

Подбор предохранителей для PV линеек



Если $N_p \leq 3$ и кабель не рассчитан на ток $1.56 \times I_{sc}$

Выбор предохранителя для защиты кабеля:

- Номинал тока предохранителя $\leq I_z$ (допустимый ток кабеля линейки)
- Номинал напряжения $\geq 1.20 \times V_{oc} \times N_s$, особенно если подключена аккумуляторная батарея.

Пример: Выбор предохранителей PV линейки

Данные модуля PV

- тип элемента: поликристаллический кремний
- размер элемента: 125мм^2 (5")
- количество элементов в соединении: 72
- макс. напряжение системы: 1000 В пост. тока

Электрические параметры

- Напряжение холостого хода (V_{OC}): 43.1 В
- Ток короткого замыкания (I_{SC}): 5.37 А
- Макс. номинал тока предохранителя ($I_{mod_max_OCPR}$): 15А

Данные установки PV

- 18 модулей в линейке ($N_s=18$)
- Макс. температура модуля 60°C
- Мин. температура модуля -30°C
- Макс. окруж. температура возле предохранителя 45°C
- 4 линейки параллельно ($N_p=4$)
- Сечение кабеля: $2.5\text{ мм}^2 \Rightarrow$ номинал кабеля $I_z = 11.5\text{ А}$ при температуре 60°C



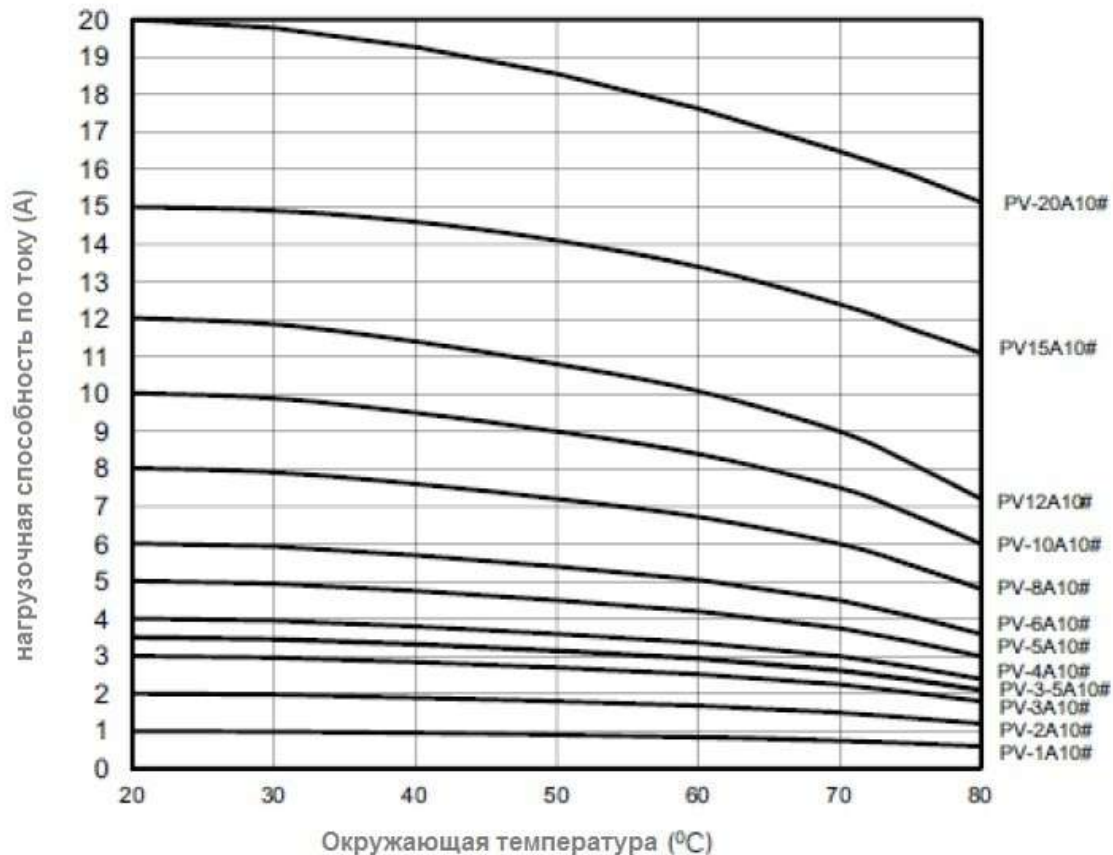
Пример: Выбор предохранителей PV линейки



Расчёт:

