

Лекция 7

Факторы, влияющие на эффективность солнечной батареи

Фотоэлектрическая солнечная станция предназначена для прямого преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию. Главным элементом фотоэлектрических солнечных станций являются солнечные батареи. Они состоят из тонких пленок кремния или других полупроводниковых материалов и могут преобразовывать солнечную энергию в постоянный электрический ток.

Фотоэлектрические преобразователи отличаются надежностью, стабильностью, а срок их службы практически не ограничен. Они могут преобразовывать как прямой, так и рассеянный солнечный свет. Небольшая масса, простота обслуживания, модульный тип конструкции позволяет создавать установки любой мощности.

Одними из наиболее используемых солнечных электростанций являются фотоэлектрические электростанции.

Принципы работы фотоэлектрической солнечной электростанции практически не отличаются от принципов работы обычной электростанции, за исключением наличия аккумуляторных батарей.

Основные принципы работы солнечной электростанции:

1. Получение солнечной энергии за счет установленных солнечных батарей (солнечных модулей).
2. Подзарядка аккумуляторов, которые обеспечивают бесперебойную подачу электроэнергии к потребителю.
3. Подача электрической энергии в сеть потребителю.
4. Вывод излишков электрической энергии в магистральные сети электроснабжения (при наличии).

На рисунке 32 представлена схема работы фотоэлектрической солнечной электростанции для автономного обеспечения объекта.

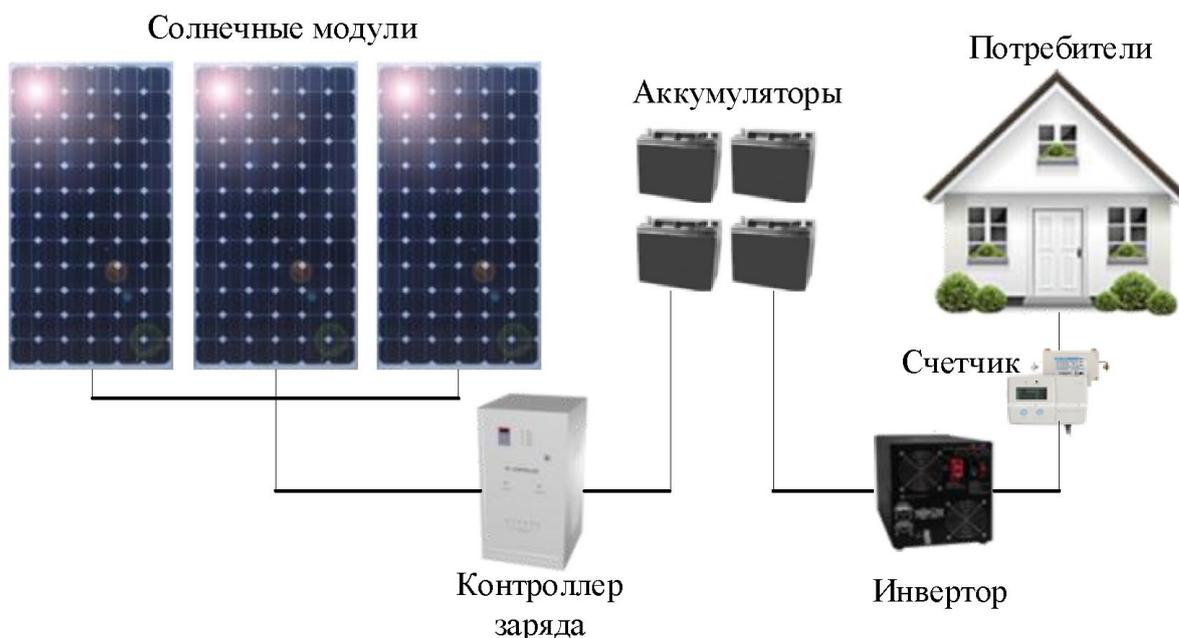


Рисунок 32 - Схема автономного обеспечения объекта

Данная схема работы солнечной электростанции относится к автономному типу солнечных фотоэлектрических установок, в которых потребитель питается только от солнечных батарей.

Дополнительным оборудованием для фотоэлектрических солнечных электростанций являются:

- контроллеры заряда;
- аккумуляторные батареи;
- инверторы;
- соединительные кабели и коннекторы.

Контроллер заряда-разряда аккумуляторной батареи (АКБ) является одним из важнейших компонентов фотоэлектрической солнечной электростанции. Он выступает своеобразным связующим звеном между солнечной батареей и аккумуляторной батареей. В его основные функциональные обязанности входит:

- автоматическое подключение солнечной батареи на заряд АКБ;
- многостадийный заряд аккумуляторной батареи;
- автоматическое отключение солнечной батареи при полном заряде АКБ;
- автоматическое отключение нагрузки при установленном уровне разряда АКБ;
- переподключение нагрузки при восполнении заряда АКБ

[58]. Некоторые модели контроллеров имеют:

- встроенные реле времени, позволяющие подключать, например, ночное освещение (при этом сам солнечный модуль используется контроллером в качестве фотозлемента для оценки времени суток);
- возможность заряда двух независимых АКБ;
- коммуникационный порт для связи с компьютером для мониторинга, записи данных и ввода дополнительных параметров;
- возможность утилизации излишней энергии на нагревательные элементы ТЭНы;
- специальное влагостойкое исполнение.

