

ПРООН/ГЭФ
Проект №00077154
«Повышение энергетической эффективности жилых зданий
в Республике Беларусь»

**Предпроектные предложения
по внедрению солнечных панелей в жилых многоквартирных зданиях
в городах Гродно, Минск, Могилёв.**

Исполнитель:

Эксперт по вопросам внедрения
солнечных батарей в системах

энергообеспечения в жилом секторе _____ А.В.Бедунько

Минск
август, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Автономные схемы подключения солнечных панелей.....	4
2. Сетевые схемы подключения солнечных панелей.....	6
3. Схема подключения солнечных панелей типа «остров».....	9
4. Схема прямого нагрева от солнечных панелей.....	11
5. Выбор оптимальных решений.....	13

Введение

Не смотря на то, что первые солнечные панели появились более 50 лет назад, только в последние годы их использование в Республике Беларусь стало экономически обоснованным. В среднем на 1 кв.м. поверхности земли в Республике Беларусь падает около 1 000 000 Вт солнечного излучения, что соответствует северной и центральной Германии. Современные солнечные панели могут до 1000 Вт*ч в год на 1 Вт установленной номинальной мощности.

На данный момент есть четыре основных схемы использования солнечных панелей:

- 1) автономная;
- 2) сетевая;
- 3) схема типа «остров»;
- 4) схема прямого нагрева.

Выбор схемы использования солнечных панелей зависит от конкретной ситуации и в определенных условиях имеет экономическую обоснованность.

1. Автономные схемы подключения солнечных панелей.

Солнечная панель преобразует солнечное излучение в постоянный ток. Наиболее популярные солнечные панели по своим параметрам рассчитаны для самостоятельного использования в системах на 12/24В. Постоянный ток с солнечной панели может идти напрямую для питания определенных устройств (например, кондиционеров), или через зарядное устройство заряжать аккумуляторную батарею (далее АКБ). АКБ выступает как накопитель энергии. Далее энергия может быть использована для питания приборов постоянного тока. Типовая схема представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Схема автономного электроснабжения постоянным током.

Наиболее частот такая система используется для автономного освещения (автономные солнечные столбы освещения), автономных систем сигнализации и видеонаблюдения, декоративной подсветки домов, а так же для зарядки аккумуляторов электромобилей, электрокаров. Для примера, одна солнечная панель мощностью 250 Вт может обеспечить достаточное количество энергии для работы светодиодного прожектора мощностью 12 Вт (равносильно по световому потоку лампе накаливания 75-100Вт) в зимнее время в течение 16 часов.

Развитием данной системы является установка DC-AC преобразователя (инвертора) для преобразования постоянного тока в переменный (220 В). Наиболее часто такие системы используются в частных домах, удалённых от линий электропередач, для обеспечения нормального уровня комфорта, домах на колёсах. Так же может использоваться для автономного освещения при значительных расстояниях между потребителями энергии для уменьшения потерь на проводах. Схема представлена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Схема автономного электроснабжения переменным током.

В случае наличия основной электросети в такую систему может быть интегрировано реле переключения между автономным источником и сетью. Таким образом получается гибридная система автономного электроснабжения (схема устройства представлена на рисунке 1.3).

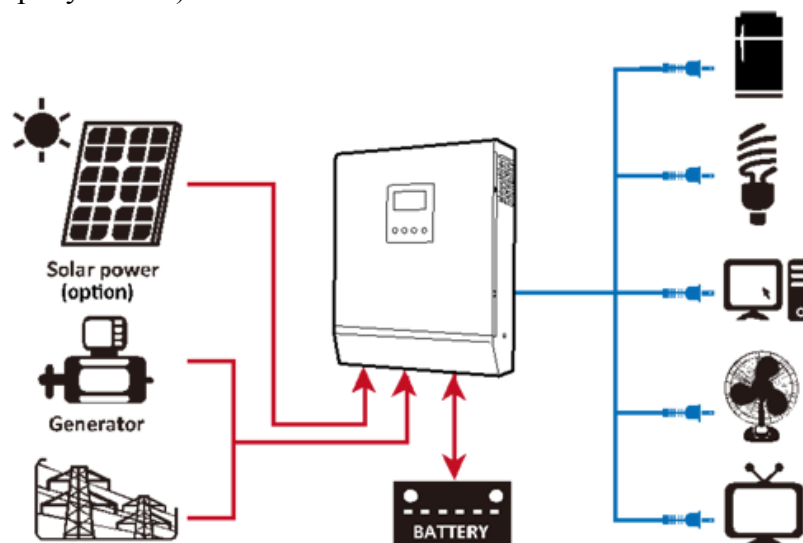


Рисунок 1.3 – Гибридная схема электроснабжения.