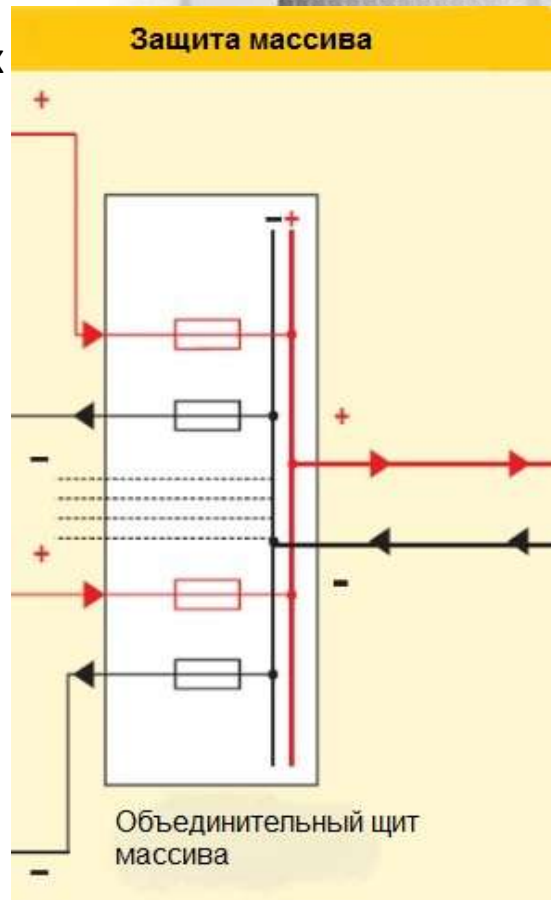
- Допустимый ток кабеля $\geq 1.56 \times 5.37 = 8.38$ А.
- Выбранный кабель выдерживает 11.5 А, что вполне соответствует этому условию.
- Макс. ток короткого замыкания линейки I_{SC_STRING}
- $= (N_p - 1) \times 1.25 \times I_{SC} = (4 - 1) \times 1.25 \times 5.37 = 20.1$ А
- I_{SC_STRING} (20.1 А) $> I_z$ (11.5 А), следовательно предохранители линейки необходимы.
- Минимальный ток предохранителя $I_n \geq 1.56 \times I_{SC} = 1.56 \times 5.37 = 8.38$ А
- Максимальный ток предохранителя $I_n \leq I_{mod_max_OCPR} = 15$ А
- Максимальный ток предохранителя $I_n \leq I_z = 11.5$ А
- Минимальное напряжение $U_n \geq 1.2 \times V_{OC} \times N_s = 1.2 \times 43.1 \times 18 = 931$ В
- Подбираемый предохранитель должен иметь параметры 10А и напряжение 1000 В DC. В каталоге предохранителей Bussmann это PV-10A10F.

Коррекция номинальных значений тока предохранителей в зависимости от температуры



Защита массива (батареи, матрицы)

- Субматрицы с множеством параллельных линеек – больше токи и, соответственно, мощность
- Предохранители в субматрицах
 - Защищают проводники
 - Минимизируют любые угрозы безопасности
 - Изолируют неисправные массивы



Подбор предохранителей для массивов (матриц) PV

Осуществляется с учётом следующих факторов:



- Номинал напряжения $\geq 1.20 \times V_{oc} \times N_s$
- Номинал тока $\geq 1.56 \times I_{sc} \times N_p$
- После коррекции номиналов тока (в зависимости от температуры окружающей среды) выбранных предохранителей необходимо перепроверить их на соответствие указанным выше критериям
- Номинал тока $\leq I_z$ - допустимого тока кабеля матрицы

Пример: Выбор предохранителей матрицы PV

Данные модуля PV

- Ток короткого замыкания (I_{SC}): 5.37 А
- Напряжение холостого хода (V_{OC}): 43.1 В
- Температурный коэффициент тока короткого замыкания $\alpha=0.053 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$

Данные установки PV

- Макс. интенсивность солнечного излучения $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2 \Rightarrow F2=1$
- 18 модулей в линейке ($N_s=18$)
- Макс. температура модуля $60^{\circ}\text{C} \Rightarrow F1=1+\alpha \times (T-25^{\circ}\text{C})=1.02$
- Мин. температура модуля -30°C
- Макс. окружающая температура возле предохранителя 45°C . Понижающий коэффициент номинала тока предохранителей матрицы при такой температуре - 0.95 (см. график выбора понижающего коэффициента ниже)
- Сечение кабеля: $25 \text{ мм}^2 \Rightarrow$ номинал кабеля $I_z = 98 \text{ А}$ при температуре 60°C (по информации производителя)
- 8 линеек параллельно ($N_p=8$)
- 4 матрицы параллельно ($N_A=4$)