Все эти функции необходимы для сохранения ресурса аккумуляторных батарей, преждевременный выход из строя которых повышает расходы на обслуживание системы.

Большинство контроллеров имеет большое количество степеней защиты:

- защита от неверной полярности подключения солнечной батареи (СБ), АКБ и нагрузки;
- защита от короткого замыкания (КЗ) на входе СБ;
- защита от КЗ в нагрузке;
- защита от перегрева;
- защита нагрузки от перенапряжения на входе;
- защита от молний варистором;
- защита от обрыва в цепи АКБ;
- предотвращение разряда АКБ через СБ в ночное время;
- электронный предохранитель.

Аккумулятор - это буфер для накопления электрической энергии при помощи обратимых химических процессов. Аккумуляторы можно объединять в моноблоки, называемые **аккумуляторными батареями**.

Аккумуляторы, применяемые в различных энергетических системах, различаются по номинальному напряжению; номинальной емкости; габаритам; типу электролита; ресурсу; скорости заряда; стоимости; рабочему диапазону температур и пр. (рисунок 33).

Аккумуляторы в фотоэлектрических системах обязаны удовлетворять определенным требованиям. Они должны иметь:

- большую цикличность (количество выдерживаемых циклов заряда/разряда);
- малый саморазряд;
- широкий диапазон рабочих температур;

- минимальное обслуживание.



Рисунок 33 - Общий вид аккумуляторов разного типа для автономных и резервных систем

Чем глубже разряжается аккумулятор, тем меньше срок его службы.

С учетом вышеизложенных требований для различных систем электроснабжения созданы аккумуляторы «глубокого циклирования» (deep cycle), или «глубокого разряда», которые лучше переносят постоянные относительно глубокие разряды и последующие заряды. Эти аккумуляторы более правильно называть аккумуляторами для циклических режимов работы. Однако устоялось название «глубокого циклирования» (deep cycle), или «глубокого разряда».

Аккумуляторы глубокого разряда имеют более толстые усиленные пластины, а также специальные добавки, которые позволяют более стойко переносить глубокие разряды. Активный материал также имеет более высокую плотность. Более толстые пластины позволяют запастись больше энергии в активном материале пластин и выдавать больше энергии при медленном разряде. Активный материал с повышенной плотностью остается в контакте с пластинами дольше, что задерживает естественный процесс деградации при циклировании. Такие аккумуляторы обычно используются там, где батареи глубоко разряжаются, а потом заряжаются. Применяемые специальные технологии позволяют регулярно разряжать эти батареи на 40-50 % без значительного уменьшения срока их службы.

В связи со значительным снижением цен на солнечные панели за последние годы, АКБ стали самым дорогостоящим элементом фотоэлектрической станции. Их первоначальная стоимость велика, и к тому же они являются практически расходным материалом. Из этого следует, что нужно обращать особое внимание на выбор АКБ для проекта, а также их последующую правильную эксплуатацию.

Инвертор (от лат. *inverto* - переворачивать) в широком смысле имеет значение преобразователя. На рисунке 28 показаны инверторы разного конструктивного исполнения. Это прибор, который инвертирует постоянное напряжение АКБ в переменное. В составе солнечной электростанции (СЭС) он применяется, когда необходимо запитать от АКБ нагрузку переменного тока.

Инверторы бывают двух основных типов.

Первый тип - это инверторы, которые как выходной сигнал генерируют так называемую чистую синусоиду. Инверторы с чистой синусоидой дают на выходе высококачественное напряжение, поэтому подходят для всех сверхчувствительных к малейшим изменениям напряжения приборов.

Второй тип инверторов выдает сигнал в виде модифицированной синусоиды. Модифицированная синусоида (квазисинусоида) может по форме быть прямоугольником (меандр), трапецией, ступенчатой синусоидой и т. д.

Необходимо отметить наиболее важные параметры для выбора инвертора:

- номинальная мощность инвертора - эта характеристика определяется долговременной мощностью нагрузки;
- пиковая мощность инвертора - этот параметр должен превышать максимальную нагрузку с учетом пусковых мощностей приборов;
- по возможности необходимо выбирать инвертор с чистым синусом;
- зарядное устройство для блоков бесперебойного питания (ББП) должно иметь

достаточную мощность для заряда аккумуляторного блока за приемлемое время, а также быть достаточно интеллектуальным, чтобы правильно заряжать данный тип АКБ;

- если это БПП, то должна быть настройка напряжения «отсечки», т. е. низкого уровня напряжения АКБ, при котором прекращается генерация, во избежание глубокого разряда АКБ;

- зарядное устройство должно иметь выносной датчик температуры для температурной компенсации зарядных напряжений заряда в зависимости от температуры АКБ;

- если система автономная, то желательно наличие у инвертора малого потребления на холостом ходу, а также спящего режима, который позволяет снижать потребление и увеличивать эффективность системы.



