

Солнечная электроэнергия для начинающих Азбука понятий и принципов

Электронная книга для любителей домашней солнечной энергетики

Автор - Aleksandr [VipMart](#), инженер-электромеханик, основатель одноименного интернет-магазина по продаже товаров для домашней солнечной энергетики, работающего на рынке Украины с 2011 года. Место и год данной публикации - Украина, 2023.

Содержание

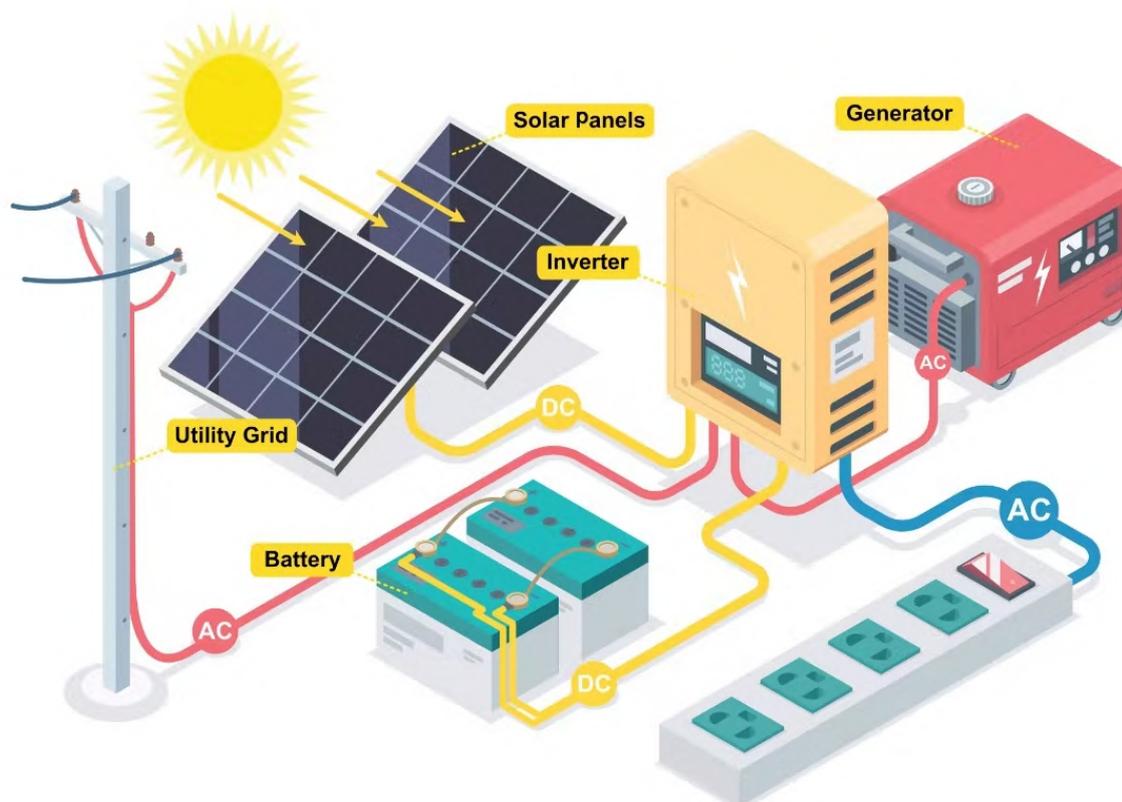
1. Почему именно солнечная электроэнергия?	стр. 2
2. Компоненты солнечной электрической станции переменного тока	2
3. Солнечные батареи (разновидности, важные параметры, схемы подключения)	2
3.1. Разновидности солнечных батарей по типу кристалла преобразователя	2-4
3.2. На основе какого типа кристалла солнечная батарея лучше?	4
3.3. Разновидности солнечных батарей по механическому исполнению	4-8
3.4. Разновидности солнечных ячеек по форме и количеству токоотводящих полос... ..	8-10
3.5. Выходы солнечной батареи	10-11
3.6. Параметры солнечной батареи	11-15
3.7. Параллельное и последовательное соединение солнечных батарей. Необходимые типы переходников при различных типах соединения солнечных батарей	15-18
4. Солнечные контроллеры заряда	18-19
4.1. Типы солнечных контроллеров. MPPT и ШИМ технологии	19-22
4.2. Встроенные и обычные солнечные контроллеры заряда	22
4.3. Параметры солнечного контроллера заряда	23-26
4.4. Возможность работы солнечного контроллера параллельно.....	26
5. Инверторы	26-27
5.1. Правильная или модифицированная синусоида?	27-28
5.1.1. Каковы параметры городской сети и бытовых приборов?	28
5.2. Типы инверторов с правильной синусоидой	28-31
5.3. Параметры инвертора	31-33
6. Аккумуляторы	33-34
6.1. Аккумуляторы с разным напряжением - 12/24/48 и высоковольтные	34-35
6.2. Типы аккумуляторов – стартерные заливные, AGM , GEL , Carbon , LiFePo4	35-40
6.3. Химико-технические параметры аккумулятора LiFePO4	40-42
6.4. Стоит ли собирать аккумулятор LiFePO4 самому или лучше купить готовое решение	42-43
7. Какая солнечная станция нужна для дома? Как рассчитать домашнюю солнечную электростанцию?	43
7.1. Расчет собственной солнечной автономной электростанции на 5 кВт 230В с двумя солнечными полями (без генерации в сеть)	43-49
7.2. Расчет собственной солнечной гибридной электростанции на 6 кВт 230В (с возможностью генерации в сеть)	49-53
7.3. Расчет маломощной собственной солнечной электростанции на 1 кВт 230В (с PWM-контроллером, без генерации в сеть)	53-57
8. Что сдерживает развитие альтернативной энергетики?	57
9. Несколько тезисов о дальнейшем сотрудничестве	58

1. Почему именно солнечная электроэнергия?

- Солнце – самый мощный источник энергии в солнечной системе, который можно считать возобновляемым в рамках миллиардов лет.
- Солнечную электроэнергию можно бесплатно использовать во всех странах.
- Это экологически чистый источник электроэнергии.

2. Компоненты солнечной электрической станции переменного тока

Солнечная электростанция состоит из солнечных батарей, контроллера заряда, аккумуляторов, инвертора, компонентов защиты от перенапряжения и молнии, резервного генератора (для подстраховки).



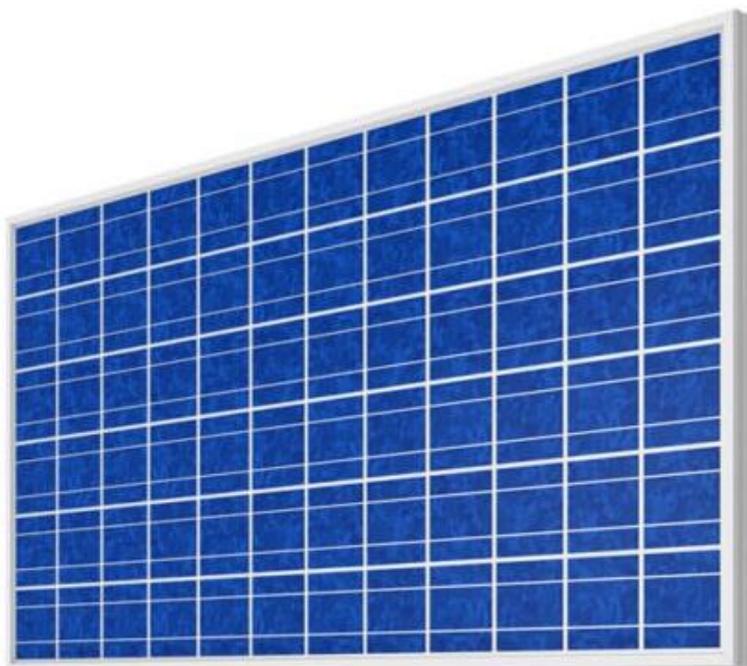
3. Солнечные батареи (разновидности, важные параметры, схемы подключения)

Солнечная батарея – это система объединенных полупроводниковых преобразователей, превращающих солнечную энергию (часть солнечного излучения, достигшую солнечной батареи) в электроэнергию постоянного тока DC стандарта 12, 24, 36, 48 В и выше.

3.1. Разновидности солнечных батарей по типу кристалла преобразователя

1. Поликристаллическая солнечная батарея. На вид синего цвета – самый известный тип кристалла до 2020 года. Солнечные батареи на основе поликристалла, широко доступные в Украине, достигали КПД около 17%.

Так выглядят поликристаллические панели:



2. Монокристаллическая солнечная батарея.

На вид черного цвета, с 2020 года – самая популярная разновидность солнечной батареи; считается более долговечным решением по сравнению с поликристаллом. КПД на 2023 год доступных в Украине моделей моно достигает 21% и ежегодно повышается производителями.

Так выглядит монокристаллическая панель:



3. Тонкопленочные солнечные батареи (разновидности: Thin-film - "TF", CdTe, CIGS, также гибкие из аморфного кристалла (a-Si, TF-Si). На 2019 год в отдельных моделях КПД достигал 22.9%, но, учитывая цену и особенности, которые требуют только трансформаторного инвертора и напряжения панелей около 100 В, не стали широко известны в Украине. Бывают черные и оттенки синего цвета.

Так выглядят тонкопленочные солнечные батареи:



3.2 На основе какого типа кристалла солнечная батарея лучше?

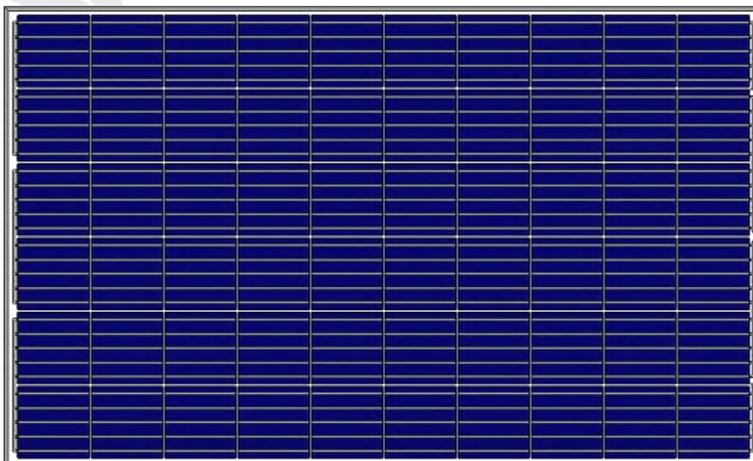
Краткий ответ – монокристаллические панели лучше.

Долго считалось, что монокристалл дороже и имеет лучшую генерацию. Но на 2023 год экспериментально установлено, что монокристалл сравнялся в цене с поли- и имеет преимущества только потому, что этот тип продолжают исследовать и увеличивать КПД. Также долгое время считалось, что монокристалл значительно лучше работает при косвенных солнечных лучах по сравнению с поликристаллом, но на практике разницы более 1% не удалось установить.

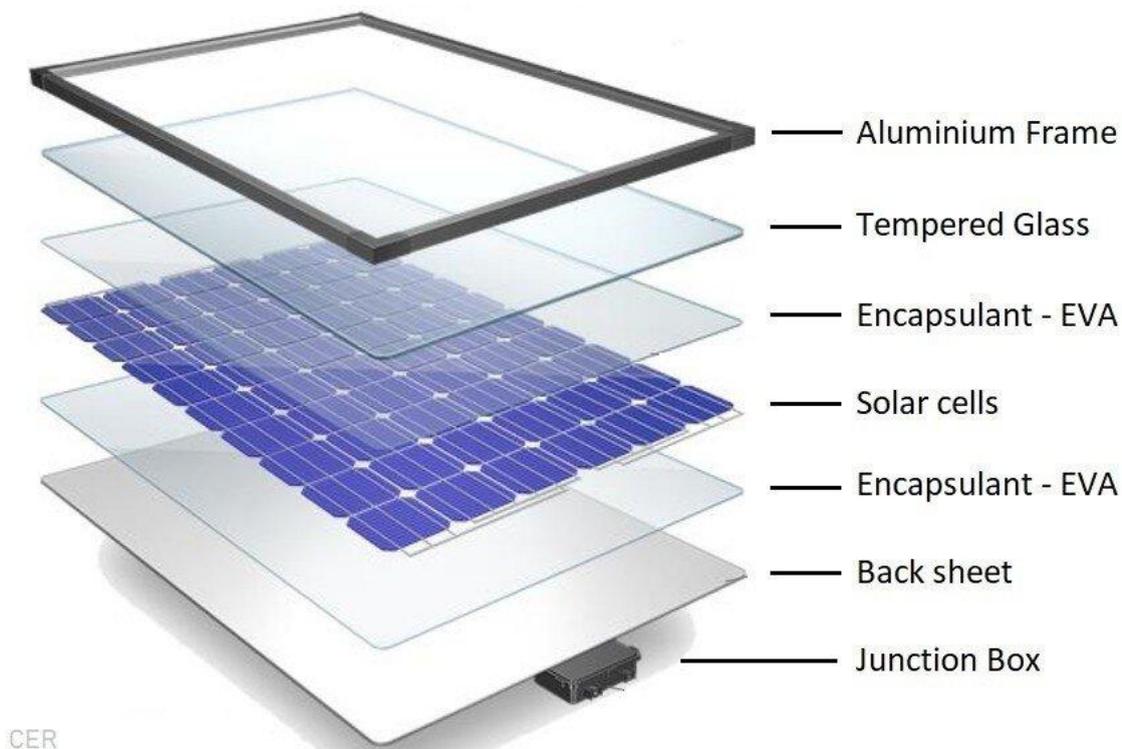
3.3. Разновидности солнечных батарей по механическому исполнению

Все известные типы по кристалличности могут производиться в классическом виде солнечной батареи.

Классический вид солнечной батареи:



Классическая солнечная батарея складывается из алюминиевой рамы, закаленного стекла, экапсультанта EVA, солнечных ячеек (их еще называют solar cell), экапсультанта EVA, задней подложки, распределительной коробки.

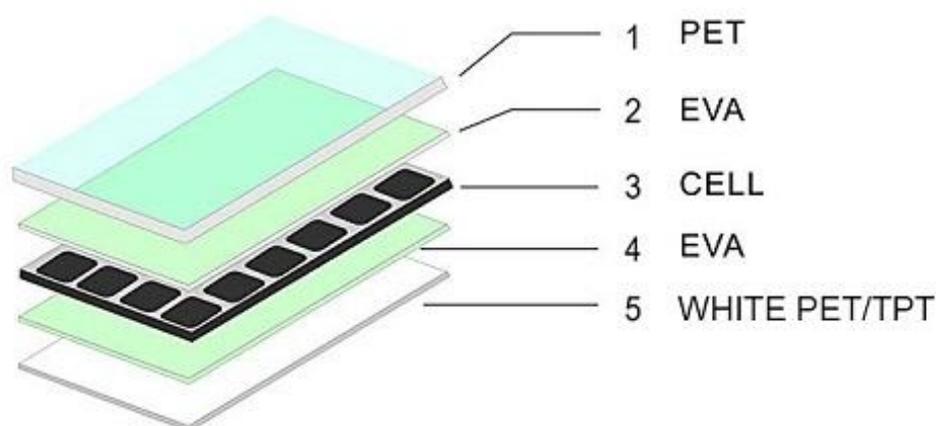


CER

- **Достоинства:** лучшая цена за 1 Вт, механическая стойкость.
- **Недостатки:** высокий вес (от 17 кг при мощности 280 Вт).
- **Область применения:** стационарные, промышленные и домашние солнечные станции.

Полугибкая солнечная батарея.

Полугибкая солнечная батарея состоит из прозрачного покрытия PET или ETFE (покрытие ETFE больше впитывает света за счет пузырьковой структуры, но меньше служит), далее прозрачная EVA пленка, солнечные ячейки, EVA пленка, подложка PET/TPT.



Полугибкая солнечная батарея может изгибаться обычно до 30 градусов, может быть на основе поликристалла или монокристалла.

Из преимуществ: может изгибаться, в десять раз легче классической, не боится вибраций.

Из недостатков: меньший срок эксплуатации, дороже стоит за 1 Вт по сравнению с классическим.

Сфера использования: яхты, катера, колесные дома, переносные станции.

Гибкая (аморфная) солнечная батарея.



Гибкая солнечная батарея может быть на основе разного типа кристалла, чаще это разновидности тонкопленочного и скручивается на 360 градусов.

- **Достоинства:** скручивание на 360 градусов, большая эффективность генерации в пасмурную погоду.
- **Недостатки:** высокая цена, высокое напряжение панели, невысокий КПД, необходимость трансформаторного инвертора.
- Сфера использования: дома на колесах, крыши домов, неровные покрытия.

Солнечная черепица или другое крышное покрытие.



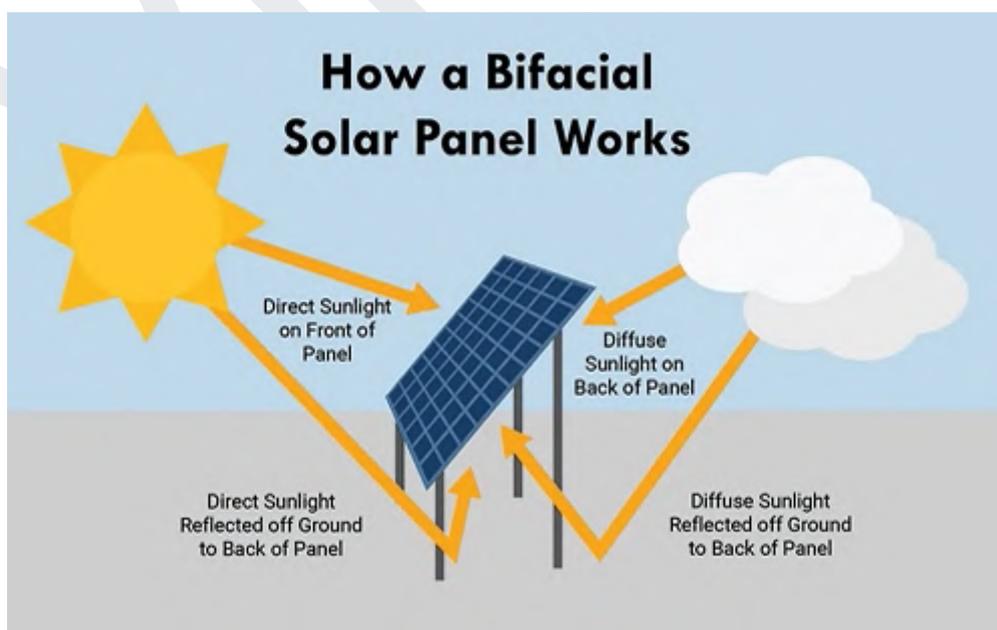
Солнечная черепица обычно производится из тонкопленочных элементов CIGS, но могут быть и разновидности.