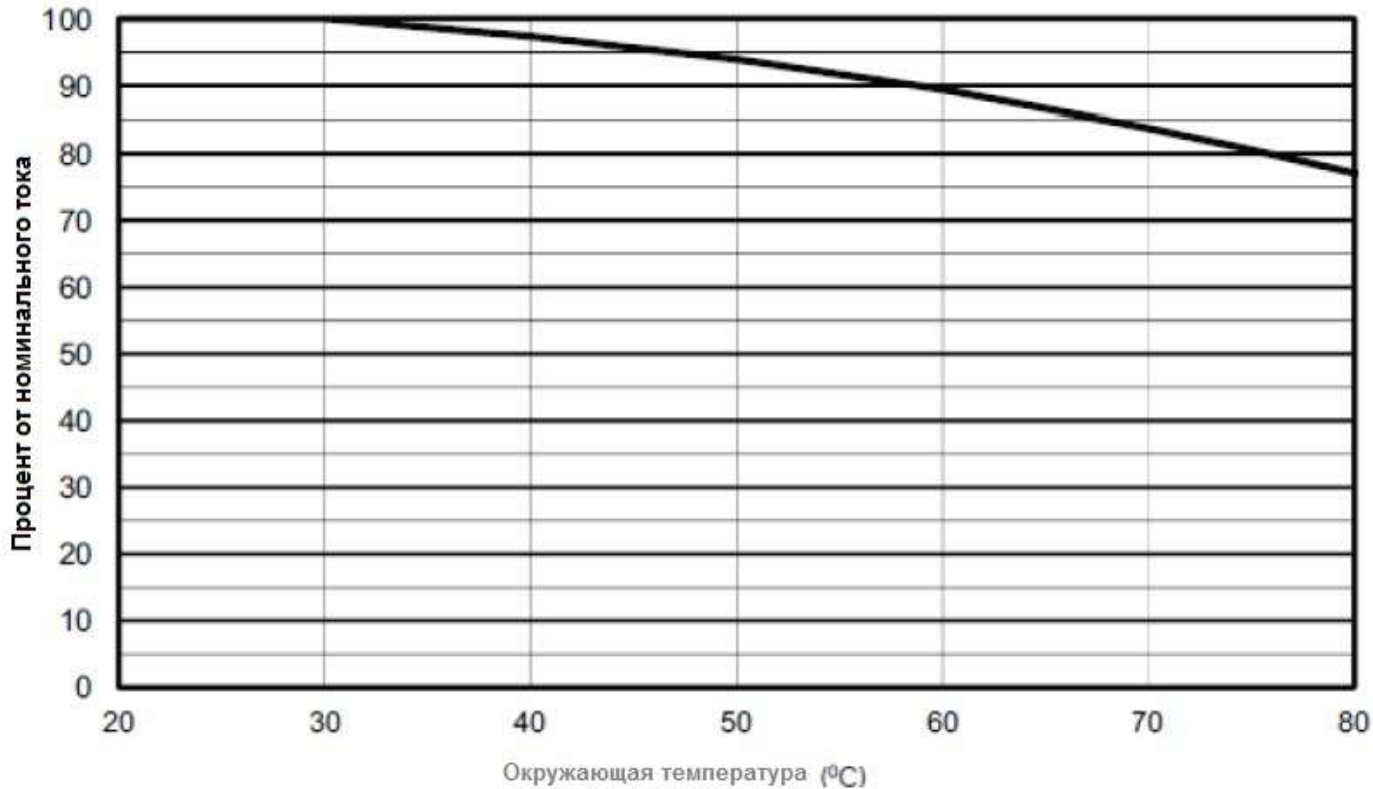
Пример: Выбор предохранителей матрицы PV

Расчёт:

- Допустимый ток кабеля $\geq 1.56 \times 5.37 \times 8 = 67 \text{ A}$.
- Выбранный кабель выдерживает 98 А, что вполне соответствует этому условию.
- Макс. ток короткого замыкания матрицы
$$I_{SC_ARRAY} = (N_A - 1) \times N_p \times I_{SC} \times F1 \times F2 = (4-1) \times 8 \times 5.37 \times 1.02 \times 1 = 131 \text{ A}$$
- $I_{SC_ARRAY} = (131 \text{ A}) > I_z (98 \text{ A})$, следовательно предохранители матрицы необходимы.
- Минимальный ток предохранителя $I_n \geq 1.56 \times I_{SC} \times N_p = 1.56 \times 5.37 \times 8 = 67 \text{ A}$
- Максимальный ток предохранителя $I_n \leq I_z = 98 \text{ A}$
- Минимальное напряжение $U_n \geq 1.2 \times V_{OC} \times N_s = 1.2 \times 43.1 \times 18 = 931 \text{ В}$
- Подбираемый предохранитель должен иметь параметры 80А и напряжение 1000 В DC. Из каталога предохранителей Bussmann это может быть PV-80ANH1 или PV80A-01XL. Допустимая нагрузка по току выбранного предохранителя (при температуре 45°С) $80 \times 0.95 = 76 \text{ A}$, что больше минимального $I_n = 67\text{A}$.



Коррекция номинальных значений тока предохранителей матриц в зависимости от температуры



Преимущества и особенности предохранителей PV от Busmann



- Низкоуровневая защита от аварий
- Вплоть до $1,3 \times I_n$.
- Превосходные циклические возможности
 - Испытано в координации с циклическими условиями, связанными со спецификой работой системы солнечных панелей и влиянием окружающей среды.
- Рассчитаны на напряжение 1000/1500 В постоянного тока
 - Постоянная времени L/R 1мс и ниже.
 - Первые в продаже в диапазоне 1500 В постоянного тока
- Глобальное соответствие мировым стандартам
 - IEC 60269-6, UL 2579, CCC



Спасибо за внимание!

Контакты:

Телефон: 8-800-555-84-55, (495) 739-09-95

www.itecs.ru

itecs@itecs.ru, fuse@bussfuse.ru

Предохранители Bussmann: www.bussfuse.ru