Рисунок 34 - Инверторы разного исполнения для систем резервного и солнечного электроснабжения

Следует отметить перечень основных возможностей, которыми отличаются современные инверторы:

1) возможность настраивания зарядных напряжений каждой стадии, продолжительности стадий заряда, внесение температурной компенсации в эти напряжения;

2) возможность задания предельных параметров входного переменного напряжения (частоты, напряжения). Если внешнее напряжение не выходит за эти границы, то БПП транслирует внешнее напряжение сети к нагрузкам;

3) наличие вспомогательного выхода AUX (от англ. *auxiliary* - вспомогательный). Этот выход программируется для срабатывания по определенным событиям и позволяет управлять многими внешними устройствами;

4) возможность использовать энергию альтернативных источников питания приоритетно;

5) возможность масштабирования, т. е. наращивания мощности системы за счет параллельного включения инверторов;

6) возможность конфигурирования инверторов в трехфазную систему;

7) наличие большого перечня защитных функций.

Иногда контроллер заряда встраивают в инвертор. Существует еще один тип инверторов. Эти инверторы созданы для прямого взаимодействия с внешней сетью. Они применяются в системах, носящих название *grid-tie*. Суть их работы состоит в следующем: на вход сетевого инвертора поступает напряжение от массива солнечных модулей. Модули при этом объединены в высоковольтные цепочки (до 1000 В и более). Имея на входе MPPT контроллер, сетевые инверторы могут отслеживать напряжение максимальной мощности, которое затем инвертируется в переменное и подмешивается к электрической сети. Энергия, генерируемая солнечными батареями, потребляется при этом нагрузками приоритетно, а недостаток потребляется из сети.

Соединительные кабели и коннекторы входят в состав дополнительного оборудования для солнечных фотоэлектрических электростанций.

При выборе кабеля следует учитывать, что сопротивление отрезка кабеля обратно пропорционально его сечению. Кроме сечения нужно стараться выбрать максимально короткую для прокладки трассу. Те участки кабеля, которые находятся вне помещения, должны быть устойчивы к негативным погодным условиям и особенно к

ультрафиолетовому излучению, которое со временем разрушает оболочку кабеля.



Рисунок 35 - Соединительные кабели для солнечных систем

Для наружной прокладки применяется специальный «солнечный» кабель для солнечных батарей. «Солнечный» кабель обладает всеми свойствами, необходимыми для монтажа. А именно - это одножильный многопроволочный провод в специальной двухслойной изоляции, которая защищает его от всех типов воздействия окружающей среды (дождь, снег, ультрафиолетовое излучение, температурные перепады). Наружная изоляция чрезвычайно устойчива к воздействию температуры, ультрафиолета и даже грызунов. Кабель не нуждается в дополнительной защите в виде гофры или кабель-канала. Применение этого кабеля позволит избежать возможных проблем при эксплуатации солнечных батарей.

Для облегчения монтажа при сборке фотоэлектрической системы существуют специальные герметичные коннекторы. Для того чтобы запараллелить большее количество модулей при помощи специальных коннекторов, изготавливаются герметичные соединительные коробки.



Рисунок 36 - Соединительные коннекторы разного конструктивного исполнения для солнечных систем

5.4.1.2 Солнечные батареи и коммутация с сетью

На рисунке 37 представлена схема работы фотоэлектрической солнечной электростанции с солнечными батареями и коммутацией с сетью. Данная схема солнечной электростанции относится к типу соединенных с сетью солнечных фотоэлектрических установок. В схеме используется автоматический ввод резерва и соответственно устройства автоматического ввода резерва (АВР)*, позволяющие переключить питание объекта при отсутствии солнечной энергии и полном разряде аккумуляторов на электросеть. Автоматический ввод резерва - основной метод защиты бесперебойной работы сети электроснабжения.

* *Автоматический ввод резерва (Автоматическое включение резерва)* - способ обеспечения резервным электроснабжением нагрузок, подключенных к системе электроснабжения, имеющей не менее двух питающих вводов и направленный на повышение надежности системы электроснабжения. Заключается в автоматическом подключении нагрузкам резервных источников питания в случае потери основного