- **Достоинства:** заменяет кровельное покрытие и солнечные батареи, прочность, надежность, долговечность, стильный вид.
- **Недостатки:** высокая цена.
- Сфера использования: крыши домов и разных построек.

Двухсторонняя солнечная батарея Bifacial (бывает в алюминиевой раме или без).



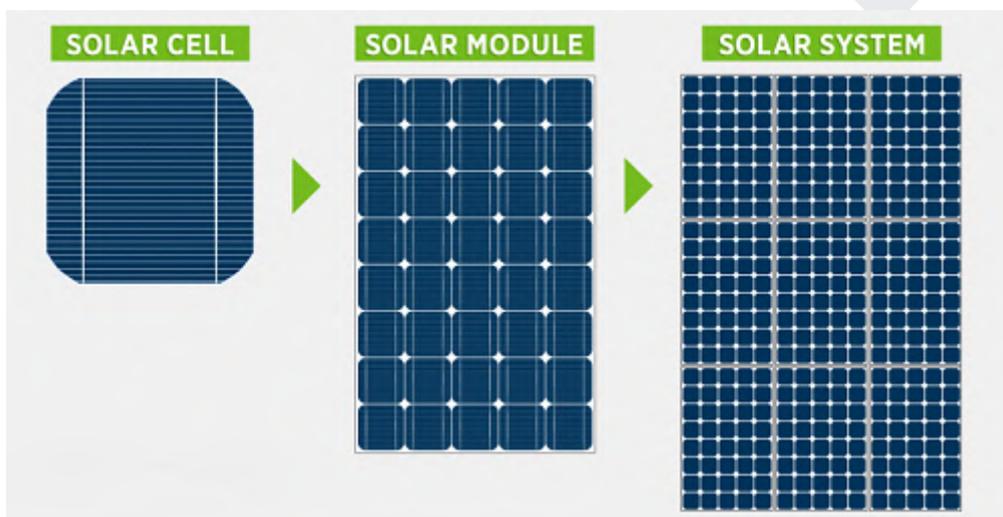
двухсторонняя - солнечная батарея, обычно производимая из монокристаллических ячеек, которые могут воспринимать солнечную энергию не только с фронтальной стороны, но и с тыловой, за счет чего и достигается увеличенное количество электроэнергии на 30 % (зависит от отражающего коэффициента материала, который нужно разместить с задней стороны солнечной батареи).



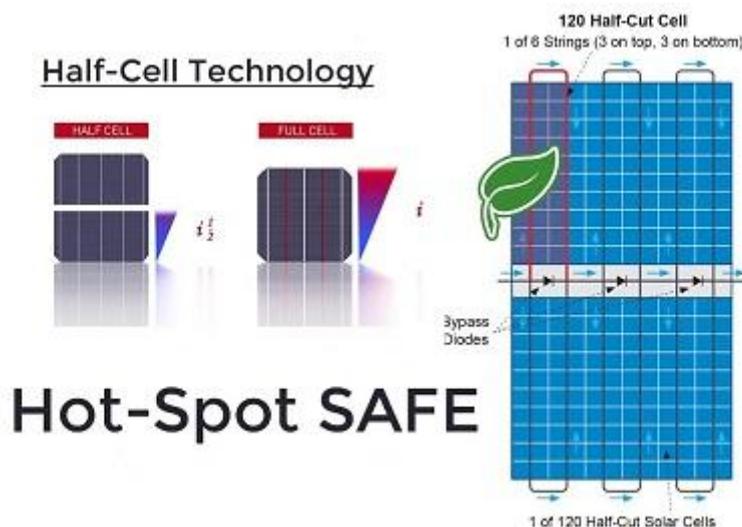
- **Достоинства:** до 30% больше мощность за счет восприятия света с обеих сторон, долговечность за счет стекла с обеих сторон.
- **Недостатки:** вес, необходимость хорошего отражателя лучей.
- Сфера использования: наземная установка, установка на подвесное помещение (например, навес возле сооружений, навес автостанции и т.п.).

Среди всех вариантов солнечных батарей для домашнего использования чаще используют классические солнечные батареи.

3.4. Разновидности солнечных ячеек по форме и количеству токоотводящих полос ВВ



Основной компонент солнечной батареи – это солнечная ячейка (Solar Cell). Для достижения определенных значений напряжения и силы солнечной батареи солнечные ячейки соединяют последовательно и несколько таких групп параллельно. Из солнечных ячеек состоит солнечная батарея (Solar Module), а из солнечных батарей образуется солнечная система (Solar System).

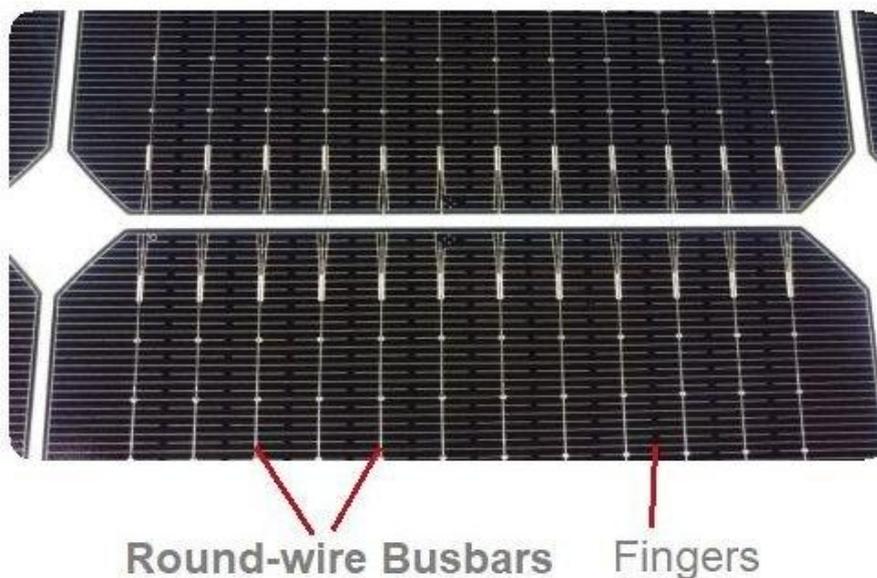


Солнечные ячейки (ячейки) бывают полноразмерные (Full Cell), почти не встречающиеся) и половинчатые (Half Cell). Солнечные батареи на ячейках Half Cell больше генерируют электроэнергию при частичном затенении солнечной батареи.

Солнечная батарея лучше на половинчатых ячейках Half Cell, так как имеет меньшие потери при частичном затенении панели.



Multiple Busbars - MBB

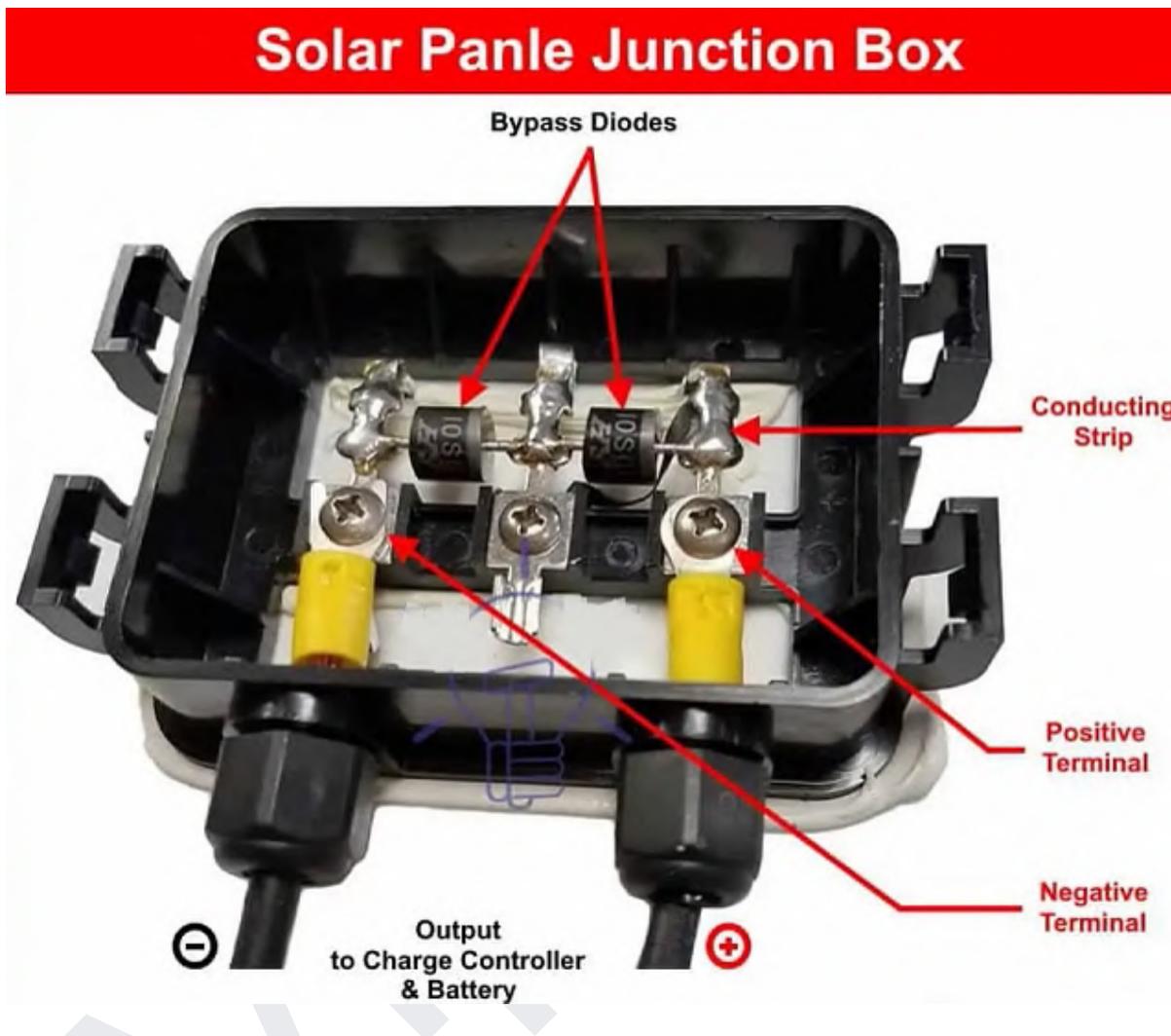


Количество токоотводящих полос (BB – Busbar) в самой простой ячейке 2BB уже редко встречается. Чаще встречаются мультиполосные ячейки (MBB – Multi Busbar). У разных производителей это конкретное количество полос, например, MBB12 – означает что на ячейке 12 токоотводящих шин. Перпендикулярно токоотводящей полосе расположены пальцы (Fingers), которые собирают электроэнергию и передают ее на токоотводящую шину.

Бывают еще ячейки с токоотводящими полосами только с задней стороны для увеличения КПД, но из-за более высокой цены они мало популярны.

Чем больше токоотводящих полос, тем лучше, потому что такая ячейка менее напряжена и долговечна.

3.5. Выходы солнечной батареи



С тыльной стороны солнечной батареи находится распределительная коробка (Junction Box) или несколько. В распределительной коробке установлены байпасные диоды (Bypass Diodes) - 1, 2 или более штуки, которые защищают группу затененных ячеек и уменьшают потери генерации. В идеале нужно, чтобы стоял байпасный диод на каждую солнечную ячейку, но это экономически невыгодно, поэтому устанавливают диоды только на группы ячеек.

Важно!

Байпасный диод не защищает, когда нет солнца от протекания энергии от аккумулятора до солнечной батареи; для этого используется отдельный блокирующий диод, потребитель устанавливает при необходимости

последовательно солнечной батарее. В большинстве случаев блокирующий диод присутствует в солнечном контроллере заряда и защищает от работы солнечной батареи в режиме нагрузки.



Из распределительной коробки выходят два кабеля с коннекторами стандарта MC4 (редко других стандартов).

В мощных солнечных батареях от 200 Вт всегда установлены байпасные диоды и кабели. В маломощных солнечных батареях до 200 Вт часто есть только распределительная коробка без кабелей и иногда встречаются варианты без байпасных диодов.

3.6. Параметры солнечной батареи

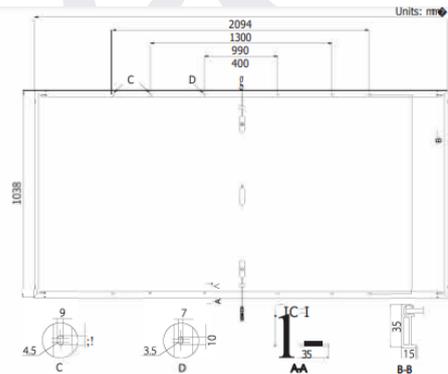
Основные параметры можно увидеть с задней стороны солнечной батареи на ярлыке.



Более подробные параметры пишутся в паспорте – datasheet, который обычно можем найти у продавца или скачать с сайта производителя.

Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6X24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , positive 400 / negative 200mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	23.3kg
Dimension	2094X1038X35mm
Packaging	30pcs per pallet/ 150pcs per 20' GP/ 660pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

	STC: AM1.5 1000W/m ² 25 °C		Test uncertainty for Pmax: +3%				
Power Class	430	435	440	445	450	455	460
Maximum Power (Pmax/W)	430	435	440	445	450	455	460
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48.5	48.7	48.9	49.1	49.3	49.5	49.7
Short Circuit Current (Isc/A)	11.31	11.39	11.46	11.53	11.60	11.66	11.73
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	40.7	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7	41.9
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.57	10.64	10.71	10.78	10.85	10.92	10.98
Module Efficiency(%)	19.8	20.0	20.2	20.5	20.7	20.9	21.2

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5W
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	20A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class I
Fire Rating	UL type 1 or 2

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C

Как видно из паспорта, электрические параметры указаны для условий освещения STC, что соответствует 1000 Вт/м. кв. при температуре +25 градусов. Безусловно, чтобы получить такие параметры, потребителю нужны именно такие условия, а достигнуть их можно летом с 10 до 16 часов, в ясную безоблачную погоду при

температуре панели +25 градусов и размещении солнечной панели к югу под углом 30 градусов к горизонту.

Электрические параметры солнечной батареи (Electrical Characteristics):

- Maximum Power – максимальная мощность 435 Вт. По существу означает максимальную мощность солнечной батареи.
- Open Circuit Voltage – холостое напряжение 48.7 В. Это напряжение без подключенной нагрузки.
- Short Circuit Current – ток короткого замыкания 11.39 А. Это ток, который протекает, если замкнуть выход солнечной батареи.
- Voltage at Maximum Power – напряжение при максимальной мощности 40.9 В.
- Current at Maximum Power – ток при максимальной мощности 10.64 А.
- Module Efficiency – КПД (коэффициент полезного действия) 20 % – показывает насколько эффективна солнечная батарея.

Эксплуатационные параметры (Operating Parameters):

- Operational temperature – температура эксплуатации -40...+85 градусов.
- Power output tolerance – допустимое отклонение мощности 0..+5 %, означает, что допустимое отклонение мощности солнечной батареи от ее номинальной мощности, указанной в паспорте (435 Вт), составит до +21,7 Вт (435×0.05).
- Maximum system voltage – максимальное напряжение в системе 1500 В означает, что безопасно использовать такую солнечную батарею при последовательном подключении в системах с напряжением не более 1500 В.
- Maximum Series Fuse rating – максимальный допустимый номинал предохранителя 20 А. При подключении солнечных батарей параллельно три штуки и больше нужно обязательно установить предохранитель на 20 А.

Температурные коэффициенты (Temperature Ratings STC):

- **Температурный коэффициент I_{sc}** - сокращен от $I_{sc} TC$ или температурный коэффициент тока короткого замыкания. В солнечной батарее показывает, насколько изменяется ток короткого замыкания (I_{sc}) относительно изменения температуры.
- **Температурный коэффициент V_{oc}** - сокращен от $V_{oc} TC$ или температурный коэффициент напряжения холостого хода. В солнечной батарее показывает, насколько изменяется напряжение холостого хода (V_{oc}) относительно изменения температуры, а именно -0.27 %/C. То есть при температуре +26 градусов холостое напряжение уменьшится и составит $48.7 - 0.27\% = 48.56$ В. Одновременно с уменьшением температуры сопротивление материала солнечной батареи уменьшается, что приводит к увеличению напряжения.
- **Температурный коэффициент P_{max}** - температурный коэффициент максимальной мощности -0.35 %/C означает зависимость максимальной мощности (P_{max}) от температуры. Этот коэффициент указывает на то, как изменяется электрическая мощность, которую может выдавать солнечная батарея при изменении ее температуры. При увеличении температуры максимальная мощность солнечной батареи уменьшается, поэтому ее

Temperature Coefficient of Pmax является отрицательным значением. Это связано с уменьшением напряжения и увеличением тока в солнечной батарее при увеличении температуры, что приводит к уменьшению максимальной мощности, которую может выдавать батарея. Важно, что при уменьшении температуры мощность солнечной батареи обычно увеличивается. Это связано с тем, что при уменьшении температуры уменьшается сопротивление внутреннему электрическому току солнечной батареи, что позволяет увеличить выходное напряжение и повысить мощность. То есть при температуре +26 градусов мощность снизится и составит $435 \cdot 0.35\% = 433,47$ Вт.