Данная схема может работать по двум принципам:

1. экономия электроэнергии (green mode): питание нагрузки идёт за счет АКБ и солнечных панелей, а переключение на основную сеть происходит только при критическом уровне разряда АКБ.
2. повышение надежности электроснабжения (ИБП длительного резерва): питание нагрузки идет от сети в основное время и переключается на солнечные панели и АКБ в случае отключения основной сети.

Так аналогичные системы используются для организации круглогодичного автономного электроснабжения в частных домах с использованием дизельного или бензинового генератора. Когда АКБ доходит до критического уровня разрядки, реле даёт сигнал на запуск генератора, от которого идёт питание нагрузки и подзаряд АКБ до необходимого уровня. Таким образом достигается гарантированное автономное электроснабжение в течение всего года независимо от солнечной активности.

2. Сетевые схемы подключения солнечных панелей.

Принципиально данная схема отличается от предыдущих отсутствием накопителей. Вся выработанная солнечными панелями электроэнергия преобразуется в переменный ток (220/380В) и поставляется в сеть синхронно по фазе и частоте. Такие системы работают только при наличии опорной сети и не могут работать в автономном режиме: по международным требованиям безопасности сетевой инвертор при отключении сети полностью прекращает генерацию электроэнергии.

Наиболее экономически выгодная реализация – продажа всей выработанной электроэнергии в государственную сеть с учетом повышающего коэффициента (возможно для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей). Потребление же идёт от сети через второй счетчик по установленным тарифам (рисунок 2.1).

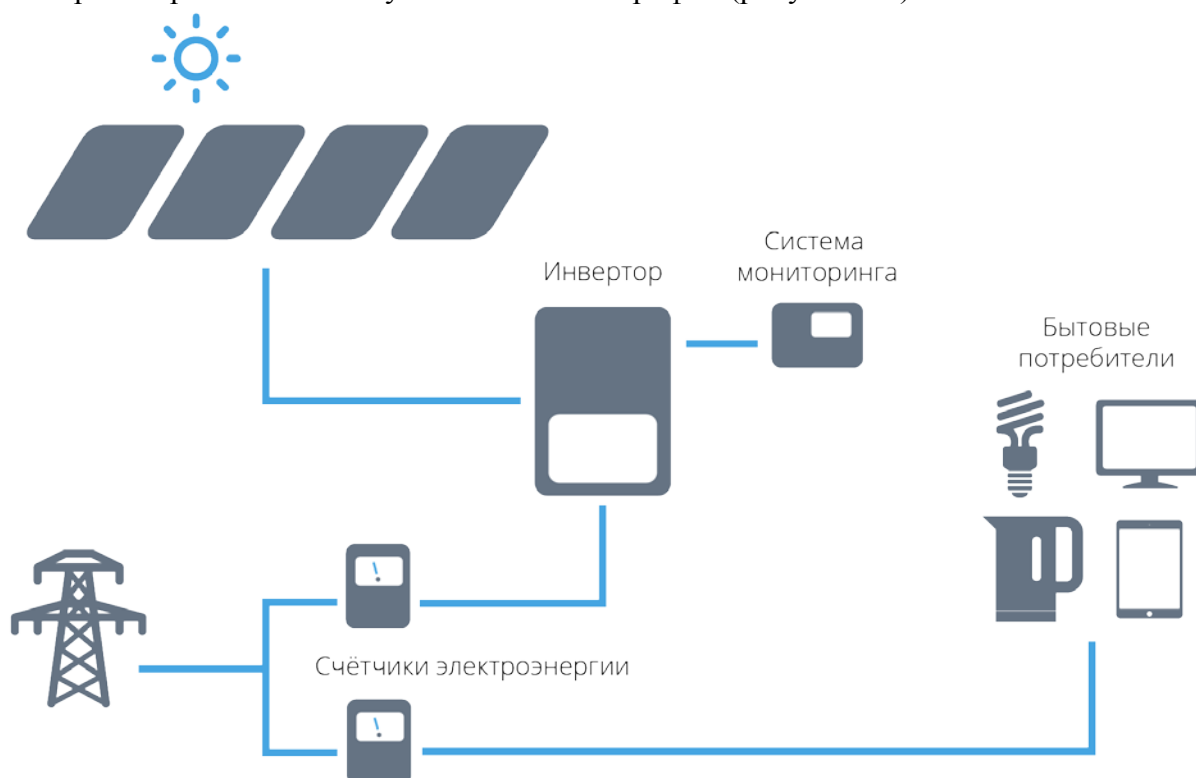


Рисунок 2.1 – Сетевая солнечная станция с продажей электроэнергии в сеть.