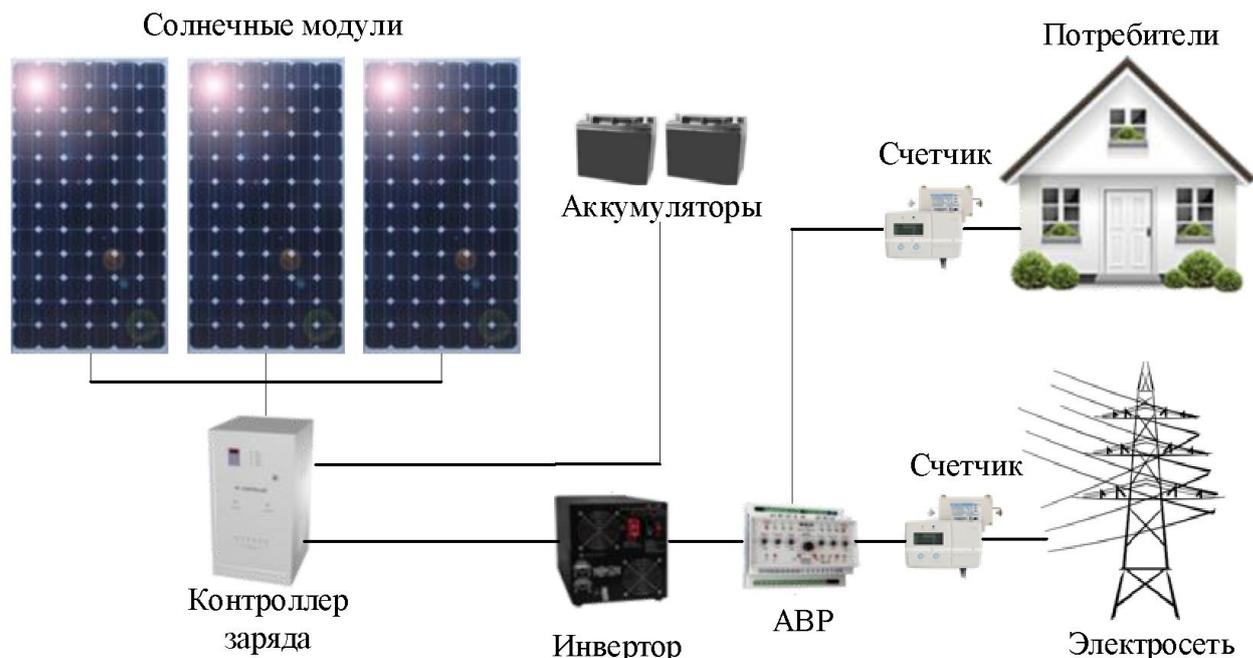


Рисунок 37 - Солнечные батареи и коммутация с электросетью

АВР производит автоматическое переключение между несколькими источниками электропитания за промежутков в 0,5 секунды при исчезновении основного источника. Позволяет объединить солнечные батареи, ветроустановку, общественную электросеть, дизель-генератор и другие источники питания в единую автоматизированную систему. АВР не позволяет работать сети одного объекта одновременно от двух разных источников питания.

Существуют общие требования к устройствам АВР:

- Должен срабатывать за минимально возможное после отключения рабочего источника энергии время.

- Должен срабатывать всегда в момент исчезновения напряжения на шинах потребителей, независимо от причины. В случае работы схемы дуговой защиты АВР может быть заблокирован, чтобы уменьшить повреждения от короткого замыкания. В некоторых ситуациях требуется задержка переключения АВР. Например, при запуске мощных двигателей на стороне потребителя, схема АВР должна игнорировать просадку напряжения.

- Должен срабатывать однократно. Это требование обусловлено недопустимостью многократного включения резервных источников в систему с не устранённым коротким замыканием.

Устройства АВР обеспечивают:

- постоянный контроль наличия напряжения в цепях основного и резервного источников питания;

- непрерывное сравнение текущих значений напряжения основного и резервного источников питания с заранее заданными максимальным и минимальным допустимыми значениями отклонения напряжения от номинального;

- постоянный контроль правильности чередования фаз основного и резервного источников сетевого питания;

- автоматическое восстановление электропитания потребителей электрической энергии путем присоединения резервного источника питания за время менее 1 сек., в случаях пропадания напряжения основного источника питания, выхода его за заданные пределы или изменения чередования фаз;

- по команде оператора осуществление отказа от использования основного или

резервного питания;

- визуальный контроль наличия напряжений основных и резервных вводов, включения контакторов, коммутирующих на нагрузку основной, либо резервной источники питания, а также нарушения фазировки сетевых напряжений.

5.4.1.3 Солнечные батареи и резервный дизель-генератор

Схема работы фотоэлектрической солнечной электростанции с солнечными батареями и коммутацией с сетью представлена на рисунке 38