Внимание! Обязательно учитывается при расчете солнечной станции **Температурный коэффициент Voc**. Например, в солнечной панели из нашего расчета на 48.7 В при морозе - 25 градусов холостое напряжение солнечной панели увеличится и составит $48.7 + (50 \text{ градусов} \times 0.27\%) = 48.7 \text{ В} + 13.5\% = 55.27$ В. Если не учесть коэффициент напряжения может сгореть солнечный контроллер, который может работать только в определенном диапазоне напряжения.

Механические нагрузки (Mechanical Loading):

- **Передняя сторона Максимальная статическая нагрузка** - максимальная допустимая статическая нагрузка на переднюю часть 5400 Па. Это максимальная допустимая нагрузка, которая применима к передней стороне (фотоэлементам) солнечной батареи без повреждения ее элементов и без потери функциональности. Значение определяется разработчиками солнечных батарей при тестировании и сертификации продукта.
- **Задняя Боковая максимальная статическая нагрузка** - максимальная допустимая статическая нагрузка на заднюю часть 2400 Па солнечной батареи, которая применима без повреждения ее элементов и без потери функциональности. Это значение также определяется разработчиками солнечных батарей при тестировании и сертификации продукта.
- **Испытание градом** - тест на град. Выдерживает град диаметром 25 мм при скорости 23 м/с. Это испытание, применяемое для определения устойчивости солнечной батареи к удару града. Во время тестирования солнечную батарею подвергают удару град различных размеров и скоростей, чтобы проверить, насколько она способна выдержать такие условия. Испытания проводят в специальных камерах, где град управляется подается на солнечную батарею под разными углами и с разных высот. По окончании тестирования солнечную батарею оценивают наличие повреждений, таких как трещины или разламывание, которые могут снизить ее функциональность или даже привести к полному отказу. Если солнечная батарея успешно проходит испытание на градостойкость, то ее считают безопасной для эксплуатации в условиях, где есть риск падения града.

Механические параметры (Mechanical Parameters):

- **Ориентация ячейки** - ориентация ячеек 144 (6x24). Пространственная ориентация ячеек: 6 штук в ширину и 24 в высоту, всего 144 ячейки.

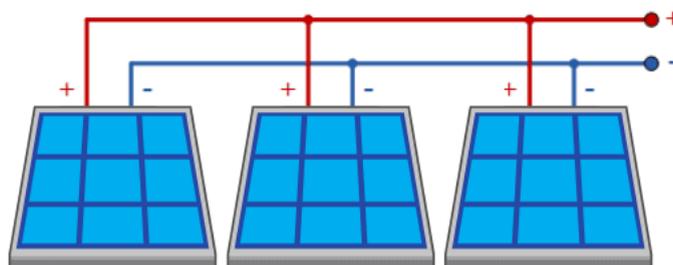
- **Распределительная коробка**- распределительная коробка исполнения IP68 с тремя байпасными диодами.
- **Выходной кабель** – выходной кабель площадью 4 мм кв. 400 мм + и 200 мм -, такая длина может изменяться производителем.
- **Стекло** – одно стекло, толщина 3.2 мм, закаленное стекло с покрытием.
- **Рамка** - рама из анодированного алюминиевого сплава.
- **Масса** – вес 23.3 килограмма.
- **Измерение** – размер 2094 x 1038 x 35 мм. Подразумевается длина солнечной батареи 2094 мм, ширина 1038 мм и толщина рамы 35 мм.

Важно! Рассматривать паспортные данные следует именно от производителя и на английском, так как при переводе и других описаниях могут быть существенные ошибки.

3.7. Параллельное и последовательное соединение солнечных батарей. Необходимые типы переходников при разных типах соединения солнечных батарей

Параллельное подключение солнечных батарей.

Solar Panels In Parallel



При параллельном подключении солнечных батарей положительный полюс одной солнечной батареи соединяется с положительным полюсом всех остальных батарей, а отрицательный полюс соединяется со всеми отрицательными полюсами батарей. Суммарное напряжение при этом всей системы равняется напряжению одной солнечной батареи ($U=U_1$), а сила тока суммируется и равняется сумме токов всех солнечных батарей ($I=i_1+i_2+i_3$). Общая мощность будет являться суммой мощностей каждой солнечной батареи ($P=p_1+p_2+p_3$).

К примеру, возьмем солнечную батарею 435 Вт со следующими параметрами:

- Максимальная мощность - 435 Вт
- Напряжение при максимальной мощности - 40,9 В
- Ток при максимальной мощности - 10,64 А

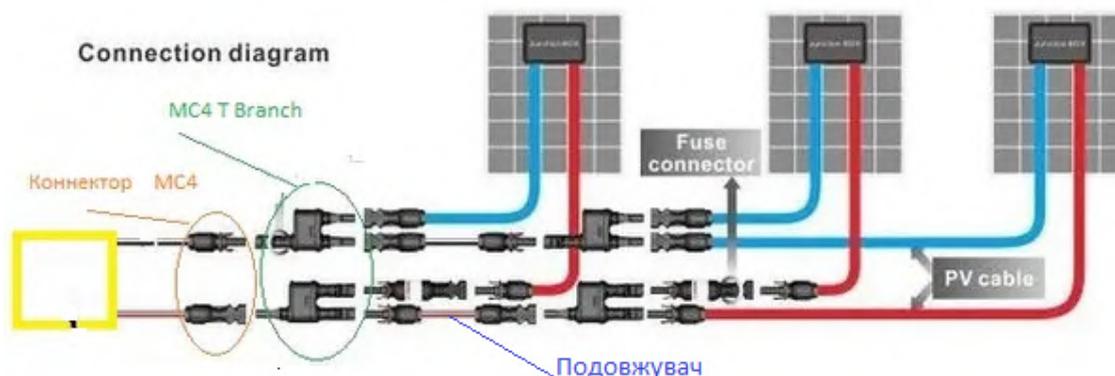
При параллельном соединении трех таких солнечных батарей по 435 Вт:

- Р Общая мощность солнечной системы: 435 Вт + 435 Вт + 435 Вт = 1305 Вт
- Напряжение U при максимальной мощности: 40,9 В
- Ток I при максимальной мощности: 10,64 А +10,64 А+10,64 А =31,92 А.

Важно! При параллельном соединении солнечных батарей допускается использование одинаковых моделей или с отличием параметров напряжения и тока не более 5%.



Для соединения двух солнечных батарей в параллель нужно два коннектора [MC4 T-Branch](#) (принято называть одна пара коннекторов MC4 T-Branch) и одна пара коннекторов [MC4](#).

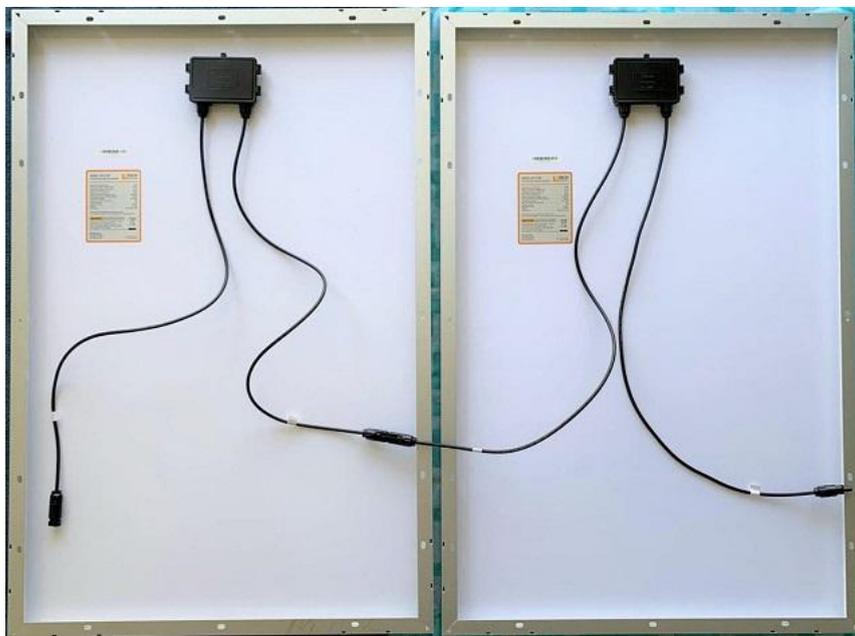


Для соединения трех или более солнечных батарей в параллель понадобится три пары или более коннекторов [MC4 T-Branch](#) и одна пара коннекторов [MC4](#). Если параллельно соединить более двух солнечных батарей, то понадобятся удлинители, которые обычно производят по месту из солнечного кабеля и пара коннекторов MC4. В противном случае фабричные выходы не дотянутся до общей точки соединения.

Важно! При параллельном соединении общий ток суммируется и может быть значительным, что при определенных условиях может привести к повреждениям. Поэтому обязательно использование предохранителей при подключении трех солнечных батарей и более. Также важно помнить, что большинство коннекторов рассчитывается на 30 А. Если общий ток превышает 30 А обычно отказываются от

коннекторов и используют электрические соединительные шины необходимого тока из нержавеющей стали или латуни.

Последовательное соединение солнечных батарей:



При последовательном соединении солнечных батарей плюсовой коннектор одной батареи подключается к минусовому коннектору следующей. Для последовательной системы для того чтобы подсоединить ее к контроллеру заряда обычно достаточно солнечного кабеля и пара “[Коннектор MC4](#)”. Такое соединение обеспечивает увеличение напряжения, а не тока. Поэтому, если вам нужно увеличить напряжение солнечной системы, вы можете соединить батареи последовательно.

$$U = u_1 + u_2 + u_3$$

$$I = i_1$$

$$P = p_1 + p_2 + p_3$$

Важно! При последовательном соединении солнечных батарей допускается использование одинаковых моделей или с отличием параметров напряжения и тока не более 5%.

К примеру, возьмем солнечную батарею 435 Вт со следующими параметрами:

Максимальная мощность - 435 Вт

Напряжение при максимальной мощности - 40,9 В

Ток при максимальной мощности - 10,64 А

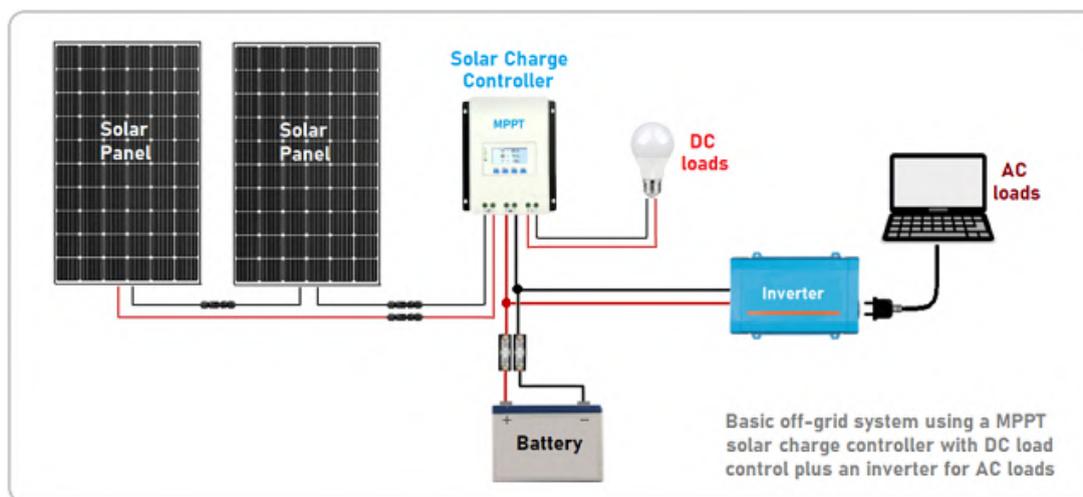
При последовательном соединении трех таких солнечных батарей по 435 Вт:

- P Общая мощность солнечной системы: 435 Вт +435 Вт+435 Вт.=1305 Вт
- U Напряжение при максимальной мощности: 40,9 В+40,9 В +40,9 В =122,7 В
- Ток I при максимальной мощности: 10,64 А

Следует отметить: всегда нужно делать последовательное соединение где это возможно, так как при последовательном соединении увеличивается напряжение, а не ток, в отличие от параллельного соединения будет меньше потерь в кабелях.

Примечание. При параллельном или последовательном соединении солнечных батарей изменяются суммарные параметры системы напряжения и тока, а мощность в любом случае остается одинаковой, в нашем случае $P=1305$ Вт, так как действует закон сохранения энергии.

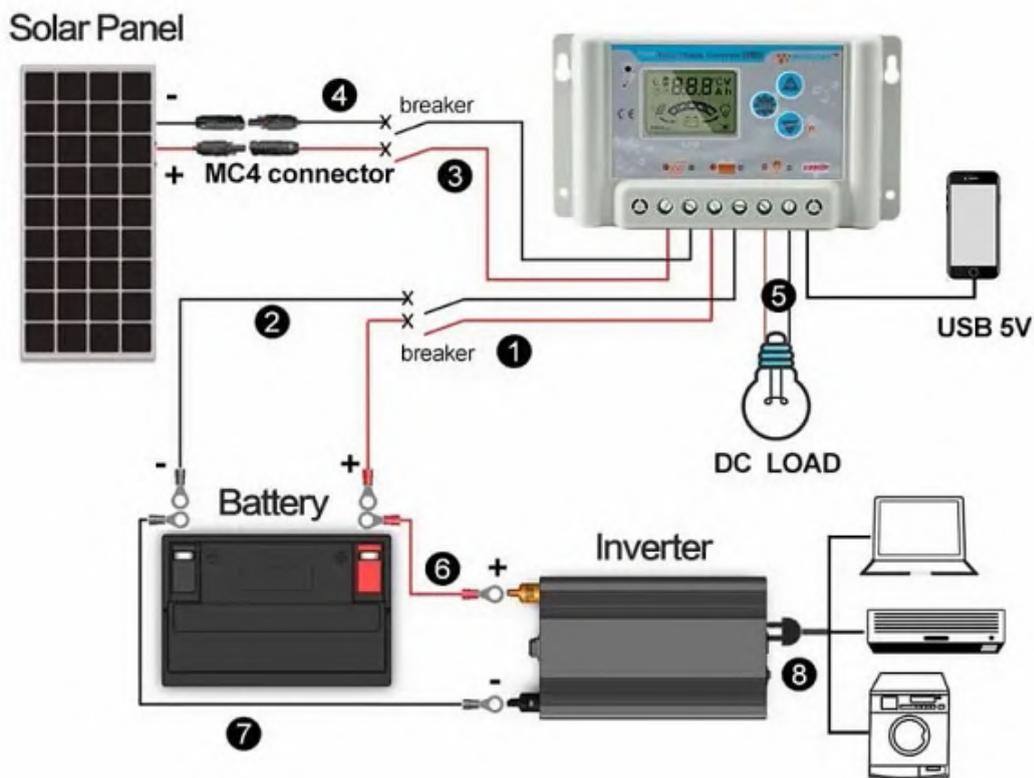
4. [Солнечные контроллеры заряда](#)



Солнечный контроллер заряда (Solar Charge Controller) это электронное устройство, которое используется для управления процессом заряда аккумулятора от солнечных панелей. Он регулирует напряжение и ток, идущие к батарее, чтобы обеспечить эффективный и безопасный заряд.

Солнечный контроллер заряда может иметь различные функции, такие как защита от перезаряда, защита от чрезмерного разряда, защита от короткого замыкания, регулировка напряжения и тока заряда, а также может иметь разные режимы работы, такие как ручной и автоматический.

Солнечные зарядные контроллеры используются в солнечных энергетических системах для обеспечения эффективного и безопасного заряда аккумуляторных батарей от солнечных панелей. Они являются необходимым компонентом для любой солнечной энергетической системы, включающей аккумуляторные батареи.



Важно!

1. К солнечному контроллеру заряда первым всегда подключается аккумулятор "Battery 7" (по напряжению которого контроллер понимает, с каким стандартом напряжения аккумулятора придется работать и активирует определенную схему работы), а затем уже солнечные батареи "Solar Panel".
2. В солнечном контроллере заряда имеется выход на нагрузку "DC Load 5", к которому можно подключать только освещение на лампах накаливания (категорически запрещено подключение другой индукционной нагрузки, например инвертора, импульсного блока питания и т.д., так как выход контроллера электронный и выйдет из строя). При необходимости подключения индукционной мощной нагрузки с коммутацией через контроллер на выход DC Load 5 подключают электромагнитное реле, а реле уже управляет пускателем, подключенным к аккумулятору.
3. Инвертор "Inverter 6" подключается всегда к аккумулятору "Battery 7" напрямую или через выключатель.
4. Иногда у солнечного контроллера есть другие выходы – USB (для зарядки мобильного телефона), другие выходы обмена данными.

4.1. Типы солнечных контроллеров. [MPPT](#) и [ШИМ](#) технология

Существуют два основных типа солнечных контроллеров:

- МППТ "[MPPT](#) (Отслеживание максимальной мощности)"

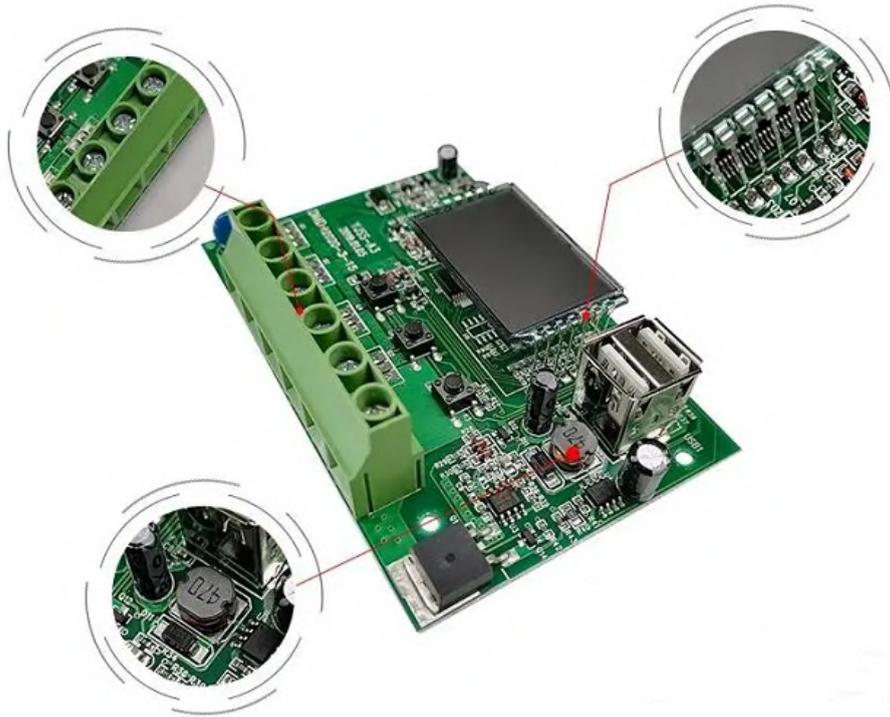
- ШИМ "[PWM](#) (Широтно-импульсная модуляция)".