На данном этапе развития этой технологии минимальная мощность такой установки начинается от одной солнечной панели. Для таких случаев используются сетевые микроинверторы мощностью 250-300 Вт. Станции с использованием микроинверторов, т.е с генерацией переменного тока от каждой панели, используются в двух случаях:

- 1) при небольшой количестве солнечных панелей;
- 2) при эпизодических затенениях и неравномерной инсоляции солнечных панелей.

Массово такой вариант можно применить при ориентации на юг не торцевой стены, т.е. стороны дома с окнами и балконами. В таком случае возможна установка солнечных панелей на балконное ограждение (рисунок 2.2) с генерацией электроэнергии с сеть квартиры через микроинверторы. Таким образом, сокращается потребление электроэнергии квартирой в дневное время. Дополнительно стоит предусмотреть установку двухпоточных счетчиков электроэнергии, т.к. излишки вырабатываемой электроэнергии должны учитываться и уходить в сеть здания.



Рисунок 2.2 – Использование солнечных панелей как балконного ограждения.

Максимальная мощность сетевого инвертора достигает 50-60 кВт, но в большинстве случаев оптимально использовать несколько инверторов по 15-25 кВт ввиду особенностей регулирования отбора мощности с групп солнечных панелей.

Большие солнечные электростанции могут основываться на двух принципах. Первый принцип – кластерный, когда станция состоит из большого количество сетевых инверторов небольшой мощности (20-30кВт), объединенных в одну сеть по стороне переменного тока. Второй принцип – централизованный, когда солнечные панели объединяются параллельными группами в большие блоки, а единый центральный сетевой инвертор большой мощности (100кВт – 10МВт) преобразует постоянный ток в переменный.

Следующий вариант использования сетевой схемы – генерирование электроэнергии для собственного потребления без перетока во внешнюю сеть (self-consumption mode). Таким образом достигается уменьшение потребления от внешней сети – сокращение расходов на электроснабжение. Схема для частного дома представлена на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Сетевая солнечная станция в режиме самопотребления.

Инвертор генерирует электроэнергию во внутреннюю сеть здания или предприятия, сокращая потребление из внешней сети. При отсутствии гарантированного потребления всей выработанной электроэнергии необходимо либо согласовать поставку излишек в сеть через двухпоточный электросчетчик, либо установить дополнительное устройство, которое уменьшает выработку сетевого инвертора при возникновении перетока во внешнюю сеть.

3. Схема подключения солнечных панелей типа «остров».

«Островные» технологии – последнее слово в развитии технологий электроснабжения. Основное преимущество – возможность одновременного использования различных источников энергии: основной сети, генератора, солнечных панелей, ветрогенераторов, гидростанций. Второй плюс – кластерные технологии: трёхфазная сеть формируется из трёх связанных однофазных устройств, мощность каждой фазы при необходимости может наращиваться параллельным подключением аналогичных устройств на фазу.

Основа таких систем – двунаправленный инвертор (например, рисунок 3.1 – Victron Quattro).

Благодаря широкой функциональности с помощью такого устройства реализуется большое количество схем электроснабжения.

- 1) повышение мощности: возможность программирования максимального тока, который берется от сети, и дополнение его током от АКБ и других источников энергии при скачках мощности выше заданной;
- 2) система ИБП: в случае аварии основной сети переход на электроснабжение от других источников и АКБ;