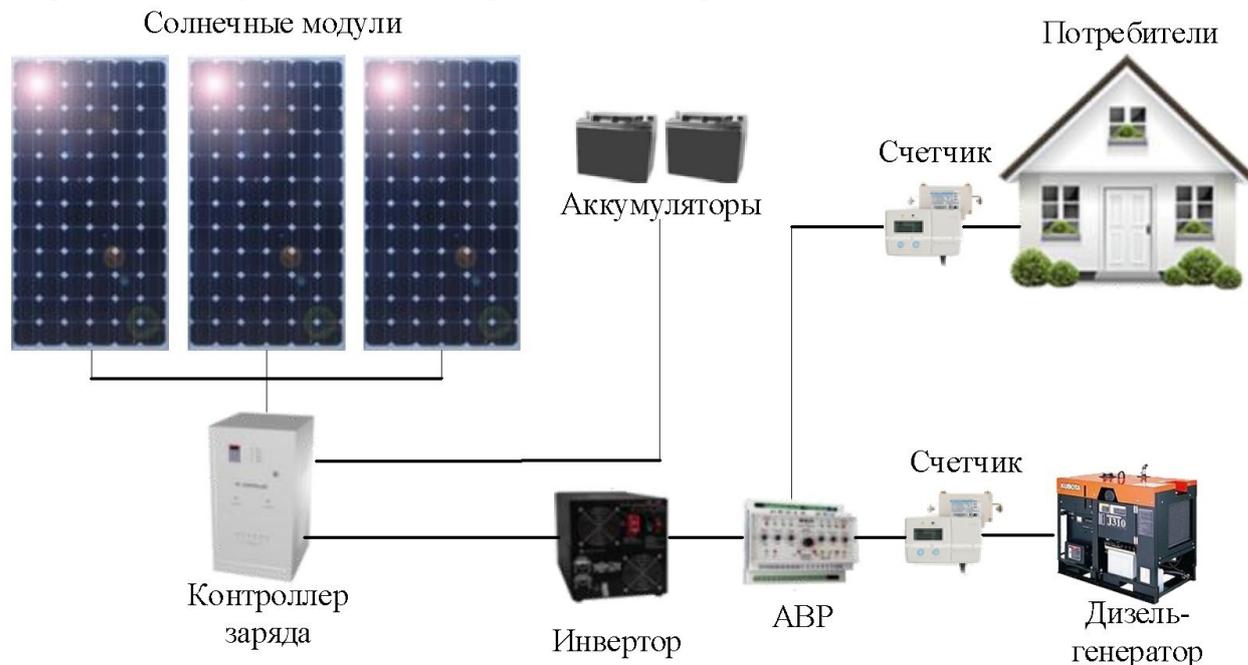


Рисунок 38 - Солнечные батареи и резервный дизель-генератор

Данная схема работы солнечной электростанции относится к типу резервных систем солнечных фотоэлектрических установок, когда отсутствует подключение к электросетям. В случае отсутствия солнца и разряде аккумуляторных батарей происходит автоматический запуск резервного генератора с подзарядкой аккумуляторной станции.

5.4.1.4 Гибридная автономная система «солнце - ветер»

Через гибридный контроллер или с помощью отдельного контроллера для ветроустановок к системе солнечной электростанции возможно подключение ветрогенератора. Схема гибридной автономной системы «солнце - ветер» представлена на рисунке 39. Данная схема позволяет создать полностью автономную систему практически бесперебойного питания за счет возобновляемых источников энергии. Для резервирования возможно подключение еще АВР и дизель-генератора, тогда система будет практически полностью бесперебойной.

Основное преимущество гибридных систем «солнце - ветер» - это совместное использование солнечной энергии и энергии ветра, что в свою очередь позволяет увеличить надежность системы. Дополнительно может быть уменьшен размер батарей, поскольку используется несколько источников энергии. Часто бывают случаи, когда в отсутствии солнца, дует сильный ветер.

Каждый из представленных ранее на схемах подходов можно комбинировать. Тем самым можно построить ту систему, которая необходима по показателям мощности, бесперебойности и цены.

Первое достоинство солнечной фотоэлектрической станции - это модульность, в зависимости от необходимого потребления и природных особенностей места размещения компонентов электростанции, можно сконфигурировать необходимое количество фотоэлектрических панелей, выбрать нужное число аккумуляторов, подобрать наиболее подходящий контроллер. Солнечная электростанция может быть преобразована в любой момент для увеличения объема производимой энергии.

Второе достоинство, которым обладает солнечная фотоэлектрическая электростанция это существенный ресурс работы всех узлов электростанции, к примеру, срок работы фотоэлектрических панелей превышает 25 лет, контроллеры также имеют сопоставимый ресурс.

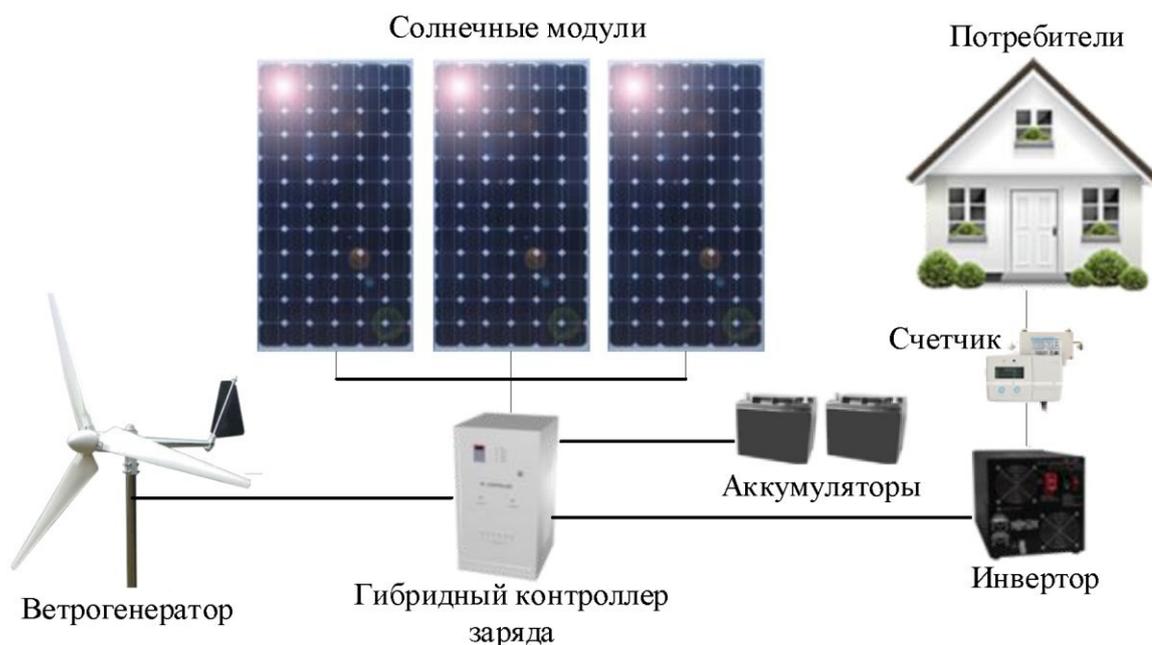


Рисунок 39 - Гибридная автономная система «солнце - ветер»

Третье: солнечные электростанции не требуют использования дополнительных топливных ресурсов, для получения электричества необходима только энергия солнца.