[PWM-контроллер](#) работают, изменяя ширину импульсов с напряжения солнечной панели, что позволяет снизить выходное напряжение и сохранить электрическую энергию. Они проще и дешевле по сравнению с MPPT-контроллерами, но менее эффективны при работе с солнечными панелями большой мощности.

[MPPT-контроллеры](#), вместо этого, используют сложные алгоритмы для отслеживания точки максимальной мощности солнечных панелей. Это позволяет получать больше электроэнергии при работе с большими панелями и в условиях незначительной освещенности. MPPT-контроллеры более эффективны, но стоят дороже по сравнению с PWM-контроллерами.



[Внешний вид PWM солнечного контроллера заряда.](#)



Плата PWM солнечного контроллера заряда легкая, не содержащая мощных индуктивных катушек.



[Внешний вид MPPT солнечного контроллера заряда.](#)



Плата MPPT солнечного контроллера заряда содержит габаритные катушки индуктивности Copper Coil Transformer, поэтому такой контроллер имеет больший вес, чем PWM.

Важно!

1. **PWM** Солнечный контроллер заряда по существу срезает параметры солнечной батареи и не умеет преобразовывать и увеличивать напряжение, поэтому и применяется такой тип контроллера в маломощных системах, где стандарт напряжения солнечного поля такой же, как стандарт напряжения аккумулятора. Из преимуществ – невысокая цена контроллера.
2. **MPPT** солнечный контроллер умеет преобразовывать напряжение солнечных батарей в большее или меньшее благодаря тому, что в схеме реализовано преобразование постоянного тока в постоянный необходимых значений (DC to DC). Так как есть возможность преобразования параметров солнечной батареи в оптимальные значения, то достигается и большее КПД и при определенных обстоятельствах увеличение снятия электроэнергии с солнечной батареи на 30%. Подходит для любых стандартов солнечной батареи и аккумулятора. Из минусов – высокая цена.

4.2. Встроенные и обычные солнечные контроллеры заряда



Так выглядит обычный солнечный контроллер заряда (выше).



Так смотрится встроенный солнечный контроллер заряда в инвертор. По существу мы видим в одной части инвертор, в который встроен солнечный контроллер заряда, а в другой – терминалы подключения к инвертору и контроллеру.

Что встроенный, что и обычный контроллеры заряда могут иметь одинаковые параметры и не иметь отличий, но обычно встроенный контроллер уже имеет интеграцию с инвертором, что дает возможность большей гибкости в автоматизации режимов работы.

4.3. Параметры солнечного контроллера заряда

Рассмотрим параметры контроллера [Tracer 4210AN](#). Обычно параметры контроллера можно найти в инструкции “manual” или в паспорте “datasheet”.

Item	Tracer 1206AN	Tracer 2206AN	Tracer 1210AN	Tracer 2210AN	Tracer 3210AN	Tracer 4210AN
System nominal voltage	12/24VDC ^① Auto					
Rated charge current	10A	20A	10A	20A	30A	40A
Rated discharge current	10A	20A	10A	20A	30A	40A
Battery voltage range	8~32V					
Max. PV open circuit voltage	60V ^② 46V ^③		100V ^② 92V ^③			
MPP voltage range	(Battery voltage +2V)~ 36V		(Battery voltage +2V)~ 72V			
Max. PV input power	130W/12V 260W/24V	260W/12V 520W/24V	130W/12V 260W/24V	260W/12V 520W/24V	390W/12V 780W/24V	520W/12V 1040W/24V
Self-consumption	≤12mA					
Discharge circuit voltage drop	≤0.23V					
Temperature compensate coefficient ^④	-3mV/°C/2V (Default)					
Grounding	Common negative					
RS485 interface	5VDC/100mA					
LCD backlight time	60S (Default)					

①When a lead-acid battery is used, the controller hasn't the low temperature protection.

②At minimum operating environment temperature

③At 25°C environment temperature

④When a lithium-ion battery is used, the system voltage can't be identified automatically.

Environmental Parameters

Working environment temperature*	-25°C~+50°C(100% input and output)
Storage temperature range	-20°C~+70°C
Relative humidity	≤95%, N.C.
Enclosure	IP30

◆The controller can full load working in the working environment temperature, When the internal temperature is 81°C, the reducing power charging mode is turned on. Refer to P24.

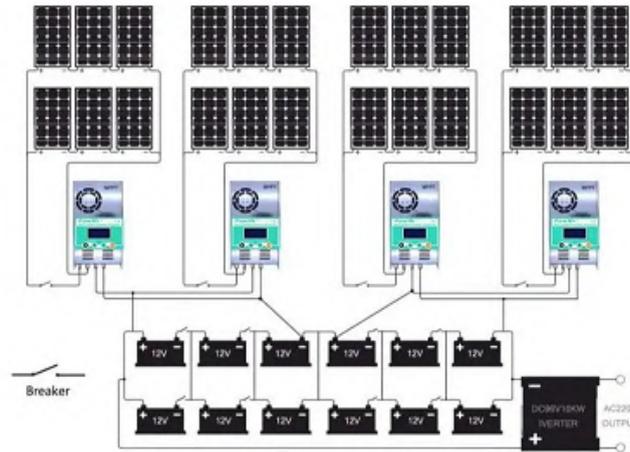
Рассмотрим часть параметров, касающуюся только нашей модели Tracer 4210AN:

- System nominal voltage 12/24 VDC Auto – номинальное напряжение системы, то есть возможное напряжение аккумулятора, может быть стандарта 12 В или 24 В и распознается автоматически контроллером после подключения аккумулятора (реже встречаются контроллеры, у которых напряжение стандарта АКБ должно устанавливаться вручную).
- Rated charge current 40 A – максимальный зарядный ток. То есть максимальный ток, который может подать контроллер на АКБ 40А.

- Rated discharge current 40 A – максимальный ток разряда. То есть максимальный ток, который контроллер может принять с АКБ и передать на нагрузку составляет 40 А.
- Battery voltage range 8...32 V – диапазон напряжения АКБ. То есть минимальное напряжение АКБ 8 В, а максимальное 32 В.
- Max. PV open circuit voltage 100 V/92 V – максимальное холостое напряжение (без нагрузки) солнечной батареи. Означает (согласно пояснению ниже таблицы), что при минимальной температуре эксплуатации контроллера холостое напряжение может быть до 100 В, а при температуре +25 градусов холостое напряжение допускается не более 92 В.
- Max. PV input power 520W/12V 1040W/24V – максимальная мощность солнечных панелей при напряжении АКБ 12 В составляет 520 Вт и при напряжении АКБ 24 В до 1040 Вт.
- Self-consumption $\leq 12\text{mA}$ – собственное потребление контроллером меньше или равняется току 12 мА.
- Discharge circuit voltage drop $\leq 0.23\text{V}$ - падение напряжения через контроллер при разряде будет равно 0.23 В или меньше.
- Temperature compensate coefficient $-3\text{mV}/^\circ\text{C}/2\text{V}$ (Default) – температурный коэффициент компенсации (по умолчанию). Указывает, на какое значение будет откорректировано напряжение при изменении температуры АКБ.
- Grounding Common negative – заземление через отрицательный полюс означает, что заземление осуществляется через общий отрицательный электрод (землю) системы. В такой системе электрический потенциал всех отрицательных электродов совпадает с электрическим потенциалом земли. Это позволяет снизить электрические помехи и улучшить электромагнитную совместимость (EMC) системы.
- RS485 interface 5VDC/100mA – это означает, что в контроллере присутствует интерфейс передачи данных RS485 и он может питать устройства 5 В 100 мА (например выносной дисплей).
- LCD backlight time 60S (Default) – означает, что подсветка экрана жидкокристаллического дисплея (LCD) будет выключена автоматически через 60 секунд неактивности. Это типичная настройка по умолчанию для многих электронных устройств с LCD-экраном. Эта функция полезна для сохранения энергии батареи и продления времени работы устройства от одной зарядки. Однако, если вы хотите изменить эту настройку, обычно можно изменить время, в течение которого подсветка экрана будет оставаться включенной после последней активности пользователя.
- Working environment temperature $-25^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$ (100% input and output) – рекомендуемая температура эксплуатации составляет от минус 25 до +50 градусов Цельсия.
- Enclosure IP30 – рейтинг исполнения для корпуса устройства IP30 означает, что оно обеспечивает защиту от твердых предметов, размером более 2,5 мм в диаметре, но не обеспечивает защиту от жидкостей.
- Примечание Системный контроллер может полностью заработать в рабочей среде, когда внутренняя температура является 81°C , reduction power charging mode turned on. Refer to P24. – Этот контроллер может работать с полной нагрузкой в рабочих условиях, но если внутренняя температура достигнет 81°C ,

то будет активирован режим уменьшения мощности во время зарядки. Информацию об этом режиме можно найти в руководстве на стр. 24.

4.4. Возможность работы солнечного контроллера параллельно



you can Put two pieces 40A in parallel , So total is MPPT 80A
 Put two pieces 50A in parallel ,So total is MPPT 100A
 Put two pieces 60A in parallel ,So total is MPPT 120A

pay attention to the solar panels connected should be completely same(the same brand) and batteries connected should be completely same(the same brand) .the two controllers should be completely same (the same brand).This three do not necessarily require the same brand, Otherwise it is very easy to damage the battery.

В большинстве случаев солнечные контроллеры не умеют работать в параллели, если иное не указано в инструкции, но есть контроллеры (например, [PowMr MPPT-60A](#)), которые могут работать в параллели при условии, что подключены к каждому контроллеру одинаковые солнечные батареи, одинаковые настройки контроллеров, одна группа АКБ и одинаковые кабели.

5. Инверторы

Инвертор – это электронный прибор, превращающий постоянный ток DC в переменный ток AC. В нашем случае постоянный ток из солнечной батареи или аккумулятора преобразуется в переменный ток с параметрами городской сети.

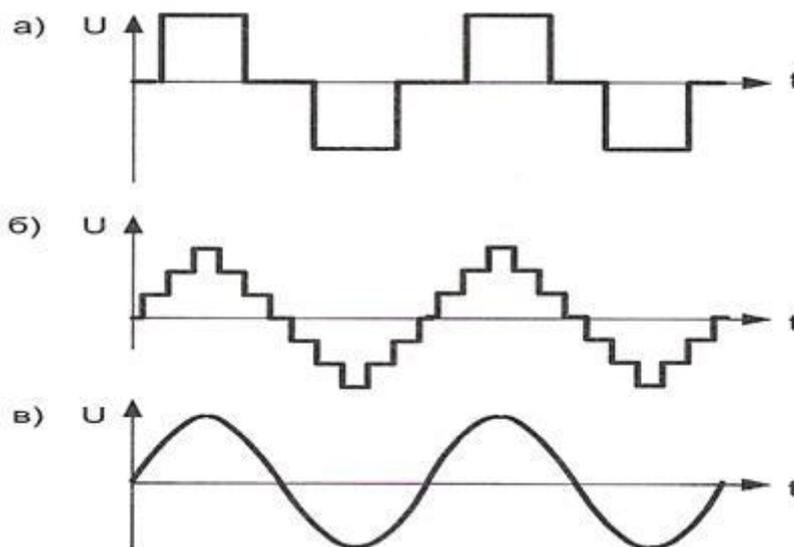


Постоянный ток (DC) на графике нанесен красной линией - это прямая во времени т.е. значения тока (i) и напряжения (v) имеют постоянные значения и одинаковую полярность все время. Это электрический ток,двигающийся в одном направлении без изменения его направления со временем. Он обычно используется в электронных приборах, таких как аккумуляторы, сенсоры, электродвигатели и другие устройства, требующие постоянного тока для своей работы. Постоянный ток может быть снабжен с помощью источников питания, таких как солнечные батареи, аккумуляторы, блоки питания и другие.

Переменный ток (AC) на графике нанесен зеленым цветом и имеет форму синусоиды с периодом 1\50 секунды - то есть значение тока (i) и напряжения (v) изменяется с частотой 50 Гц. Это тип электрического тока, в котором направление электрического тока периодически меняется во времени. Переменный ток является основным типом тока, используемого в электрических сетях и многих электронных устройствах, поскольку его можно трансформировать в другие напряжения и мощности с помощью трансформаторов и инверторов. В переменном токе периодически изменяется напряжение и ток, образуя волны, которые могут быть синусоидальными или другими формами. В переменном токе есть частота, определяемая количеством циклов на одну секунду и измеряемая в герцах (Гц). В большинстве стран переменный ток имеет частоту 50 или 60 Гц.

Инвертор преобразует (инвертирует) постоянный ток DC в переменный ток AC определенной частоты (для бытовых приборов 50 Гц).

5.1. Правильная или модифицированная синусоида?



На графике в) нанесено **правильную (чистую, точную) синусоиду**. Правильная синусоида – это сигнал, который математически описывается функцией синуса и имеет гладкую периодическую форму. Ее график подобен волне, которая постоянно повторяется с одинаковым периодом, амплитудой и фазой.

На графиках **а)** и **б)** нанесено **модифицированные синусоиды**, которые имеют разные отклонения по сравнению с правильной синусоидой. Модифицированная синусоида (Modified sine wave) – это вид тока, имеющий форму, напоминающую синусоиду, но имеющую меньшую точность и неравномерный переход между положениями вершин и нулей. Ее можно получить с использованием набора прямоугольных сигналов, состоящих из разных частот и амплитуд.

5.1.1 Каковы параметры городской сети и бытовых приборов?

Городская сеть и бытовые приборы **десятилетиями разрабатывались под правильную синусоиду**, поэтому инвертор нужно покупать именно с правильной синусоидой.

Что будет, если к бытовому прибору подключить инвертор с модифицированной синусоидой? Большинство приборов, которые имеют индуктивные нагрузки и двигатели (газовые котлы, холодильники, кондиционеры, насосы, компьютеры), не будут корректно работать и необычно шуметь, а через некоторое время выйдут из строя.

Приборы, которые можно питать от модифицированной синусоиды – светодиодные лампы, зарядные устройства для телефонов, электрические плитки, могут работать нормально от модифицированной синусоиды. Следовательно, все бытовые приборы можно питать гарантированно только правильной синусоидой и параметрами городской сети в соответствии с ДСТУ EN 50160-2014:
Напряжение - 230 В (+10%/-15%).
Частота - 50 Гц ($\pm 1\%$).

5.2. Типы инверторов с правильной синусоидой

Так как для бытовых приборов в большинстве случаев нужна правильная синусоида, то будем рассматривать далее только инверторы с правильной синусоидой.

Следовательно, инверторы делят на следующие типы:

1. **Интерактивный OFF-line Источник бесперебойного питания (ИБП, UPS)** - состоит в одном корпусе из инвертора, иногда стабилизатора напряжения городской сети (AVR), шнура с вилкой "вход" от городской сети (AC in), выхода "розетка" нагрузки (AC out), кабелей входа от аккумулятора (Battery in) ИБП с выносным АКБ, зарядным устройством от сети.

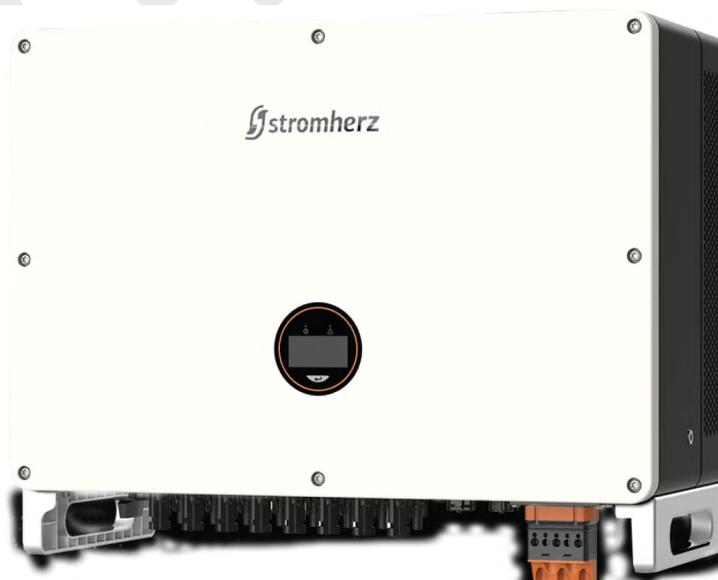


- a. Существуют также, кроме OFF-line ИБП, еще и ON-line ИБП или ИБП с двойным преобразованием с разницей в том, что при исчезновении городской сети OFF-line ИБП переключается на работу от АКБ за 20 мс, а ON-line ИБП за 0 мс. что важно для некоторой чувствительной техники.
 - b. Отдельно также применяются ИБП со встроенным АКБ небольшой емкости, которой достаточно для питания нагрузки малого промежутка времени 5...15 минут, чтобы успеть корректно завершить работу компьютера, станка и подобного. Такие ИБП в большинстве случаев имеют модифицированную синусоиду, поэтому не будем их рассматривать подробно.
2. **Автономный OFF-line Инвертор для солнечных батарей** (ИБП для солнечных батарей) состоит из инвертора, зарядного устройства от сети, солнечного зарядного контроллера PWM или MPPT (один вход или больше), входа аккумулятора, входа городской сети AC in (один или несколько), выхода на нагрузку AC out (один или больше), разных портов обмена данными.



Есть также и ON-line версии таких инверторов, но нередко разработка применяется псевдо онлайн.