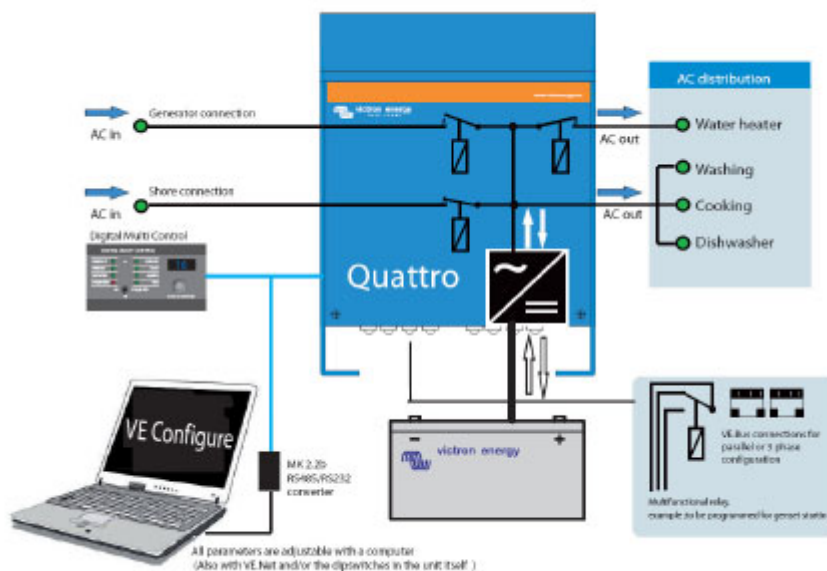


Рисунок 3.1 – Двунаправленный инвертор Victron Quattro.

- 3) автономное электроснабжение: возможность одновременного использования различных источников источников энергии, подключаемых через сетевые инверторы на стороны нагрузки по переменному току или через зарядные устройства на АКБ в совокупности с управляемым бензиновым генератором (рисунок 3.2);

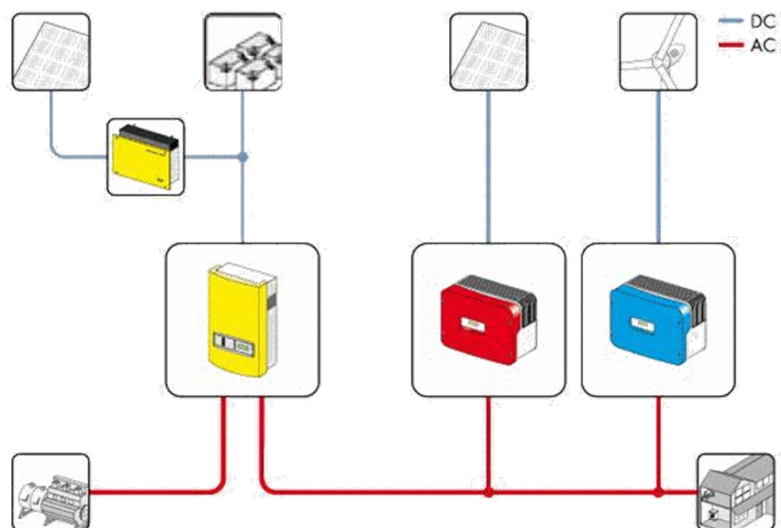


Рисунок 3.2 – Автономная островная система с несколькими источниками энергии.
 4) возможность построения однофазных и трёхфазных сетей;
 5) возможность постепенного блочного увеличения мощности инверторов и генерирующей мощности, организации распределенной генерации (рисунок 3.3).

Выше представлена только часть функциональных возможностей. Указанные системы очень гибкие и позволяют решать конкретные задачи клиента.

Минусом данных систем является высокая цена основного элемента – двунаправленного инвертора, и дополнительного необходимого элемента – АКБ.