Во внимание следует принять тот факт, что солнечная фотоэлектрическая электростанция прекрасно интегрируется с инфраструктурой «умного дома», что позволяет открывать неведомые ранее возможности, например удаленный мониторинг количества потребляемой и произведенной энергии, уровень заряда аккумуляторов электростанции.

Не стоит упускать из виду такой фактор, как экологичность оборудования - она является практически абсолютной. Комплекс оборудования электростанции не загрязняет воздух, не выделяет токсичные соединения.

Заметного развития достигло и электронное оборудование, которое обеспечивает преобразование и передачу электрической энергии. На сегодня солнечная фотоэлектрическая электростанция - это совокупность современного и высокотехнологичного оборудования, использующего научные достижения во многих областях науки. Например, никто не будет подключать солнечные батареи напрямую к нагрузке. Для решения задачи передачи энергии от фотоэлектрических панелей в солнечной станции используется устройство под названием контроллер. На смену сравнительно старым солнечным контроллерам, приходит новое поколение солнечных МРРТ-контроллеров, которые имеют ряд дополнительных функциональных возможностей по управлению зарядом аккумуляторных батарей, автоматическому переключению нагрузки, мониторингу параметров электростанции, обеспечению различных степеней защиты и т. д. Солнечные электростанции, использующие МРРТ-контроллеры, обладают до 25 % большей эффективностью преобразования энергии.

Солнечные фотоэлектрические электростанции могут быть подключены

непосредственно к электрической сети промышленных электростанций, что позволяет им работать совместно. В этом случае конфигурация фотоэлектрических станций упрощается - отсутствует необходимость в аккумуляторных батареях, а вся электрическая энергия передается потребителям через промышленную сеть. Таким образом, потребители могут получать энергию полностью или частично и из обычной сети, например, в ночное время, когда солнечная система не работает, либо зимой когда солнечные батареи работают с низкой эффективностью.

5.4.1 Башенные солнечные электростанции

В основе башенных электростанций изначально лежал принцип испарения воды под действием солнечного излучения. Расположенная в центре такой станции башня, имеет на вершине резервуар с водой, который окрашен в черный цвет для наилучшего поглощения как видимого излучения, так и тепла (рисунок 40). Излучение от оптической концентрирующей системы, образованной полем гелиостатов, направляется на установленный на башне приемник энергии солнечного излучения.



Рисунок 40 - Башенная солнечная электростанция

Все гелиостаты (по своей сути обычные зеркала, закрепленные на подвижной опоре) соединены между собой компьютерной системой позиционирования, которая и является сердцем солнечной электростанции башенного типа. Она, в зависимости от месторасположения солнца, поворачивает все гелиостаты таким образом, чтобы отраженные лучи направлялись на резервуар

Кроме этого в башне имеется насосная группа, функция которой - доставлять воду в резервуар. Пар, температура которого превышает $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, вращает турбогенератор, расположенный на территории станции.

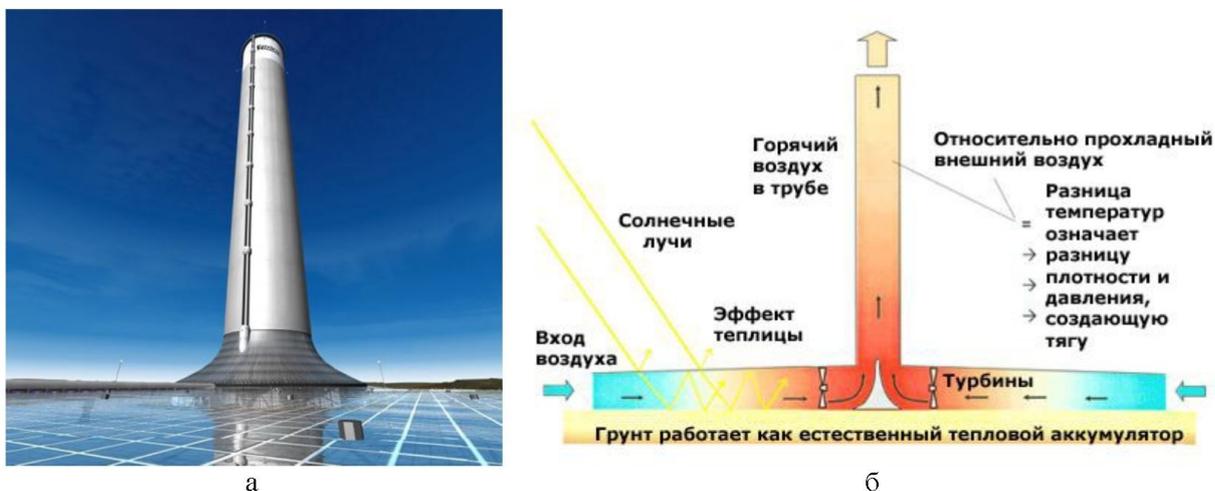
Вода - не единственное, что может нагреваться солнечным излучением в башне. Например, в Испании в 2011 году ввели в эксплуатацию солнечную электростанцию башенного типа «Gemasolar», в которой нагревается жидкий теплоноситель на основе соли. Это решение позволило сохранять тепло даже в ночное время.

Разогретая до $565\text{ }^{\circ}\text{C}$ соль поступает в специальный резервуар, затем передает тепло парогенератору, который вращает турбину. Вся система обладает номинальной мощностью 19,9 МВт и способна подать 110 ГВтч электрической энергии (в среднем за год) для питания сети из 27 500 домовладений, круглосуточно работая в полную силу в течение 9 месяцев.

