

УДК 621.311

**ПРОИЗВОДСТВО И СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ ВЫДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ**  
**PRODUCTION AND CIRCUIT SOLUTIONS FOR SOLAR POWER GENERATION AT SOLAR POWER PLANTS**

А.С. Лещенко

Научный руководитель – В.А. Булат, к.т.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

[bulat@bntu.by](mailto:bulat@bntu.by)

A. Leshchenko

Supervisor – V. Bulat, Candidate of Technical Sciences, Docent  
Belarussian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** В статье рассматривается производство электроэнергии на солнечных электростанциях как важный аспект перехода к устойчивой и экологически чистой энергетике. Описываются два основных метода получения электроэнергии из солнечного излучения: тепловая энергия солнца и фотонапряжение.

**Abstract:** The article deals with the production of electricity from solar power plants as an important aspect of the transition to sustainable and environmentally friendly energy. Two main methods of electricity generation from solar radiation are described: solar thermal energy and photovoltage.

**Ключевые слова:** солнечные электростанции, экологически чистая энергетика, солнечные панели, тепловая энергия солнца, фотоэлектрические ячейки, полупроводниковый материал, солнечные фермы, перегрев панелей летом.

**Keywords:** solar power plants, clean energy, solar panels, solar thermal energy, photovoltaic cells, semiconductor material, solar farms, overheating of panels in summer.

### Введение

Производство электроэнергии на солнечных электростанциях – это ключевой элемент в нашем стремлении к устойчивой и экологически чистой энергетике. Солнечные панели, преобразующие солнечный свет в электрическую энергию, становятся все более популярными и эффективными. Существует два принципиальных подхода по добыче солнечной энергии:

1. Тепловая энергия солнца – этот метод используют концентрированные солнечные электростанции. Зеркала или линзы собирают и фокусируют солнечные лучи на приемнике тепла. Это повышает температуру рабочего тела, такого как солевой раствор или масло, находящееся в прозрачной цистерне на вершине солнечной станции (рисунок 1). Затем полученное тепло используется для производства пара. Пар под высоким давлением приводит в действие турбины, которые вращают генераторы, создавая электроэнергию. Этот процесс аналогичен традиционным тепловым электростанциям, но вместо ископаемого топлива используется солнечная энергия.



Рисунок 1 – тепловая солнечная электростанция

2. Фотонапряжение (фотоэлектрические ячейки) – эти устройства преобразуют световую энергию непосредственно в электричество с помощью фотоэлектрического эффекта. Фотоэлектрические ячейки состоят из полупроводникового материала, который при облучении солнечным светом высвобождает электроны, создавая электрический ток. Солнечные панели, состоящие из множества фотоэлектрических ячеек, обычно устанавливаются на крышах зданий или в солнечных фермах. Они поглощают солнечный свет и преобразуют его в постоянный ток, который можно использовать для питания различных устройств или передачи в электросеть (имеют максимальный КПД осенью и весной, летом панели перегреваются за счет чего теряют часть производительности).

#### **Основная часть**

В энергетических башнях используются тысячи зеркал, которые отражают солнечный свет на приемник, устанавливаемый на вершине башни. Этот приемник собирает солнечное тепло и передает его в систему, которая преобразует его в электричество. Эта система состоит из пяти основных частей: зеркал, приемника, системы передачи тепла, хранилища тепла и системы управления. (рисунок 2).

Для хранения собранного солнечного тепла используется горячее хранилище соли. Затем его передают в горячее хранилище. Это тепло затем можно использовать для генерации пара и производства электричества, даже когда солнце не светит.

Холодное хранилище соли используется для хранения охлажденной жидкости, которая затем используется для охлаждения пара после того, как он прошел через турбину. Это позволяет перевести пар обратно в воду, которую затем можно повторно использовать для генерации пара.

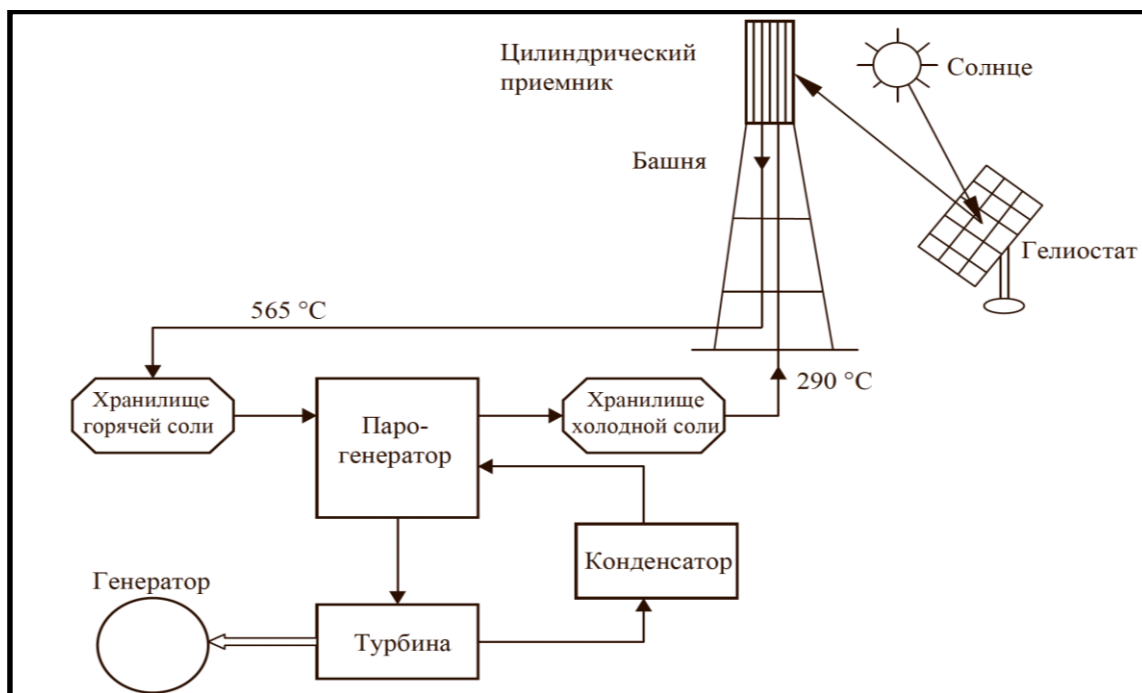


Рисунок 2 – Принципиальная схема тепловой солнечной электростанции

Таким образом, горячие и холодные хранилища помогают сделать солнечные тепловые станции более эффективными и устойчивыми, позволяя им производить электроэнергию даже в отсутствие солнечного света.