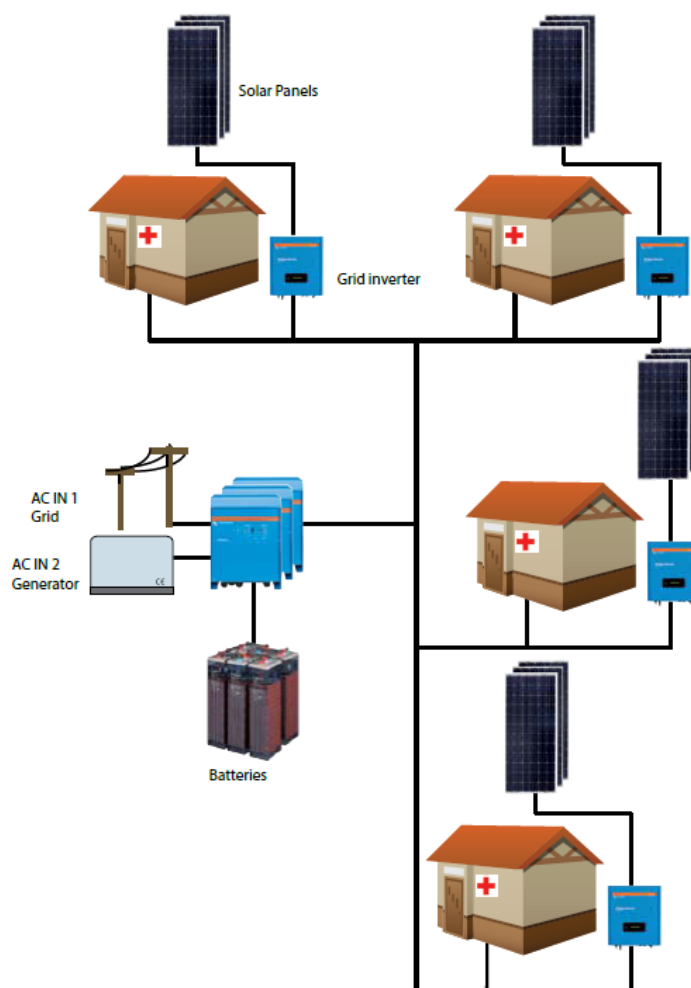


Рисунок 3.3 – Распределенная генерация и последовательное увеличение мощности.

4. Схема прямого нагрева от солнечных панелей.

Вариант использования солнечных панелей для прямого нагрева воды набирает в последнее время популярность в Европе. Тем самым заменяя использование солнечных коллекторов для нагрева воды.

Есть различные варианты данных систем. В самых простых солнечные панели объединяются последовательно в группу до нужного напряжения для тэна (обычно это 250-300 В для минимизации потерь на кабеле). Потом группы объединяются параллельно до нужной мощности и через контактор подключаются к электротэну, который нагревает воду. Системой управляет терморегулятор, который по датчикам температуры в ёмкости подключает панели или отключает. Всё, что панели вырабатывают, подается на тэн и идёт на нагрев воды.

В более сложных систем небольшой мощности (1,5-3 кВт) имеются отдельные МРРТ входы для 3 входов по две панели на каждый вход (рисунок 4.1). Это позволяет повысить эффективность использования для небольших частных домов.

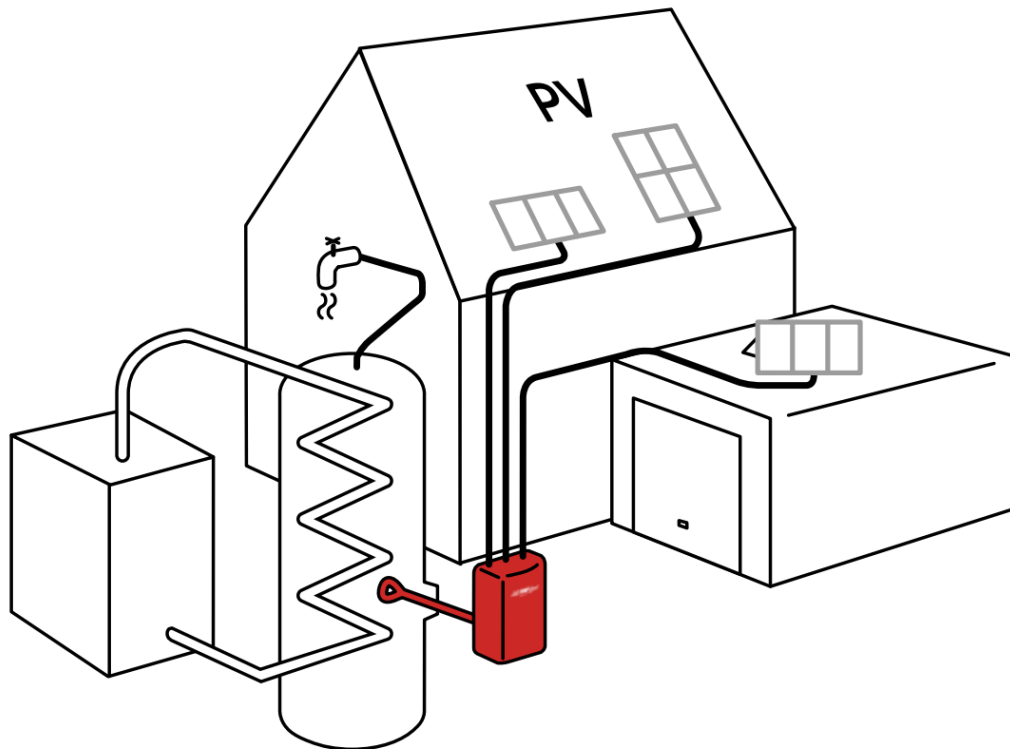


Рисунок 4.1 – Использование солнечных панелей на нагрев воды.