3. **Сетевой инвертор (grid tie, online)** состоит из инвертора, солнечного контроллера MPPT (одного или нескольких), блока синхронизации с городской сетью. К такому инвертору нельзя подключить аккумулятор.



Применение:

- Генерация в городской сети энергии для продажи.
- При подключении специального ограничителя генерации большинство моделей может питать домашние потребители при подключенной городской сети.
- При большом тарифе, например, для компаний уменьшает затраты на электроэнергию при подключении ограничителя поколения.
- При ограничении максимальной мощности потребления объекта из сети может увеличить мощность для собственного потребления (необходим ограничитель генерации)

Из недостатков такого инвертора главный – инвертор перестает работать при исчезновении городской сети и отсутствии возможности подключить аккумулятор.

Среди сетевых инверторов есть подкатегория **микроинверторов (MicroInverter)** с одним отличием: к микроинвертору подключается не большое количество солнечных батарей, а одна или две.



4. **Гибридный инвертор (hybrid, grid tie+offline)** - по сути, объединяет в себе все другие типы инверторов с обязательной возможностью генерации в городскую сеть. Состоит из инвертора, солнечного контроллера MPPT (одного или нескольких), входа аккумулятора, блока синхронизации с городской сетью, входа городской сети AC in (один или несколько), выхода на нагрузку AC out (один или более), разных портов обмена данными.

Важно! Часто некоторые продавцы называют гибридным любой инвертор, в котором есть вход от солнечных батарей, но это не верно.

Применение:

- а) Генерация в городскую сеть энергии для продажи.
- б) Экономия потребления частного хозяйства либо компании из городской сети методом частичного либо полного потребления электроэнергии от солнечных батарей.

Достоинства: сочетает в себе все другие типы инверторов, работает когда есть городская сеть и когда городская сеть отключена, некоторые модели могут работать даже без аккумулятора, а только от солнечных батарей.

Из недостатков такого инвертора главный – что такой инвертор стоит больше других типов.

Следовательно, для каждой задачи подойдет отдельный тип инвертора или универсальный гибридный инвертор может заменить любой тип инвертора при несколько большей цене.



5.3. Параметры инвертора

Рассмотрим параметры гибридного инвертора [2E XM INFINI 6000VA \(2-AC\)](#):

MODEL	6KW TWIN
RATED OUPUT POWER	6000W
PV INPUT (DC)	
Max. PV Power	6000W
Max. PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC
PV Input Voltage Range	120 VDC~500 VDC
MPPT Range @ Operating Voltage	120 VDC~430 VDC
Max. PV Array Short Circuit Current	27A
Number of MPP Tracker	1
GRID-TIE OPERATION	
GRID OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	220/230/240 VAC
Feed-in Grid Voltage Range	195.5~253 VAC @India regulation 184 ~ 264.5 VAC @Germany regulation 184 ~ 264.5 VAC @South America regulation
Feed-in Grid Frequency Range	49~51Hz @India regulation 47.5~51.5Hz @Germany regulation 57~62Hz @South America
Nominal Output Current	26A
Power Factor Range	>0.99
Maximum Conversion Efficiency (DC/AC)	95%
OFF-GRID, HYBRID OPERATION	
GRID INPUT	
Acceptable Input Voltage Range	90 - 280 VAC or 170 - 280 VAC
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)
Transfer Time	< 10ms (For UPS) < 20ms (For Home Appliances) < 50ms (For parallel operation)
Rating of AC Transfer Relay	40A
BATTERY MODE OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	220/230/240 VAC
Output Waveform	Pure Sine Wave
Efficiency (DC to AC)	93%
BATTERY & CHARGER	
Nominal DC Voltage	48 VDC
Maximum Charging Current (from Grid)	120A
Maximum Charging Current (from PV)	120A
Maximum Charging Current	120A
GENERAL	
Dimension, D X W X H (mm)	140 x 295 x 468
Net Weight (kgs)	12
INTERFACE	
Parallel-able	Yes
External Safety Box (Optional)	Yes
Communication	RS232/Dry-Contact/WiFi
ENVIRONMENT	
Humidity	0 ~ 90% RH (No condensing)
Operating Temperature	-10°C to 50°C

Мы уже знаем, что гибридный инвертор может работать и с городской сетью и без нее, а данная модель может работать еще при необходимости без аккумулятора, имея доступ электроэнергии из солнечных батарей.

- Rated output power 6000W – номинальная мощность инвертора составляет 6000 Вт или 6 кВт.
- Max. PV Power 6000W – максимальная общая мощность солнечных батарей 6000 Вт.
- Max. PV Array Open Circuit Voltage 500VDC – максимальное напряжение холостого хода солнечного поля 500 В. То есть от солнечного поля ни в коем случае не должно приходить на инвертор (а именно на вход MPPT) напряжение выше 500 В.
- PV Input Voltage Range 120VDC-500VDC – диапазон входного напряжения от солнечного поля 120-500 В.
- MPPT Range Operating Voltage 120VDC-430VDC – указывает на диапазон рабочего напряжения 120-430 В, в пределах которого MPPT-система способна отслеживать максимальную мощность.
- Max. PV Array Short Circuit Current 27 A – максимальный ток с солнечного поля 27А, при котором инвертор будет понимать произошедшее короткое замыкание. То есть ток от солнечного поля не должен превышать 27А.
- Number of MPP Tracker 1 – количество трекеров MPP составляет один. Указывает, что к инвертору можно подключить только одно солнечное поле, где все солнечные панели одних параметров и одной модели.
- Nominal Output Voltage 220/230/240 VAC – выходное напряжение 220/230/240 В переменного тока.
- Feed-in -Grid Voltage Range – напряжение городской сети, при которой инвертор может генерировать в сеть, может быть настроено:
 - 195.5 В-253 В – индийский стандарт
 - 184-264.5 В – немецкий стандарт
 - 184-264.5 В – Южно-американский стандарт.
- Feed-in Grid Frequency Range – частота тока городской сети, при которой инвертор может генерировать в сеть, может быть настроена:
 - 49-51 Гц – индийский стандарт
 - 47.5-51.5 Гц – немецкий стандарт
 - 57-62 Гц – южно-американский стандарт.
- Nominal Output Current 26A – ток номинальный, исходящий из инвертора 26 А.
- Диапазон коэффициента мощности > 0.99 – 0.99 (диапазон коэффициента мощности более 0.99) указывает на допустимый диапазон значений коэффициента мощности для подключения к электрической сети или использования электрических устройств. Коэффициент мощности (Power Factor) измеряет эффективность потребления электроэнергии устройством или системой. Он определяет, насколько эффективно электрическая мощность превращается в полезную мощность, используемую для осуществления работы. Значение коэффициента мощности может быть от 0 до 1, где 1 означает идеальное соотношение между активной мощностью (мощностью используемой для осуществления полезной работы) и полной аппаратной

мощностью (мощностью, потребляемой устройством). Значение коэффициента мощности более 0,99 указывает на высокую эффективность потребления электрической энергии и считается очень хорошим значением. Это означает, что практически вся входная электрическая мощность используется для полезной работы, и почти ни одна мощность не теряется на реактивные элементы или лишнее потребление энергии. Этот параметр важен для электрических систем, сетей и устройств, поскольку низкий коэффициент мощности может влиять на эффективность энергосистемы, эффективность передачи электроэнергии и может влиять на измерение, оплату и нагрузку сети.

- Maximum Conversion Efficiency (DC/AC) 95% - коэффициент полезного действия (КПД) преобразования постоянного тока в переменный составляет 95%.
- Acceptable Input Voltage Range 90-280VAC или 170-280VAC – диапазон входного напряжения от сети, при которой инвертор работает нормально и без рисков повреждений, составляет 90-280 В или 170-280 В.
- Frequency Range 50Hz/60Hz (Auto Sensing) – диапазон частоты в городской сети должен составлять 50 или 60 Гц (автоопределение).
- Время передачи <10 мс (для ИБП), <20ms (For Home Appliances), <50ms (For parallel operation) – время задержки переключения в режиме UPS менее 10 мс, в режиме Home Appliances менее 20 мс, при параллельной работе нескольких инверторов менее 50 мс.
- Rating of AC Transfer Relay 40A – номинал реле переключения переменного тока составляет 40A.
- Nominal Output Voltage (Battery Mode Output AC) 220/230/240V - номинальное выходное напряжение при работе от аккумулятора может быть 220/230/240В.
- Output Waveform Pure Sine Wave – исходная форма волны чистая синусоида.
- Efficiency (DC to AC, Battery Mode Output AC) 93% – КПД преобразования постоянного тока в переменный при работе от аккумулятора составляет 93%.
- Nominal DC Voltage 48VDC – номинальное напряжение аккумулятора составляет 48 В постоянного тока.
- Maximum Charging Current (from Grid) 120A – максимальный ток зарядки от городской сети 120А.
- Maximum Charging Current (from PV) 120A – максимальный ток зарядки от солнечного поля 120 А.
- Maximum Charging Current 120A – максимальный ток заряда используя сеть и солнечное поле 120А.
- Dimension – размеры инвертора 140 x 295 x 468 мм.
- Net Weight 12 – вес инвертора 12 кг.
- Parallel-able Yes – поддерживается работа нескольких инверторов в параллели.
- Communication RS232/Dry-Contact/WiFi – коммуникации порт RS232, реле с сухими контактами, WiFi.
- Humidity 0-90% RH (No condensing) – означает, что диапазон влажности для допустимых условий эксплуатации составляет от 0% до 90% относительной влажности (RH) без образования конденсата.
- Operating Temperature -10 to 50 C – температура эксплуатации инвертора составляет от минус 10 до +50 градусов Цельсия.

6. Аккумуляторы

Аккумулятор – это устройство, которое сохраняет электрическую энергию в химическом виде и может выдавать ее в виде электрического тока при необходимости. Аккумуляторы широко используются для питания различных электрических устройств, включая мобильные телефоны, ноутбуки, автомобильные стартеры и многие другие устройства.



Аккумуляторы электрические используют химические реакции для хранения и высвобождения электрической энергии. Они состоят из двух или более электродов, разделенных электролитом. При разрядке или использовании аккумулятора химические реакции происходят в электродах и электролите, обеспечивая превращение химической энергии в электрическую. Одним из примеров популярного электрического аккумулятора является автомобильный стартерный (кислотный заливной) аккумулятор.

6.1. Аккумуляторы с разным напряжением

Аккумуляторы могут иметь разные напряжения в зависимости от их конструкции и применения. Основные типы аккумуляторов с разным напряжением включают:

а) Низковольтные аккумуляторы Это аккумуляторы с напряжением до 12 вольт. Они широко используются для питания различных устройств, таких как автомобильные аккумуляторы (12В), аккумуляторы мотоциклов (6В или 12В), аккумуляторы для портативных электронных устройств (3,7В или 7,4В).

б) Средневольтные аккумуляторы: Это аккумуляторы с напряжением от 12 вольт до нескольких сот вольт. Они используются в солнечных электростанциях, электромобилях, электрических скутерах и многих других системах хранения энергии. Примеры включают литий-ионные аккумуляторы с напряжением 48 В, 72 В, 96 В и другие.

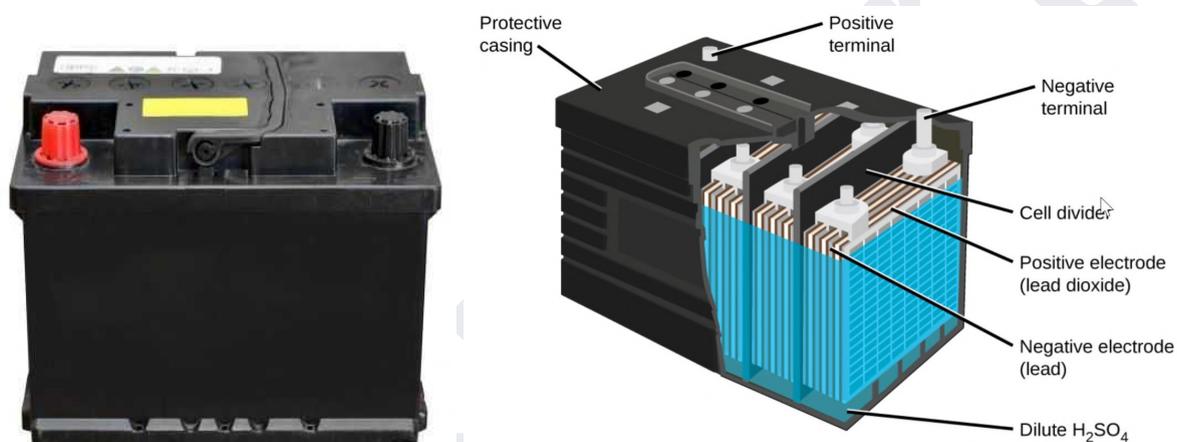
в) Высоковольтные аккумуляторы: Это аккумуляторы с напряжением от нескольких сотен вольт до нескольких киловольт. Они используются в больших системах энергосбережения, таких как энергоблоки, электрические сетки и промышленные установки. Примером служат литиевые аккумуляторы с напряжением 400 В, 800 В и другие.

Важно! Для солнечных станций обычно используют средневольтные аккумуляторы 12/24/48 В и высоковольтные разные значения напряжения.

6.2. Современные типы аккумуляторов: стартерные заливные, [AGM](#), [GEL](#), [Carbon](#), [LiFePo4](#). Аккумуляторы имеют большое количество и постоянно разрабатываются новые, в рамках данного раздела будем рассматривать только самые известные типы, применяемые в солнечных станциях.

Аккумуляторы делятся по типу используемой химии:

1. Стартерный свинцово-кислотный аккумулятор - свинцово-кислотный аккумулятор с плавающим электролитом более известен как автомобильный заливной стартерный аккумулятор.



Как видно из фото, такой аккумулятор состоит:
Protective casing – защитный корпус
Positive terminal – положительный терминал
Negative terminal – отрицательный терминал
Cell divider - разделитель ячеек
Positive electrode (lead dioxide) – положительный электрод (диоксид свинца)
Negative electrode (lead) – отрицательный электрод (свинцовый)
Dilute H₂SO₄ – раствор сульфатной кислоты

Преимущества – бюджетная цена.

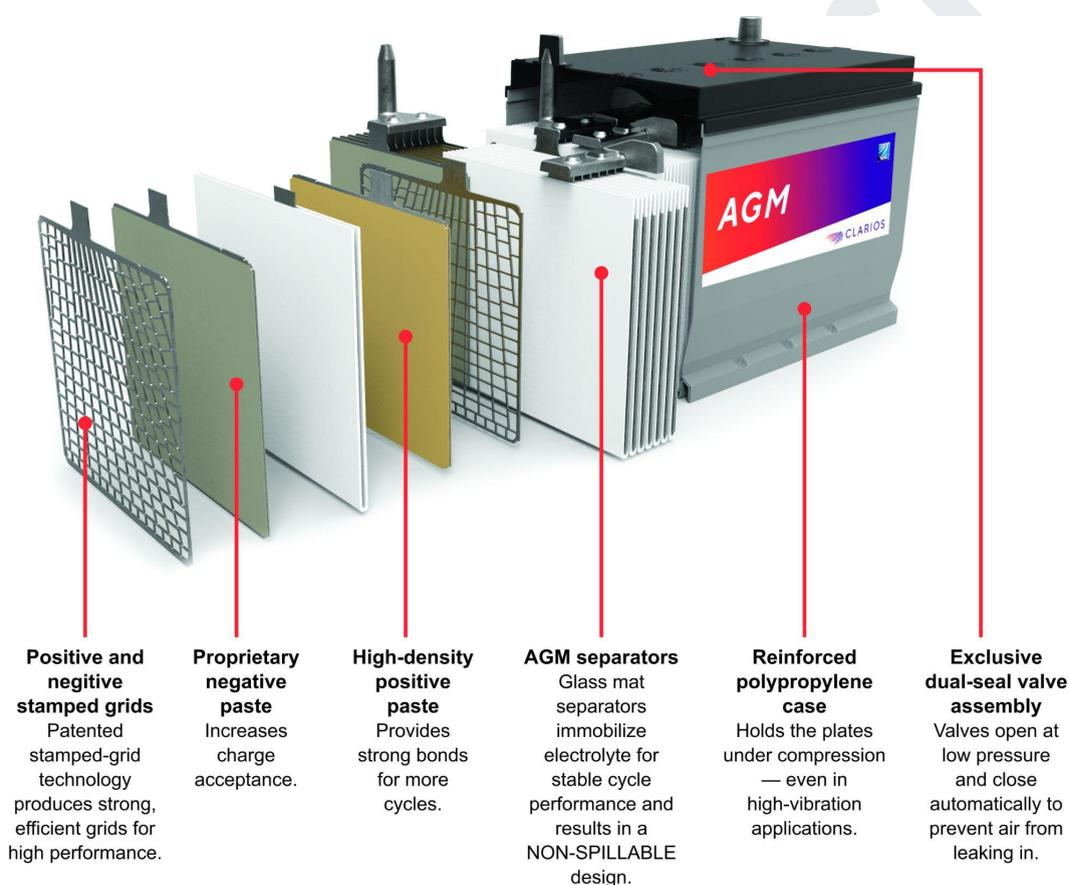
Из недостатков можно отметить, что такой аккумулятор разрабатывался для автомобиля (несколько запусков в день автомобильного стартера по 3 секунды и изредка питания маломощных бортовых приборов), что совсем не подходит для солнечных станций, где нагрузка длительная и зачастую большой мощности.

Важно! Автомобильные аккумуляторы нельзя использовать в солнечных системах. Хотя известно, что все же любители используют автомобильные аккумуляторы по причине их доступности с соблюдением элементарных правил технической эксплуатации (прветриваемое помещение во избежание

накопления паров и взрыва ток заряда разряда не должен превышать 10% емкости аккумулятора. Пример: 100 Ач аккумулятор можно зарядить разряжать длительно током не более 10А, а значит нагрузка 230 В может быть не более 120 Вт, иначе аккумулятор быстро теряет свои заводские показатели емкости).