Высокий проектный КПД, достигающий более 20 %, и возможность закладывания больших мощностей делают этот тип солнечных электростанций очень популярным .

5.4.2 Солнечно-вакуумные электростанции

Солнечно-вакуумные электростанции (СВЭС) используют энергию воздушного потока, искусственно создаваемого путем использования разности температур воздуха, нагреваемого солнечными лучами на закрытом прозрачными стеклами участке, у поверхности земли и на некоторой высоте (рисунок 41).



а - общий вид, б - монтажная схема
Рисунок 41 - Солнечно-вакуумная электростанция

Идея подобной электростанции была запатентована в 1929 году во Франции. Принцип построения такой электростанции следующий.

Сооружается оранжерея, представляющая собой накрытый стеклом участок земли. Из центра оранжереи выступает башня, высокая труба, у основания которой расположены воздушные турбины с электрогенераторами. Солнце разогревает оранжерею, и воздух, устремляясь через трубу вверх, вращает турбины. Вырабатываемая мощность растет с ростом разности температур, которая увеличивается с высотой башни. Тяга сохраняется постоянной, пока солнце разогревает воздух в закрытом стеклом объеме, и даже ночью, пока поверхность земли сохраняет тепло.

Температура окружающего воздуха падает примерно на градус на каждые сто метров высоты. Вместе с нагревом приземного воздуха за счёт эффекта парника в башне обеспечивается хороший перепад температур снаружи и внутри, а значит, и хорошая вертикальная тяга.

Солнечно-вакуумная электростанция предназначена для надежного энергообеспечения малых городов и сел, а также замены дизельных и котельных электростанций, стоимость энергии которых в несколько раз превышает экономически целесообразные цены, что слишком накладно для населения и это сдерживает развитие экономики этих поселений.

Преимущества, а также научно-прикладная и потребительская новизна СВЭС заключаются в следующем:

- в башне отсутствуют какие-либо машущие или подвижные конструкции, создающие динамические воздействия и шум;
- тяга в башне СВЭС зависит не от абсолютного значения температуры в теплице, а от разности температур воздуха в ней и воздуха, окружающего трубу на большой высоте. Потому солнечно-вакуумная электростанция может работать практически в любую погоду;
- СВЭС обеспечивает получение экологически чистой, доступной по цене электроэнергии без нефтепродуктов, газа или другого не возобновляемого топлива в установках, приближенных к потребителю;
- СВЭС в отличие от известных солнечных и ветряных электростанций используют в одной установке как солнечную, так и ветряную энергию, что существенно повышает

надежность энергоснабжения;

- строительство СВЭС может вестись из обычных строительных материалов, а также предусмотрена возможность строительства башни как из стали, так и из алюминиевых панелей полной заводской готовности.

5.4.3 Солнечные электростанции тарельчатого типа

Принципиально солнечные электростанции тарельчатого типа похожи на башенные, однако есть отличия в конструкции самой станции (рисунок 42).



Рисунок 42 - Солнечная электростанция тарельчатого типа

Солнечные электростанции тарельчатого типа в своей работе используют двигатель Стирлинга.

Станция состоит из отдельных модулей, каждый из которых генерирует электричество. Модуль состоит из опоры, на которую крепится ферменная конструкция приемника и отражателя - параболической сборки из зеркал. Параболоидные концентраторы напоминают по форме тарелку, и такие электростанции называются электростанциями тарельчатого типа.

Диаметр зеркала может достигать до двух метров, а количество зеркал - до нескольких десятков (в зависимости от мощности модуля). Такие станции могут состоять как из одного модуля (автономные), так и из нескольких десятков (работа параллельно с сетью).

Приемник находится на некотором удалении от отражателя, и в нем концентрируются отраженные лучи солнца. К приемнику подключен двигатель Стирлинга, совмещенный с генератором. Двигатель может преобразовывать тепловую энергию непосредственно в механическую работу или электричество. Запатентованные еще в 1816 году, двигатели Стирлинга в настоящее время получают самое широкое распространение. Экологически чистые, без каких-либо выбросов в атмосферу, работающие практически бесшумно и от любых внешних источников тепла, они поставлены сейчас на службу в солнечных тепловых электростанциях.

Для дальнейшего использования двигателей Стирлинга в качестве одного из основных компонентов электростанции потребовалось их усовершенствование. После соответствующих модернизаций стало возможным преобразовывать возвратно-поступательное движение поршня в электричество без промежуточных кривошипно-шатунных механизмов. Тем самым была достигнута очень высокая эффективность тепловой солнечной электростанции. Такие системы могут достигать КПД более 30 %.

Солнечные электростанции с параболическими концентраторами

Если башенные и тарельчатые солнечные тепловые электростанции относятся к одноконтурным установкам (пар из приемников поступает непосредственно на турбогенераторы), то электростанции на параболоцилиндрических концентраторах относятся к разряду двухконтурных. В электростанциях этого типа рабочим является теплоноситель, который отдает свое тепло парообразующей среде.