По сравнению с солнечными коллекторами у такой системы есть некоторые плюсы:

- 1) отсутствие солнечного контура с теплоносителем: нет необходимости в утеплителе, циркуляционном насосе и расширительном баке и их обслуживании, отсутствие протечек, не надо менять теплоноситель раз в два года, простота прокладки кабеля по сравнению с трубами;
- 2) отсутствие перегрева в летнее время с последующим необходимым сервисным обслуживанием;
- 3) практическая или полная независимость от наличия электроэнергии в сети;
- 4) гарантированный срок службы более 20 лет;
- 5) простота монтажа;
- 6) простота сервисного обслуживания и значительное сокращение затрат на него;
- 7) наличие генерации тепла в зимнее время, когда солнечный коллектор не имеет достаточно солнца, чтобы прогреться до рабочей температуры.

Минусами по сравнению с солнечными коллекторами является:

- 1) значительно большая занимаемая площадь (где-то в 4 раза обратно пропорционально КПД);
- 2) приблизительно в полтора раза больше разовая стартовая стоимость комплекта оборудования на аналогичную мощность.

5. Выбор оптимальных решений.

Из начальных условий, влияющих на критерий выбора решений, стоит отметить следующие:

- 1) здание – многоэтажный жилой дом с возможностью установки солнечных панелей на плоской крыше и торцевой южной стене;
- 2) использование тепловых насосов для нагрева воды и отопления, использование рекуперативной вентиляции – увеличенное потребление электроэнергии зданием.

В таких случаях наиболее оптимальным решением будет использовать минимальное количество преобразователей, а так же отказаться от накопителей в виду их дороговизны и потерях на них электроэнергии. Оптимальным решением становится установка солнечной сетевой станции с прямой генерацией электроэнергии в сеть здания. Таким образом достигаются наименьшие потери (один преобразователь – сетевой инвертор) и максимально рациональное использование электроэнергии.

В отдельных случаях для повышения надежности можно рассмотреть возможность установки оборудования для обеспечения бесперебойного электроснабжения тепловых насосов. Т.е. установка двунаправленных инверторов необходимой мощности с аккумуляторной батареей и переключение сетевых инверторов солнечной станции на генерацию во внутреннюю сеть тепловых насосов, для обеспечения минимальной производительности, необходимой для поддержания тепла в здании в аварийных ситуациях.

При установке солнечных панелей на плоской крыше под углом 38-40 градусов к горизонту достигается наивысшая производительность, приблизительно равная $1000\text{кВт}\cdot\text{ч}/1\text{кВт}$. Но при этом стоит учитывать большую занимаемую площадь, т.к. между рядами солнечных панелей необходимо оставлять промежутки для исключения взаимного затенения. Достигается заполнение площади около 30%.

В случае установки солнечных панелей на фасаде здания в южном направлении достигается производительность в $860\text{кВт}\cdot\text{ч}/1\text{кВт}$. Но при этом достигается заполнение площади стены почти на 100%. Дополнительно по желанию заказчика возможен выбор между черными панелями из монокристаллического кремния и синими панелями из поликристаллического кремния. По оценкам моделирования они дают приблизительно одинаковые результаты по производительности, но ввиду большего КПД монокристаллических панелей можно получить с единицы площади большую мощность, а следовательно и суммарную годовую выработку. Но и стоимость таких панелей за 1 Вт номинальной мощности выше.

Дополнительно, при установке солнечных панелей как элементов вентилируемого фасада, повышается экономический эффект за счет вычитания стоимости фасадных панелей. Если раньше фасад нес только эстетическую нагрузку и защиту утеплителя, то теперь он еще и вырабатывает электроэнергию, т.е. со временем себя окупает.

Таким образом, можно подытожить, что наиболее оптимальным будет использование различных сетевых схем использования солнечных панелей, что даст максимальную выработку электроэнергии на нужды здания. Наиболее эффективным вариантом по заполнению площади будет использование солнечных панелей на фасадах здания как элемент вентилируемого фасада. В случае, если площадь крыши остается свободной, туда можно дополнительно установить возможное число панелей.