Существуют разновидности Lead acid battery по разной форме пластин, например OPzS (трубчатые пластины). Но не видно смысла рассматривать их в контексте солнечных станций, так как они, хотя и существуют с улучшенными параметрами, все равно нуждаются в обслуживании и не выдерживают конкуренции с более новыми технологиями.

2. AGM (Absorbent Glass Mat) battery- разработка 1970 года инженерами Gates Rubber Company— аккумулятор с поглощающим стеклянным материалом. Является следующим этапом развития свинцово-кислотных аккумуляторов (Lead Acid Battery).



Как видно на фото:

- Positive and negative stamped grids - положительные и отрицательные штампованные свинцовые сетчатые электроды
- Proprietary negative paste - негативная паста
- High-density positive paste – положительная паста высокой густоты
- AGM separators – сепараторы с абсорбирующим стекловолокном. Это особый тип сепараторов, обеспечивающих структурную поддержку электролита в аккумуляторе.

и помогают сохранять электрическую изоляцию между пластинами. AGM сепараторы состоят из микропористого стекловолокна, впитывающего

электролит. Этот материал обладает высокой структурной прочностью, что позволяет разделителю выполнять функцию поддержки пластин во внутренней структуре аккумулятора. Он также способен впитывать и удерживать достаточное количество электролита для эффективной работы аккумулятора. AGM сепараторы имеют несколько преимуществ. Они помогают предотвратить утечку электролита, поскольку они обладают высокой поглощающей способностью и удерживают электролит в микропорах. Они также обеспечивают низкое внутреннее сопротивление, что способствует высокой скорости зарядки и разрядки аккумулятора. Кроме того, AGM разделители помогают удерживать пластины на расстоянии друг от друга, предотвращая короткие замыкания.

- Reinforced polypropylene case – корпус из армированного полипропилена.
- Exclusive dual-seal valve assembly – эксклюзивная 2-сальниковая сборка клапана указывает на особую конструкцию клапана, которая имеет двойное уплотнение для обеспечения максимальной надежности и предотвращения утечки жидкости или газа.

Преимущества - герметичный необслуживаемый аккумулятор, электролит в котором находится в виде пасты. Можно использовать в солнечных системах. Максимальный ток заряд/разряд 20..25% от номинала емкости для 100 Ач аккумулятора составляет 20...25 А и нагрузка при 230 В до 240...310 Вт.

Из недостатков - более высокая цена.

В зависимости от производителя и цены, выдерживает максимум 700 циклов при глубине разряда 100%.

3. GEL battery (разработано в 1930 годах) – гелевый аккумулятор, является одним из типов герметичных свинцово-кислотных lead acid аккумуляторов, в которых электролит имеет гелевую консистенцию. В гелевых аккумуляторах электролит состоит из соединенных вязким гелем кислоты, что приводит к образованию гелевой структуры. Эта структура удерживает электролит на месте и предотвращает разлив даже если аккумулятор находится в наклонном положении или повреждается. Гелевые аккумуляторы обладают несколькими преимуществами. Они считаются безопасными, так как электролит не может уечь или пролиться. Они также имеют низкую саморазрядку, что позволяет им дольше сохранять заряд без необходимости регулярной зарядки. Кроме того, гелевые аккумуляторы хорошо работают при низких температурах и могут использоваться в широком диапазоне применений, включая солнечные системы, резервное питание, телекоммуникационные системы, электрические транспортные средства и другие.

В чем отличия GEL аккумулятора от AGM?

Электролит: В гелевых аккумуляторах электролит имеет гелевую консистенцию, тогда как в аккумуляторах AGM электролит поглощен абсорбционным составом, который выглядит как губка. Гелевый электролит обеспечивает более стабильное и равномерное распределение электролита, в то время как абсорбционный состав позволяет больше контакта электролита с пластинами.

Конструкция: В гелевых аккумуляторах электроды обычно находятся в гелевом



электролите, тогда как в аккумуляторах AGM электроды находятся на волокнистых разделителях, поглотивших электролит. Это создает разную структуру и способ удержания электролита в аккумуляторе.

Свойства заряда и разряда: Гелевые аккумуляторы обычно имеют более медленный процесс заряда и разряда по сравнению с аккумуляторами AGM. Это означает, что гелевые аккумуляторы могут иметь более длительное время заряда и разряда, но они могут быть более устойчивы к глубоким разрядам.

Выносливость: Аккумуляторы гелевые обычно имеют большую продолжительность службы по сравнению с аккумуляторами AGM. Они могут выдерживать больше циклов заряда-разряда и имеют меньший саморазряд.

Преимущества - герметичный и необслуживаемый аккумулятор, низкий саморазряд. Можно использовать в солнечных системах. Максимальный ток заряд/разряд 20..25% от номинала емкости для 100 Ач аккумулятора составляет 20...25 А и нагрузка при 230 В до 240...310 Вт.

Из недостатков – высокая цена.

Выдерживает 800 циклов с глубиной 100% разряда.

4. Carbon battery - карбоновый или углеродный аккумулятор. Обычно это все известные AGM или GEL аккумуляторы, но с применением в электродах углеродных материалов типа графен, что и придает новые свойства аккумулятору. Часто используются экзотические типы электролита с использованием веществ на основе карбоновых соединений.



Преимущества - герметичный и необслуживаемый аккумулятор, низкий саморазряд до 2000 циклов при глубине разряда 100%. Можно использовать в солнечных системах. Максимальный ток заряд/разряд 20% от номинала емкости для 100 Ач аккумулятора составляет 20 А и нагрузка при 230 В до 240 Вт.

Из недостатков – цена.

5. LiFePo4 LiFePo4 battery (Lithium Iron Phosphate) разработано в 1996 профессором Джоном Гуденафом и в 2003 компанией A123 Systems развит до практического применения – литий-железо-фосфатный аккумулятор. Это тип литий-ионного аккумулятора, в котором катод изготовлен из фосфата железа, а анод из лития. Литий-фосфатные аккумуляторы известны своей высокой безопасностью, стабильными электрохимическими свойствами и большим числом циклов

заряда-разряда. На основе лития есть много разных подтипов аккумуляторов, но учитывая безопасность самовозгорания, цену и характеристики будем рассматривать именно LiFePo4, ведь не зря именно этот тип используется в современных электромобилях (в том числе и Tesla), электрояхтах и промышленных станциях накопления энергии. В основе [LiFePo4 ячейка](#) с напряжением 2...3.65 В. Так как ячейки объединяются последовательно для достижения большего напряжения аккумулятора и по особенностям химии имеют разную скорость зарядки/разрядки, в аккумуляторе обязательно присутствует система BMS, которая следит за равномерностью заряда/разряда каждой ячейки и при необходимости регулирует скорость на отдельной ячейке.

[Вот ячейка на 3.2 В \(по напряжению стандарт\) и 202Ач.](#)



А вот аккумулятор на 12В из 4 ячеек.

Как видно на фото, кроме 4 ячеек, подключенных последовательно, присутствует система BMS для управления зарядом и разрядом каждого индивидуально. Внешний вид аккумулятора может быть в любом дизайне, но чаще смотрится как классический аккумулятор на напряжение 12/24 В, а на 48 В исполнение обычно в стойку.

Преимущества:

- Подходят для солнечных станций и являются единственным экономически обоснованным вариантом аккумулятора в солнечной станции. LiFePO4 обеспечивает более длительный срок службы и составляет **9000 циклов!** и больше при глубине 100%.
- Ток заряд \ разряд 20%...100%**, для аккумулятора 12.8В 100 Ач ток 20...100 А нагрузка при 230 В достигает 256...1280 Вт!
- В отличие от других литий-ионных, LiFePO4-аккумуляторы, как и никелевые, имеют очень стабильное напряжение разряда. Напряжение на выходе остается близким к 3.2 В во время разряда, пока заряд аккумулятора не будет исчерпан

полностью. И это может значительно упростить или даже устранить необходимость регулировки напряжения в электрических цепях.

- В связи с постоянным напряжением 3.2 В на выходе четыре аккумулятора могут быть соединены последовательно для получения номинального напряжения на выходе в 12.8 В, что приближается к номинальному напряжению свинцово-кислотных аккумуляторов с шестью элементами. Это наряду с хорошими характеристиками безопасности LFP-аккумуляторов делает их хорошей заменой для свинцово-кислотных аккумуляторных батарей во многих отраслях, таких как автомобилестроение и солнечная энергетика.
- Одним из важных преимуществ по сравнению с другими видами литий-ионных аккумуляторов является термическая и химическая стабильность, что существенно повышает безопасность батарей.
- Использование фосфатов позволяет избежать расхода кобальта и экологических проблем, в частности, из-за попадания кобальта в окружающую среду из-за неправильной утилизации.

Из недостатков:

- цена.
- LiFePO₄ имеет более высокий пиковый ток (а значит, учитывая стабильность напряжения — пиковую мощность), чем у LiCoO₂.
- Удельная плотность энергии (энергия/объем) нового аккумулятора LFP примерно на 14% ниже, чем у новых литий-ионных аккумуляторов.
- LiFePO₄-аккумуляторы имеют меньшую скорость разряда, чем свинцово-кислотные или литий-ионные. Поскольку скорость разряда определяется в процентах от емкости аккумулятора, то большей скорости разряда можно достичь в аккумуляторах большей емкости (больше ампер-часов). Однако могут быть использованы LiFePO₄ элементы с высоким током разряда (имеют большую скорость разряда, чем свинцово-кислотные батареи или LiCoO₂ той же мощности).
- Из-за более медленного снижения плотности энергии в течение эксплуатации LiFePO₄ элементы уже имеют большую плотность энергии, чем LiCoO₂ и литий-ионные.
- LiFePO₄ элементы медленнее теряют емкость, чем литий-ионные (LiCoO₂ [литий-кобальт оксидные], LiMn₂O₄ [литий-марганцевая шпинель])
- Подвержены эффекту Пойкерта, как и другие химические источники тока. Однако влияние эффекта Пойкерта на LiFePO₄ аккумуляторы минимальны, благодаря чему, емкость за разрядку в течение определенного промежутка времени (обозначается: C1, C5, C10, C20 и т. д.) почти не меняется.
- Морозостойкость. Например, для аккумулятора ANR26650M1-B изготовителя A123 Systems заявлен температурный диапазон -30 °C...55 °C для работы и -40 °C...60 °C для хранения.

6.3. Химико-технические параметры аккумулятора LiFePO₄

Рассмотрим характеристики Аккумулятор [2E LFP48100 48V/100Ah 19" LCD 16S](#) , именно LiFePo₄, так как такая химия больше всего подходит для солнечной станции.



ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУМУЛЯТОРА

Тип акумулятора - Хімічний	LiFePO4	Внутрішній опір – міліоми	< 80 м Ω
Номинальна напруга	51,2 В	ККД - туди й назад	> 99,5 %
Потужність Ампер за годину	100 А/год	Саморозряд за місяць	<3%
Щільність енергії	5120 Вт/год	Макс. паралельні з'єднання	16 шт
Розміри (ДхШхВ)	442*480*155 мм	Послідовне підключення	немає
Вага	47 кг	Клас IP корпусу	IP35
Тип клеми	M6	Термін використання	20 років
Крутний момент клеми	8,5 Нм	Термін служби (1С, 25°C @80% DOD)	>4000 циклів
Матеріал корпусу	SPCC	Термін служби (0,2С, 25°C @80% DOD)	>6000 циклів
Вбудована BMS	Так	Температура розряду	(від -23 до 65) °С
Рекомендована напруга заряду	56,5 ±0,20 В	Температура заряду	(від -3 до 65) °С
Максимальна напруга заряду	57 ±0,20 В	Температура зберігання	(від -20 до 45С) °С
Рекомендований струм заряду	25 А	Bluetooth (APP)	Додатково
Максимальний струм заряду	100 А	РК-екран	
Струм заряду (від 0 до -10°C)	<0,1С	Функції нагрівання -20°C	Додатково за допомогою зарядного пристрою
Струм заряду (від -20 до -10°C)	<0,05 С	Функція самонагрівання акумулятора	Додатково за допомогою відсіку
Рекомендована напруга розряду	45 ±0,20 В	Класифікація транспортування	UN3480, КЛАС 9
Максимальна напруга розряду	43,5 ±0,20 В	Інші сертифікати	СВ/СЕ
Максимальний струм розряду	100 А		
Імпульсний розрядний струм	150 А±3 с		

Как видно из даташита:

Тип акумулятора – химический с формулой LiFePO4

Номинальное напряжение – 51.2 В (т.е. 16 ячеек по 3.2В)

Мощность Ампер за час – подразумевается емкость акумулятора 100 А/час

Плотность энергии – 5120 Вт/ч, то есть акумулятор сохраняет 51.2Вх100Аг=5120 Вт/ч

Размеры (ДхШхВ) – 442*480*155 мм

Вес - 47 кг

Тип клеммы - M6

Крутящий момент клеммы – зажимать клемму с натяжением не более 8.5 Нм

Материал корпуса – SPCC холоднопрокатная сталь.

Встроенная BMS-Да

Рекомендуемое напряжение заряда -56,5±0,20 В

Максимальное напряжение заряда – 57 ±0,20 В

Рекомендуемый ток заряда – 25 А

Максимальный ток заряда – 100 А

Ток заряда (от 0 до -10°C) <0,1С – то есть при температуре ниже 0 и до -10 градусов ток заряда для безопасности аккумулятора будет снижен до 10 А и меньше.

Ток заряда (от -20 до -10°C) <0,05 С - то есть при температуре ниже минус 10 и до минус 20 градусов ток заряда будет снижен до 5 А.

Рекомендуемое напряжение разряда – 45 ±0,20 В

Максимальное напряжение разряда – 43,5±0,20 В (т.е. рекомендовано не разряжать каждую ячейку ниже 2.71 В).

Максимальный ток разряда – 100 А

Импульсный разрядный ток – 150 А±3 с

Внутреннее сопротивление аккумулятора – < 80 м Ω

КПД – туда и обратно > 99,5 %

Саморазряд за месяц <3%

Макс. параллельные соединения 16 шт – при необходимости можно подключить 16 таких аккумуляторов для увеличения емкости

Последовательное подключение – нет, недопустимо подключать такие аккумуляторы последовательно

Класс IP корпуса -IP35

Срок использования – 20 лет, подразумевается расчетный срок эксплуатации (службы (1С, 25°C @80% DOD) >4000 циклов - аккумулятор при глубине разряда 80% выдерживает более 4000 циклов при температуре +25 градусов и токах до 100А.

Срок службы (0,2С, 25°C @80% DOD) >6000 циклов - аккумулятор при глубине разряда 80% выдерживает более 6000 циклов при температуре +25 градусов и токах до 20А

Температура разряда - (от -23 до 65) °С

Температура заряда - (от -3 до 65) °С

Температура хранения -(от -20 до 45°C) °С

Bluetooth (APP) - дополнительно под заказ

ЖК-экран – есть

Функции нагрева -20°C, дополнительно с помощью зарядного устройства

Функция самонагрева аккумулятора – заказывается дополнительно с помощью отсека

Классификация транспортировки - UN3480, КЛАСС 9

Другие сертификаты - CB/CE

6.4. Стоит ли собирать аккумулятор LiFePO4 самому или лучше приобрести готовое решение

В большинстве случаев следует собирать аккумулятор самостоятельно из ячеек только когда проект не стандартен по напряжению, дизайну, характеристикам или потому, что вы любите это дело и хотите собрать аккумулятор именно вручную; в других же случаях не имеет смысла в собственной сборке, так как известные производители [LiFePO4 ячеек](#) обычно имеют долгосрочные контракты (от 5 лет и более) с крупными автопроизводителями и корпорациями или производят аккумуляторы самостоятельно – именно в таких случаях и используются самые качественные комплектующие класса А. В свободной продаже в лучшем случае можно получить ячейки В-класса да еще с переплатой за малую партию. Иногда даже встречаются в продаже ячейки, снятые с майнинг-объектов, которые уже даже за полгода могли отработать по несколько циклов в день (используются многотарифные счетчики). Так что в таком случае получим аккумулятор б/у или восстановленный, а это

только удорожает нашу солнечную систему, так как каждый цикл обойдется дороже. Ни один документ или обещание продавца не может гарантировать, что ячейка именно класса А и имеет высокое качество.

При заказе готового аккумулятора, например, брендированного 2E импортер и конечный клиент получает гарантированно ячейку А-класса, так как есть возможность отследить, что под такую партию аккумуляторов было закуплено производителем соответствующее сырье и именно из него произведены аккумуляторы.

7. Какая солнечная станция нужна для дома? Как рассчитать домашнюю солнечную электростанцию?

Есть несколько подходов для расчета солнечной станции:

- Профессиональный (для полного резервирования собственных потребностей от солнца) – нужно сделать замеры количества потребленной электроэнергии за месяц и за год, измерить пиковую нагрузку и сообщить эти данные компании, специализирующейся на расчете солнечных станций. В результате получим подробный расчет, который производится в платных программах и там видна расчетная генерация помесечно. Также показано, какую площадь нужно зарезервировать под солнечные панели (в большинстве случаев площади крыши частного здания недостаточно, поскольку есть месяцы с очень малой генерацией. Поэтому придется в 10 раз больше ставить солнечных панелей.) Также вам будет рекомендован инвертор, аккумулятор для работы станции в пасмурное время (количество пасмурных дней трудно спрогнозировать точно, так что возможна ситуация, что количество аккумуляторов окажется даже и не достаточным). В результате более рациональным может стать любительско-профессиональный подход).
- Любительско-профессиональный (с частичным резервированием важных потребителей на время работы плюс экономия на потребленной и постоянно дорожающей электроэнергии) - нужно проверить в счете за электроэнергию количество потребленной энергии за месяц, измерить пиковую нагрузку потребителей (приобретая токовые клещи или розетку с встроенным электросчетчиком), особенно важно измерить пусковую мощность на приборах с электродвигателями, которые могут иметь пусковую мощность десятикратную номинальной. Например, холодильник потребляет 100 Вт, а при пуске требуется 1100 Вт). Далее посчитать, какое количество солнечных панелей нужно для инвертора и есть ли возможность разместить такое количество солнечных панелей на вашей территории.