Конструктивно эти электростанции выполнены следующим образом. На бетонных или металлических опорах установлены сотни, тысячи параболоцилиндрических зеркал. Зеркало в форме параболического цилиндра, до 50 метров в длину, располагается в направлении север юг, и вслед за движением солнца вращается. В фокусе этих парабол устанавливается трубка со светопоглощающим покрытием, по которой циркулирует теплоноситель (рисунок 43).



Рисунок 43 - Солнечная электростанция с параболическими концентраторами

Чаще всего в качестве теплоносителя используется масло, разогретое до 400 °С. Теплоноситель, проходя весь длинный путь по зоне нагрева в парабоидах, поступает в теплообменник. Температура теплоносителя настолько высока, что вода в теплообменнике очень быстро превращается в пар, который затем поступает на парогенератор, где происходит процесс преобразования электроэнергии так же, как на обычных электростанциях.

В 80-е годы XX века в Калифорнии компания Luz International построила 9 таких электростанций, их общая мощность составила 354 МВт. Однако после нескольких лет практики специалисты пришли к заключению, что в настоящее время параболоцилиндрические электростанции уступают как по рентабельности, так и по эффективности солнечным электростанциям башенного и тарельчатого типов.

Несмотря на это, в 2016 году в пустыне Сахара, неподалеку от Касабланки, была открыта электростанция на солнечных концентраторах, мощностью 500 МВт. На электростанции полмиллиона 12-метровых зеркал разогревают теплоноситель до 393 °С, чтобы превратить воду в пар для вращения генераторных турбин. Ночью тепловая энергия продолжает работать, будучи сохраненной в расплавленной соли.

Комбинированные солнечные электростанции

Для малой энергетики совокупное использование ветрогенераторов и солнечных батарей позволяет обеспечивать полную энергонезависимость жилья. Любая комбинированная солнечно-ветровая система включает в свой состав солнечные панели, ветрогенератор, контроллеры заряда, инвертор и аккумуляторы для сохранения энергии. Характеристики компонентов должны подбираться индивидуально. Они зависят от потребностей потребителя, которые должна удовлетворять система.

Что касается комбинированных солнечно-топливных электростанций (СТЭС) - это высокоманевренные станции, обладающие возможностью обеспечивать постоянную нагрузку топливного парогенератора (ТПГ) и как следствие этого, исключить пережоги топлива в пусковых и переходных режимах. Наличие солнечной энергетической установки (СЭУ) в составе солнечно-топливной электростанции наделяет паротурбинную установку возможностью отслеживать график нагрузки, т. е. участвовать в регулировании диспетчерского графика нагрузки объединенной энергосистемы. Следовательно, солнечно-топливная электростанция позволяет на уровне мощности ТПГ нести базисную нагрузку и дополнительно выдавать маневренную мощность от СЭУ, для этого должен быть предусмотрен турбогенераторный резерв мощности на СТЭС. Таким образом, солнечно-топливная электростанция обладает возможностью выдавать два вида электроэнергии: базисную и пиковую.

Комбинированная солнечно-топливная электростанция обеспечивает более высокую надежность энергоснабжения по сравнению с чисто СЭС, поскольку на СТЭС отсутствует жесткая связь между приходом и уровнем солнечной радиации, с одной стороны, и выработкой электроэнергии, с другой - благодаря установке на СТЭС топливного парогенератора с производительностью, обеспечивающей номинальную мощность всей станции.

Однако доля солнечной энергетической установки (СЭУ) по отношению к мощности топливного парогенератора (ТПГ) является параметром, зависящим прежде всего от стоимости оборудования и затрат на органическое топливо. Доля мощности солнечной энергетической установки СЭУ в СТЭС зависит и от технических ограничений, определяемых, в частности, возможностью промежуточного перегрева всего пара СТЭС в ТПГ, а также эффективностью работы СЭУ большой мощности с гелиостатами, расположенными на значительном расстоянии от башни.

Преимущества и недостатки солнечных электростанций

Описанные ниже преимущества и недостатки солнечных электростанций в равной степени справедливы как для стационарных электростанций большой мощности, так и небольших портативных.

Преимущества солнечных электростанций:

- Фотоэлектрические панели улавливают солнечный свет, даже когда на небе тучи. Они могут улавливать лучи, недоступные для нашего глаза. Таким образом, электростанция работает бесперебойно.

- Есть возможность комбинировать получение энергии из нескольких источников. Обычно применяют ветро-солнечные электростанции.

- Мобильные электростанции имеют небольшие габариты и могут использоваться для обеспечения электроэнергией жилого дома.

- Средний срок службы оборудования СЭС составляет 30-50 лет. При подключении накопительных аккумуляторов энергия может быть запасена днём, а затем использоваться ночью.

- Солнечная энергия бесплатна.

- Солнечные электростанции надёжны, долговечны и дешёво обходятся в обслуживании.

Недостатки солнечных электростанций:

- Нельзя использовать фотоэлементы ночью. По этой причине необходимо использовать накопительные аккумуляторы.

- Не во всех климатических зонах солнечные электростанции имеют одинаковую эффективность.

- СЭС имеют низкий КПД. В большинстве случаев он составляет 20 %. Если сравнивать с другими альтернативными электростанциями, то ветряные имеют КПД до 40 %, а гидроэлектростанции до 90 %.

а приливные - до 70 %.

Следует отметить, что производители солнечных станций для максимальной эффективности своих систем рекомендуют использовать гибридные системы, преобразующие энергию солнца в тепловую и электрическую.