7.1. Расчёт собственной солнечной автономной электростанции на 5 кВт 230В (без генерации в сеть)

а) Подберем инвертор.

С точки зрения общей мощности 5 кВт:

Для практического любительско-профессионального расчета примем, что общая мощность всех домашних потребителей электроэнергии составляет 4.3 кВт – значит берем с запасом, что потребителей может стать больше со временем, инвертор на 5 кВт номинальной мощностью.

С точки зрения пусковой мощности 7.6кВт:

Есть холодильник, пусковая мощность которого 1.1 кВт, есть кондиционер (не инверторный), пусковая мощность которого 2.3 кВт – следовательно пусковая мощность составит 3.3 кВт временно плюс мощность уже работающих потребителей; то есть принимаем, что все потребители работают в одно время, хотя это редко бывает: 4.3кВт +2.3кВт=7.6 кВт. Понимаем, что нам необходим инвертор с пусковой мощностью 7.6 кВт.

К качественному примеру возьмем Инвертор [LuxPower SNA5000 Wide PV](#), у которого номинальная мощность 5 кВт и пусковая 10 кВА, что не противоречит нашим потребностям.

Техническая спецификация

Output	SNA3000	SNA4000	SNA5000
Rated power	3000W/3000VA	4000W/4000VA	5000W/5000VA
Parallel capacity	YES	YES	YES
Normal output voltage	230/240, Split phase 220/110 Vac *	230/240, Split phase 220/110 Vac *	230/240, Split phase 220/110 Vac *
Normal output frequency	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Surge power	6000VA	8000VA	10000VA
Switch time	10ms	10ms	10ms
Wave form	Pure sine wave	Pure sine wave	Pure sine wave
Battery			
Battery Type	Lithium/Lead-Acid	Lithium/Lead-Acid	Lithium/Lead-Acid
Normal Voltage	51.2V/48V	51.2V/48V	51.2V/48V
Max. Charge Voltage	59V	59V	59V
Solar			
Max. Recommended PV Power	3200W/3200W	3200W/3200W	3200W/3200W
MPPT Tracker	2	2	2
Max. PV Open Circuit Voltage	480Vdc	480Vdc	480Vdc
MPPT Voltage Range	100-385Vdc	100-385Vdc	100-385Vdc
Max. Solar Charge Current	100A	100A	100A
Max. Solar Input Current	13A/13A	13A/13A	13A/13A
Max. MPPT Efficiency	>98%	>98%	>98%
Parallel MPPT Charger	YES	YES	YES
Grid			
Normal Voltage	230Vac	230Vac	230Vac
AC Voltage Range	110-280Vac	110-280Vac	110-280Vac
Max. Charge Current	60A	60A	60A
Frequency Range	50/60Hz(Auto Sensing)	50/60Hz(Auto Sensing)	50/60Hz(Auto Sensing)

Ярлык инвертора.

Модель	SNA5000 WPV
Параметри контролера ФЕМ:	
Макс.вхідна напруга ФЕМ (Voc)	480VDC
Діапазон MPPT напруги	120...385VDC
Кількість стрінгів	2
Макс.струм заряду	110A
Параметри АС зарядного пристрою	
Вхідна напруга	230VAC, 50Hz/60Hz, 40A, 1Ф
Макс.струм заряду	60A
Параметри акумуляторів	
Діапазон робочої напруги	38.4...60VDC
Сумісні акумулятори	Свинцево-кислотні / Літієві
Номінальна потужність	5000VA/5000W
Вихідна напруга	230VAC, 50Hz/60Hz, 22A, 1Ф
Загальні параметри	
Висота встановлення	<2000m
Температура експлуатації (повітря)	0...50°C
Екран	LCD+LED
Клас захисту	I
Ступінь захисту	IP 20
Віддалений доступ	WIFI / GPRS

Когда уже приобретен инвертор, то приоритет точности параметров уже не в даташите или инструкции, а именно на ярлыке инвертора, так как параметры могут меняться со временем производителем; вот как и в нашем случае в даташите указано, что ток зарядки максимальный 100 А, а уже на ярлыке – 110 А.

б) Подберем к инвертору солнечные батареи.

С точки зрения инвертора, а точнее встроенного в него солнечного MPPT, а их в инверторе два.

- В инверторе 2 MPPT – то есть два независимых трекера, на которые можно подключать разные 2 солнечных поля (одно поле может быть на одних моделях

солнечных батарей, а другое на других или одно поле имеет одни условия освещения, а другое другие. Например, другое солнечное поле смотрит в другую сторону и до обеда больше работает одно поле, а после – уже другое.

- Входящие параметры трекера 120-385 В означают, что от солнечных панелей должно приходиться номинальное напряжение в таком диапазоне.
- Холостое напряжение от солнечных панелей ни в коем случае не должно превышать 480 В.
- Ток на каждый трекер можно подавать от солнечного поля не более 13А.
- Мощность солнечного поля на каждый МРР трекер не должна превышать 3200 Вт.
- Ток зарядки от солнечных батарей составляет 50 А. Напряжение литий железо фосфатного аккумулятора на 16 ячеек может достигать 58.4 В то же 50А x 58.4В=2920 Вт. Также будут еще разные потери и придем к величине 3200 Вт как указано в паспорте. Следовательно, общая мощность солнечного поля в номинале 3200 Вт и не превышать 3200 Вт на каждый трекер.

Итак, качественный пример солнечной панели [JA Solar JAM54S30-405/MR](#)
Техническая спецификация.

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC					
TYPE	JAM54S30 -390/MR	JAM54S30 -395/MR	JAM54S30 -400/MR	JAM54S30 -405/MR	JAM54S30 -410/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	390	395	400	405	410
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	36.85	36.98	37.07	37.23	37.32
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	30.64	30.84	31.01	31.21	31.45
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.61	13.70	13.79	13.87	13.95
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.73	12.81	12.90	12.98	13.04
Module Efficiency [%]	20.0	20.2	20.5	20.7	21.0
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.045%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.275%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.350%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

Мощность 405 Вт

По номинальному току 12.98 А.

Номинальное напряжение 31.21 В

Холостое напряжение 37.23 В

Температурный коэффициент холостого напряжения -0.275 %\C

- Мощность.** Делим общую мощность 3200 Вт на мощность панели 405 Вт – будет 7.9 солнечных панелей округляемых до 7 панелей. 7x405 Вт =2835 Вт
- Ток.** В данном примере будем использовать один вход МРРТ 7 панелей (7x405=2835 Вт). Так как входящий ток ограничен 13 А, то панели будем соединять последовательно.

- По номинальному напряжению 31.21 В x 7 шт.=218.47 В хорошо вписывается в диапазон трекера 120-385 В.

Рекомендация: чем ближе номинальное напряжение панелей к верхнему пределу диапазона трекера, тем больше энергии можно получить.

- Холостое напряжение** – самое важное в расчете панелей, не забывайте, что все параметры указаны в даташите при температуре +25 градусов, поэтому важно рассчитать, какой параметр холостого напряжения будет при морозе; так как часто это не учитывается, то инверторы (встроенный MPPT) зимой могут выходить из строя в период, когда нет нагрузки на инверторе.

Примем, что температура не будет опускаться ниже минус 25 градусов, поэтому для холостого напряжения при +25 градусов (37.23В) при минус 25 градусов дельта составит 50 градусов, а значит напряжение будет $37.23 \text{ В} + (50 \times 0.275)\% = 37.23 + 13.75\% = 42.35 \text{ В}$. Проверяем $7 \times 42.35 \text{ В} = 296.45 \text{ В}$, а холостое напряжение нашего MPPT 480 В то есть хватает с запасом.

Как видно по всем параметрам, солнечные панели подходят для нашего инвертора в количестве 7 шт.

в) [Аккумулятор однозначно с химией LiFePo4.](#)

- Мощность разряда.** Аккумулятор с точки зрения номинальной мощности инвертора в 5000 кВт должен отдавать такую мощность инвертору. Так как напряжение поддерживаемого инвертором аккумулятора 48 В то нам нужен аккумулятор стандарта 48 В и током разряда не менее 110 А ($48 \times 110 = 5280 \text{ Вт}$). Также будут потери на КПД.
- Мощность заряда.** Ток заряда от инвертора может достигать 110 А, поэтому требуется аккумулятор, который может принимать зарядный ток 110 А.
- Обмен данными.** Совместим по протоколам обмена с инвертором. Смотрим документацию инвертора и аккумулятора, есть ли отметка, что устройства совместимы. Если нет совместимости, можно ставить аккумулятор. Но в инверторе необходимо сделать ручные настройки под конкретный аккумулятор и убедиться, что диапазоны напряжения аккумулятора и тока аккумулятора поддерживаются инвертором (с ручными настройками вы будете иметь некоторые ограничения, например, не видеть реальную емкость аккумулятора через инвертор).
- Число циклов.** Чем больше аккумулятор может отработать циклов при максимальной глубине разряда и чем доступнее цена, тем лучше подходит аккумулятор в нашу систему. Лучше, чтобы аккумулятор выдерживал более 4000 циклов при глубине разряда 100%.
- Фактор веса.** Если система не планируется к перемещениям, можно брать один большой аккумулятор; если возможно перемещение, то удобнее взять несколько аккумуляторов меньшего веса.

Всем этим критериям подходит аккумулятор [2E LFP48150 48V/150Ah 19" LCD 16S](#). При номинальной нагрузке инвертора 5 кВт от аккумулятора может работать более одного часа. Если нагрузка будет 2.5 кВт, то от акб питания будет снабжено более 2 часов. Вдобавок, если доступное солнце автономно, питание значительно растёт во времени.

г) Сколько может такая станция (7 панелей) произвести поколения в год? Для расчета перейдем на бесплатный калькулятор <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>. Вводим страну Ukraine, можем оставить город по умолчанию Киев и жмем Go to system info и в разделе DC System Size (kW): вводим мощность солнечного поля 2.835, Module Type: оставляем Standard, Array Type: выбираем Fixed (roof mount) для панелей, которые размещены на крыше, System Losses (%): оставляем без изменений 14.08 % это разные потери, Tilt (deg); наклон от горизонта ставим 30 градусов, если есть возможность так идеально разместить панели, Azimuth (deg): ставим 180 градусов если есть возможность разместить панели так чтобы они смотрели на юг, Advanced Parameters можно оставить без изменений. Далее жмем Go to PVWatts results, где и видим нужный результат генерации 2937 кВтч в год:

RESULTS



2,937 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)
January	1.16	86
February	1.50	101
March	3.76	274
April	5.21	351
May	6.37	426
June	5.79	370
July	4.32	285
August	6.17	404
September	4.09	267
October	3.37	235
November	1.59	111
December	0.41	28
Annual	3.65	2,938

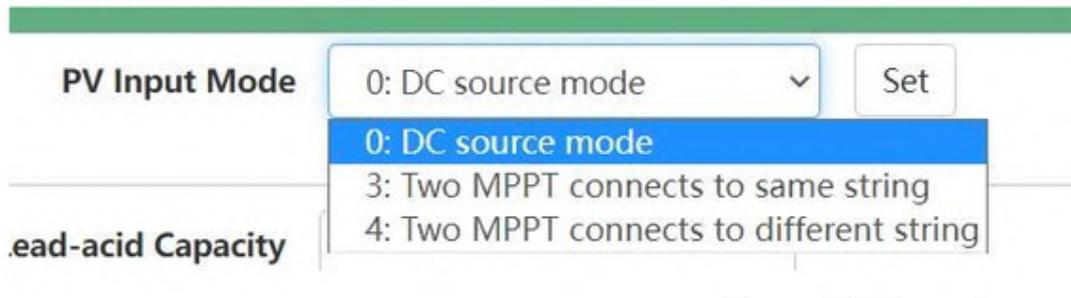
По таблице тоже можно понять когда солнечной энергии достаточно, а когда она будет добираться из сети (зная месячное потребление).

В данной солнечной системе у нас применено 7 панелей на крыше, которые смотрят на юг и их мощности достаточно для пропускной возможности MPPT. Предположим другой случай, когда у нас дом, в котором есть возможность разместить два таких поля и мы хотим увеличить доступную солнечную энергию, нужно стараться разместить либо оба поля на юг, либо одно поле на юго-восток а другое - на юго-запад.

Здесь уже мы используем 14 панелей (7 одно поле и 7 второе). Когда солнечной энергии с обоих солнечных полей больше 3200 Вт, то инвертор будет ее ограничивать и не использовать и это возможно с рассмотренным инвертором [LuxPower SNA5000 Wide PV](#), а вот другие модели нужно уточнять будут ли проблемы при превышении мощности.

Что делать, если солнечные панели током до 13А станут недоступны на рынке (а со временем так и произойдет)?

Увага! На кожен MPPT можна подавати від сонячних батарей струм не більше 13А. Якщо панелі мають більший струм то можна включити опцію 3 та зєднати входи MPPT паралельно (в такому випадку на запаралелений вхід з сонячних батарей можна подати струм до 26А).



Теперь у нас по сути один солнечный вход с входным током до 26 А, а значит можно использовать солнечные панели более 13 А например возьмем панели [Leapton Solar LP182M60-MH-460W](#) с параметрами: мощность 460 Вт, ток 13.08 А, номинальное напряжение 35.2 В, холостое напряжение 41.8 В, Температурный коэффициент холостого напряжения -0.28%/С.

Для обеспечения по мощности $3200\text{Вт}/460\text{Вт}=6.95$ шт округляем до 7 шт. то же суммарная мощность составит $7 \times 460 \text{ Вт} = 3220 \text{ Вт}$ (так как входы запараллелированы то такое превышение в 20 Вт допустимо).

По номинальному напряжению $7 \times 35.2\text{В}=246.4 \text{ В}$ хорошо вписывается в диапазон трекара 120-385 В.

По холостому напряжению - примем, что температура не будет опускаться ниже минус 25 градусов, поэтому для холостого напряжения при +25 градусов (41.8В) при минус 25 градусов дельта составит 50 градусов, а значит напряжение будет $41.8 \text{ В} + (50 \times 0.28) \% = 47.66 \text{ В}$. Проверяем $7 \times 47.66 \text{ В} = 333.62 \text{ В}$, а холостое напряжение нашего MPPT 480 В то есть хватает с запасом.

Как видно по всем параметрам, солнечные панели подходят для нашего инвертора в количестве 7 шт.

7.2 Расчёт собственной солнечной гибридной электростанции на 6 кВт 230В (с возможностью генерации в сеть)

Почему гибридная станция именно на 6 кВт, а не меньше – потому что у меньшей станции маловероятно будут остатки для существенной генерации в сеть, чтобы по крайней мере окупился гибридный инвертор и другие затраты на подключение генерации в сеть.

а) Подберем инвертор.

Так как станция планируется на 6 кВт, то для примера подойдет [Гибридный инвертор 2E XM INFINI 6000VA \(2-AC\)](#), умеющий генерировать излишки в сеть, работать без сети, работать параллельно, работать без аккумулятора (только от солнечных батарей), два выхода переменного тока (для резервирования особо ответственной техники).

MODEL	6KW TWIN
RATED OUPUT POWER	6000W
PV INPUT (DC)	
Max. PV Power	6000W
Max. PV Array Open Circuit Voltage	500 VDC
PV Input Voltage Range	120 VDC~500 VDC
MPPT Range @ Operating Voltage	120 VDC~430 VDC
Max. PV Array Short Circuit Current	27A
Number of MPP Tracker	1
GRID-TIE OPERATION	
GRID OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	220/230/240 VAC
Feed-in Grid Voltage Range	195.5~253 VAC @India regulation 184 ~ 264.5 VAC @Germany regulation 184 ~ 264.5 VAC @South America regulation
Feed-in Grid Frequency Range	49~51Hz @India regulation 47.5~51.5Hz @Germany regulation 57~62Hz @South America
Nominal Output Current	26A
Power Factor Range	>0.99
Maximum Conversion Efficiency (DC/AC)	95%
OFF-GRID, HYBRID OPERATION	
GRID INPUT	
Acceptable Input Voltage Range	90 - 280 VAC or 170 - 280 VAC
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)
Transfer Time	< 10ms (For UPS) < 20ms (For Home Appliances) < 50ms (For parallel operation)
Rating of AC Transfer Relay	40A
BATTERY MODE OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	220/230/240 VAC
Output Waveform	Pure Sine Wave
Efficiency (DC to AC)	93%
BATTERY & CHARGER	
Nominal DC Voltage	48 VDC
Maximum Charging Current (from Grid)	120A
Maximum Charging Current (from PV)	120A
Maximum Charging Current	120A
GENERAL	
Dimension, D X W X H (mm)	140 x 295 x 468
Net Weight (kgs)	12
INTERFACE	
Parallel-able	Yes
External Safety Box (Optional)	Yes
Communication	RS232/Dry-Contact/WiFi
ENVIRONMENT	
Humidity	0 ~ 90% RH (No condensing)
Operating Temperature	-10°C to 50°C

б) Подберем к инвертору солнечные батареи.

С точки зрения инвертора, а точнее встроенного в него солнечного MPPT.

- В инверторе 1 MPPT – то есть может быть подключено одно солнечное поле на одинаковых моделях солнечных панелей и при одинаковых условиях освещения солнечных панелей.

- Входящие параметры трекера 120-430 В означают, что от солнечных панелей должно приходить номинальное напряжение в таком диапазоне.
- Холостое напряжение от солнечных панелей ни в коем случае не должно превышать 500 В.
- Ток на трекер можно подавать от солнечного поля не более 27 А. При 27 А уже сработает защита по короткому замыканию.
- Максимальная мощность солнечного поля на трекере МРР не должна превышать 6000 Вт (на инверторы завода Voltronic Power с контроллером MPPT существует мнение, что нельзя превышать указанную мощность в паспорте более 10...15%, так как контроллеру может не хватить охлаждения для ограничения мощности) . Поэтому мощность максимального солнечного поля будет составлять 6000 Вт + 15% = 6900 Вт.

Итак, качественный пример солнечной панели [Leapton Solar LP182M60-MH-460W](#).

❖ ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

Power	450W	455W	460W	465W
Open Circuit Voltage	41.40V	41.60V	41.80V	42.00V
Short Circuit Current	13.68A	13.73A	13.78A	13.83A
Maximun Power Voltage	34.70V	34.90V	35.20V	35.40V
Maximum Power Current	12.96A	13.02A	13.08A	13.14A
Module Efficiency	20.79%	21.02%	21.25%	21.48%

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

❖ ELECTRICAL PARAMETERS AT NMOT

Power	331W	335W	339W	343W
Open Circuit Voltage	36.68V	38.88V	39.08V	39.28V
Short Circuit Current	10.78A	10.83A	10.88A	10.93A
Maximun Power Voltage	32.34V	32.54V	32.74V	32.94V
Maximum Power Current	10.24A	10.30A	10.35A	10.40A
Module Efficiency	15.29%	15.47%	15.66%	15.84%

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

❖ TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NMOT	41±3°C	Temp Coefficient of ISC	+0.05%/°C
Temp Coefficient of VOC	-0.28%/°C	Temp Coefficient of Pmax	-0.36%/°C

Мощность 460 Вт.

По номинальному току 13.08 А.

Номинальное напряжение 35.2В.

Холостое напряжение 41.8 В

Температурный коэффициент холостого напряжения -0.28%\C.

- Ток.** Ток на инвертор от солнечных панелей должен быть меньше 27 А, а в панели выбранной 13.08 А, то есть мы можем разделить наше солнечное поле на две параллельные части (стринги) и суммарный ток составит 26.16 А, что не превышает паспортного значения инвертора.
- Мощность.** 6000 Вт \ 460 Вт=13.04 шт, но помня о допустимой перегрузке 10...15%, возьмём 14 солнечных панелей; это 460 Вт x 14=6440 Вт, так как в солнечном поле

будет два стринга, то в каждом будет 7 солнечных панелей подключенных последовательно.

- По номинальному напряжению $35.2 \text{ В} \times 7 \text{ шт.} = 246.4 \text{ В}$ хорошо вписывается в диапазон трекера 120-430 В.

Рекомендация: чем ближе номинальное напряжение панелей к верхнему пределу диапазона трекера, тем больше энергии можно получить.

- Холостое напряжение.** Самое важное в расчете панелей – не забывайте, что все параметры указаны в даташите при температуре +25 градусов, поэтому важно рассчитать, какой параметр холостого напряжения будет при морозе; так как часто это не учитывается, то инверторы (встроенный MPPT) зимой могут выходить из строя в период, когда нет нагрузки на инверторе. Примем, что температура не будет опускаться ниже минус 25 градусов, поэтому для холостого напряжения при +25 градусов (41.8В) при минус 25 градусов дельта составит 50 градусов, а значит напряжение будет $41.8 \text{ В} + (50 \times 0.28)\% = 41.8 \text{ В} + 14\% = 47.66 \text{ В}$. Проверяем $7 \times 47.66 \text{ В} = 333,62 \text{ В}$, а холостое напряжение нашего MPPT 500 В, то есть хватает с большим запасом.

Как видно по всем параметрам, солнечные панели подходят для нашего инвертора в количестве 14 шт.

в) [Аккумулятор однозначно с химией LiFePo4.](#)

- Мощность разряда.** Аккумулятор с точки зрения номинальной мощности инвертора в 6000 Вт должен отдавать такую мощность инвертору. Так как напряжение поддерживаемого инвертором аккумулятора 48 В то нам нужен аккумулятор стандарта 48 В с током разряда не менее 120 А ($48 \times 120 = 5760 \text{ Вт}$). Также будут потери на КПД.
- Мощность заряда.** Ток заряда от инвертора может достигать 120 А, поэтому требуется аккумулятор, который может принимать зарядный ток 120 А.
- Обмен данными.** Совместим по протоколам обмена с инвертором. Смотрим документацию инвертора и аккумулятора, есть ли отметка, что устройства совместимы. Если нет совместимости, можно ставить аккумулятор. Но в инверторе необходимо сделать ручные настройки под конкретный аккумулятор и убедиться, что диапазоны напряжения аккумулятора и тока аккумулятора поддерживаются инвертором (с ручными настройками вы будете иметь некоторые ограничения, например, не видеть реальную емкость аккумулятора через инвертор).
- Число циклов.** Чем больше аккумулятор может отработать циклов при максимальной глубине разряда и чем доступнее цена, тем лучше подходит аккумулятор в нашу систему. Лучше, чтобы аккумулятор выдерживал более 4000 циклов при глубине разряда 100%.
- Фактор веса.** Если система не планируется к перемещениям, можно брать один большой аккумулятор; если возможно перемещение, то удобнее взять несколько аккумуляторов меньшего веса.

Всем этим критериям подходит аккумулятор [2E LFP48150 48V/150Ah 19" LCD 16S](#). При номинальной нагрузке инвертора 6 кВт от аккумулятора может работать более одного часа.

Если нагрузка будет 3 кВт, то от акб питания будет обеспечено более 2 часов. Вдобавок, если доступное солнце автономно, питание значительно растёт во времени.

г) Сколько может такая станция (14 панелей) произвести поколения в год? Для расчета перейдем на бесплатный калькулятор <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>. Вводим страну Ukraine, можем покинуть город по умолчанию Киев и жмем Go to system info и в разделе DC System Size (kW): вводим мощность солнечного поля 6.44, Module Type: оставляем Standard, Array Type: выбираем Fixed (roof mount) для панелей, которые размещены на крыше, System Losses (%): оставляем без изменений 14.08 % это разные потери, Tilt (deg); наклон от горизонта ставим 30 градусов, если есть возможность так идеально разместить панели, Azimuth (deg): ставим 180 градусов если есть возможность разместить панели так, чтобы они смотрели на юг, Advanced Parameters можно оставить без изменений. где и видим нужный результат генерации 6672 кВтч в год:

RESULTS

 Print Results

6,672 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)
January	1.16	195
February	1.50	230
March	3.76	623
April	5.21	796
May	6.37	968
June	5.79	840
July	4.32	648
August	6.17	918
September	4.09	606
October	3.37	533
November	1.59	253
December	0.41	63
Annual	3.65	6,673

Отняв потребление домохозяйства, получаем результат – сколько можем сгенерировать в городскую сеть остатков.

7.3 Расчет мало мощной собственной солнечной электростанции на 1 кВт 230В (с PWM-контроллером без генерации в сеть).

а) Подберем инвертор.

С точки зрения общей мощности – принимаем, что общая мощность наша домашняя электросеть потребляет 0.9 кВт.

С точки зрения пусковой мощности – у нас есть один потребитель холодильник, имеющий электродвигатель (компрессор), которому требуется в момент пуска 1200 ВА.

К качественному примеру возьмем инвертор [2E VP-1K12 1000VA](#), у которого номинальная мощность 1 кВт и пусковая 2 кВА, что не противоречит нашим потребностям.

Почему именно инвертор бренда 2E? Потому что инверторы 2E проходят выборочный контроль качества независимой лабораторией и именно в диапазоне 1 кВт имеют конкурентную цену.

МОДЕЛЬ	VP-1K12	VP-2K24	VP-3K24
Номинальна потужність	1 кВт	2 кВт	3 кВт
Напруга холодного запуску	11,5 В постійного струму	23,0 В постійного струму	23,0 В постійного струму
ВХІД			
Напруга	230 В змінного струму		
Діапазон напруги	170-280 В змінного струму (ПК), 90-280 В змінного струму (побутова техніка)		
Частотний діапазон	50/60 Гц (автовизначення)		
ВИХІД			
Регулювання напруги змінного струму (модель акумулятора)	230 В змінного струму ± 5%		
Пікова потужність	2000 ВА	4000 ВА	6000 ВА
ККД (піковий)	90%	93%	
Час перемикання (на живлення від акумуляторів)	10 мс (ПК), 20 мс (побутова техніка)		
Форма сигналу вихідного живлення	Чиста синусоїдальна форма хвилі		
АКУМУЛЯТОР			
Напруга акумулятора	12 В постійного струму	24 В постійного струму	
Напруга плаваючого заряду	13,5 В постійного струму	27 В постійного струму	
Захист від перевантаження	16 В постійного струму	32 В постійного струму	
СОНЯЧНИЙ ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ ІЗ ФУНКЦІЄЮ MPPT І ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ ЗМІННОГО СТРУМУ			
Макс. потужність батарей фотоелектричних модулів	600 Вт	1200 Вт	
Діапазон напруги PWM батарей фотоелектричних модулів	16-22 В постійного струму	32-44 В постійного струму	
Макс. напруга в розімкнутому ланцюзі батарей фотоелектричних модулів	40 В постійного струму	60 В постійного струму	
Енергоспоживання в режимі очікування	2 Вт		
Макс. струм сонячного зарядного пристрою	50 А PWM		
Макс. струм зарядного пристрою змінного струму	20 А	20 А	25 А
Макс. сила зарядного струму	50 А	70 А	
Макс. ефективність	98%		
ОПТИМАЛЬНА КОНФІГУРАЦІЯ ПАНЕЛІ			
Макс. від сонячного зарядного пристрою	600 Вт	1200 Вт	
Оптимальна конфігурація панелі	150 Вт * 18 В * (4 в паралельному з'єднанні)	330 Вт * 36 В * (4 в паралельному з'єднанні)	
РОЗМІРИ ТА ВАГА			
Розміри виробу, Г*Ш*В (мм)	400*320*190 мм		420*390*193 мм
Вага нетто (кг)	5.4	6.15	7.8
РОБОЧІ УМОВИ			
Відносна вологість	Від 5 до 95% (без утворення конденсату)		
Діапазон робочих температур	Від 0 до 50 °С		

б) Подберем к инвертору солнечные батареи.

С точки зрения инвертора, а точнее встроенного в него солнечного PWM:

- В инверторе 1 PWM – то есть один солнечный вход, особенностью которого является то, что стандарт напряжения аккумулятора 12 В должен равняться стандарту напряжения солнечных батарей 12 В (т.е. панели с напряжением до 22 В).
- Входные параметры PWM контроллера – 16-22 В означают, что от солнечных панелей должно приходиться номинальное напряжение в таком диапазоне.

- Холостое напряжение от солнечных панелей ни в коем случае не должна превышать 40 В.
- Ток на вход контроллера PWM можно подавать точно такой, который значится в паспорте, как и ток заряда от солнечных батарей не более 50 А. Превышать не допустим ток в таком контроллере.
- Мощность солнечного поля указана 600 Вт, которую недопустимо превышать. Также указан пример конфигурации 4 панели по 150 Вт, что упрощает подбор.

Итак, качественный пример солнечной панели: [AXIOMA energy AX-150M](#).

Технічні характеристики

Модель	Pm(Wp)	Відхилення	Vm(V)	Im(A)	Voc(V)	Isc(A)
AX-150M	150Вт	+3%	20.0	7.51	24.0	8.01

Виміряно при STC (маса повітря 1.5, освітлення 1000Вт/м², температура 25°C)

Параметри:

- Кількість монокристалічних сонячних елементів 36 (4x9)
- Алюмінієва рама, розміри 1185x700x35мм
- Вага 8.9кг
- Температурний коефіцієнт VOC(β) = $-(0.40 \pm 0.05)\% / ^\circ\text{C}$
- Температурний коефіцієнт ISC(α) = $(0.065 \pm 0.01)\% / ^\circ\text{C}$
- Температурний коефіцієнт Pmax = $-(0.5 \pm 0.05)\% / ^\circ\text{C}$
- Обхідні діоди, щоб зменшити втрати в частковій тіні
- Клас захисту IP65
- Відповідність стандарту CE
- Контроль характеристик кожного модуля

- Мощность.** Делим общую мощность 600 Вт на мощность панели 150 Вт – будет 4 солнечных панели. $4 \times 150 \text{ Вт} = 600 \text{ Вт}$
- Ток 7.51А.** Так как входящий ток 50 А, то панели будем соединять параллельно. $7.51 \text{ А} \times 4 = 30.04 \text{ А}$ не превышающий допустимые 50 А.
- По номинальному напряжению** 20.00 В (при параллельном соединении увеличивается только ток, а напряжение нет) хорошо вписывается в диапазон 16-22 В.

Рекомендация: Чем ближе напряжение к 14 В, а ток панелей ближе к номинальному 50А, тем больше соберем электроэнергии, так как PWM-контроллер умеет только срезать напряжение, а не преобразовывать. То есть если напряжение панели будет 18 В – это лучше 20 В для системы 12 В стандарта.

- Холостое напряжение – самое важное в расчете панелей, не забывайте, что все параметры указаны в даташите при температуре +25 градусов, поэтому важно рассчитать, какой параметр холостого напряжения будет при морозе;**

так как часто это не учитывается, то инверторы (встроенный MPPT) зимой могут выходить из строя в период, когда нет нагрузки на инверторе.

Примем, что температура не будет опускаться ниже минус 25 градусов, поэтому для холостого напряжения при +25 градусов (24В) при минус 25 градусов дельта составит 50 градусов, а значит напряжение будет $24.00\text{В} + (50 \times 0.4)\% = 24.00\text{В} + 20\% = 28.8\text{ В}$. Проверяем 28.8 В, а холостое напряжение нашего PWM 40 В то есть хватает с запасом.

Как видно по всем параметрам, солнечные панели подходят для нашего инвертора в количестве 4 шт. Рекомендация! Так как ток от панелей составляет 30.04. А то можно для удобства приобрести тройник [Коннектор тройник MC4 Y-Branch \(1 на 3\)](#), так как он рассчитан именно на 30 А и если кабели от панелей дотянутся до него (если нет, то можно сделать удлинитель).

в) [Аккумулятор однозначно с химией LiFePo4.](#)

- Мощность разряда.** Аккумулятор с точки зрения номинальной мощности инвертора в 1000 Вт должен отдавать такую мощность инвертору. Так как напряжение поддерживаемого инвертором аккумулятора 12 В то нам нужен аккумулятор стандарта 12 В с током разряда не менее 90 А ($11.2\text{В} \times 90 = 1008\text{ Вт}$). Считаем по минимальному напряжению аккумулятора. Также будут потери на КПД.
- Мощность заряда.** Ток заряда от инвертора может достигать 50 А, поэтому требуется аккумулятор, который может принимать зарядный ток 50 А.
- Обмен данными.** К сожалению пока аккумуляторы 12 В стандарта не доступны с обменом данными с инвертором поэтому придется делать ручные настройки в инверторе тока заряда 50 А и напряжений.
- Число циклов.** Чем больше аккумулятор может отработать циклов при максимальной глубине разряда и чем доступнее цена, тем лучше подходит аккумулятор в нашу систему. Лучше, чтобы аккумулятор выдерживал более 4000 циклов при глубине разряда 100%.
- Фактор веса.** Если система не планируется к перемещениям, можно брать один большой аккумулятор; если возможно перемещение, то удобнее взять несколько аккумуляторов меньшего веса.

Всем этим критериям подходит аккумулятор [AXIOMA Energy AX-LFP-100/12.8 \(LiFePo4\)](#). При номинальной нагрузке инвертора 1 кВт от аккумулятора может работать около одного часа. Если нагрузка будет 0.5 кВт, то от акб питания будет снабжено более 2 часов. Вдобавок, если доступное солнце автономно, питание значительно растёт во времени.

г) Сколько может такая станция (4 панелей 600 Вт) произвести поколения в год? Для расчета перейдем на бесплатный калькулятор <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>. Вводим страну Ukraine, можем оставить город по умолчанию Киев и жмем Go to system info и в разделе DC System Size (kW): вводим мощность солнечного поля 0.6, Module Type: оставляем Standard, Array Type: выбираем Fixed (roof mount) для панелей, которые размещены на крыше, System Losses (%): оставляем без изменений 14.08 % – это разные потери, Tilt (deg); уклон от горизонта ставим 30 градусов, если есть возможность так идеально разместить панели. Azimuth (deg): ставим 180 градусов, если есть возможность разместить панели так, чтобы они смотрели на юг, Advanced Parameters можно оставить без изменений.

РЕЗУЛЬТАТИ



Надрукувати результати

625 кВт-год/рік*

Місяць	Сонячне випромінювання (kWh / м ² / день)	Енергія змінного струму (kWh)
Січень	1.16	18
Лютий	1.50	22
Березень	3.76	58
Квітень	5.21	75
травень	6.37	90
червень	5.79	79
липень	4.32	61
Серпень	6.17	86
Вересень	4.09	57
Жовтень	3.37	50
Листопад	1.59	24
Грудень	0.41	6
Annual	3.65	626

В результаті ми бачимо, яка буде у нас економія в доповнення до певної енергетичної незалежності від тарифів на електроенергію та спокійне гарантоване живлення.

Рекомендація! Чим більше напруга інвертора для АКБ, сонячних батарей та АКБ, тим дешевше система. Але чим менше ці показники, тим дорожче комплектуючі панелі та АКБ.

8. Що сдерживает развитие альтернативной энергетики?

Для переходу людства на електропотребление исключительно от источников альтернативной энергетики достаточно 0.2% поверхности Земли, поэтому в этом нет ограничений и это не причина торможения развития солнечной энергетики. Что действительно ограничивает сегодня тотальный переход на альтернативную энергетику, так это недостаточно массовое применение в таких системах LiFePo4 аккумуляторов - а это уже значительный фактор. Итак, применяя литий-железо-фосфатные аккумуляторы, вы получаете не только выгодный и современный накопитель энергии и имеете определенную независимость, но и ускоряете глобальный переход всего общества на возобновляемые источники электроэнергии.

9. О дальнейшем сотрудничестве

Вышеизложенное сгодится Вам не только для подбора составляющих и комплектации частной станции, но и для дальнейшей ее эксплуатации. Очевидно, что в процессе работы станции будут возникать все новые и новые вопросы. На них мы готовы ответить через наш сайт.

Кроме того! Каждый, кто дочитал эту информацию до последней страницы, получит пожизненную скидку на инверторы и аккумуляторы от 3 до 20% (в зависимости от конкретного товара на сайте) [VipMart](#) по промокоду (AZBUKA2023). При оформлении заказа на сайте в примечаниях или по телефону через оператора необходимо сообщить промокод.

Желаем успешного освоения солнечной энергии ради Вашего блага!