Горячая смесь передается в парогенератор. Здесь тепло от горячей соли используется для нагрева воды и превращения ее в пар. Этот пар под высоким давлением направляется на турбину. Когда пар проходит через турбину, он заставляет ее вращаться, приводя в движение ротор генератора, в котором происходит преобразование механической мощности в электрическую.

После прохождения через турбину пар направляется в конденсатор. Здесь он охлаждается и конденсируется обратно в воду, которая затем может быть повторно использована в парогенераторе. Таким образом, эти компоненты работают вместе, чтобы преобразовать солнечную энергию в электричество в эффективном и устойчивом цикле.

Такой принцип называется Циклом Ренкина, также известный как водяной цикл, является основным циклом для большинства тепловых электростанций, включая ядерные и тепловые электростанции. Основное преимущество цикла Ренкина заключается в его способности эффективно преобразовывать тепловую энергию в механическую и затем в электрическую, что делает его идеальным для использования на электростанциях.

Башенные электростанции обычно очень большие, и их оптимальный размер находится в диапазоне от 50 до 400 МВт. Тепло, собранное в приемнике, используется для производства пара, который затем преобразуется в электричество. Это тепло может храниться в течение нескольких часов или даже дней, прежде чем будет использовано для выработки электроэнергии.

Были рассмотрены различные формы приемников, и оптимальная форма зависит от многих факторов, включая количество перехваченного и поглощен-



ного излучения, тепловые потери, стоимость и конструкцию поля зеркал. Для большого поля зеркал лучше всего подходит цилиндрический приемник.

В рамках европейского исследовательского проекта был построен прототип системы, в которой три приемника были соединены с газовой турбиной мощностью 250 кВт. Эта система показала, что двигатели, работающие по циклу Брейтона, обеспечивают высокий КПД, но они ограничены тем, что для них требуется полость, что уменьшает количество зеркал, которые могут быть использованы.

В США была построена первая крупномасштабная демонстрационная солнечная электростанция под названием Solar One, которая успешно работала с 1982 по 1988 год. Этот проект доказал, что солнечные башни могут эффективно вырабатывать электроэнергию из солнечного света.

В Испании, недалеко от Севильи, работают две солнечные башни: PS10 мощностью 10 МВт и PS20 мощностью 20 МВт.

Недавно была запущена еще одна станция под названием Gemasolar. Это первая коммерческая солнечная электростанция, которая может обеспечивать непрерывное электроснабжение в течение 24 часов. Она использует зеркала, чтобы направить солнечное излучение на приемник на вершине башни. Это излучение нагревает расплавленную соль, которая затем используется для генерации пара и производства электричества.

Gemasolar может обеспечить электричеством около 27 500 домохозяйств в Испании и сократить выбросы углекислого газа на 30 000 тонн в год. Ожидается, что станция будет производить более 110 ГВтч в год.

Сначала солнечные панели генерируют постоянный ток при поглощении солнечного света. Затем этот ток регулируется контроллером заряда, который предотвращает перезарядку аккумулятора. Аккумулятор хранит энергию, полученную от солнечных панелей, и обеспечивает систему энергией, когда солнце не светит. Однако в последнее время перестали использовать аккумуляторы в силу их дороговизны и не экономичности в переработки. Поэтому постоянный ток сразу поступает на инвертор.

Далее постоянный ток преобразуется в переменный ток с помощью инвертора. В Беларуси, часто используются коммерческие или центральные инверторы высокой мощности. Вот несколько типов, которые могут применяться в солнечной энергетик:

Центральные инверторы: Эти типы инверторов часто используются в крупных солнечных электростанциях высокой мощности. Они обычно имеют большую емкость и способны эффективно преобразовывать энергию от нескольких сотен кВт до нескольких мегаватт.

Многонаправленные инверторы: Эти инверторы способны работать с несколькими входами солнечных панелей, что делает их эффективными для крупных солнечных ферм (Солнечные фермы, также известные как солнечные парки, представляют собой крупномасштабные комплексы, состоящие из множества солнечных панелей).

Инверторы с технологией максимальной мощности точки (MPPT): Эти инверторы являются устройствами, способными непрерывно мониторить и ре-

гулировать электрическую нагрузку для максимизации энергии, генерируемой солнечными панелями.

Такая технология способна увеличить энергетическую выработку солнечной батареи на 10-30%. Некоторые современные инверторы оборудованы несколькими трекерами максимальной точки мощности, что позволяет контролировать напряжение и ток для каждой линии отдельно. Это обеспечивает большую гибкость и эффективность системы.

**Батарейные инверторы:** В случае интеграции систем хранения энергии, таких как батареи, можно использовать батарейные инверторы для управления зарядом и разрядом энергии.

Наконец, после инвертора электроэнергия подаётся в сеть потребителям, данная принципиальная схема предоставлена на рисунке 3. Вот таким образом энергия от солнечных панелей достигает конечных потребителей.

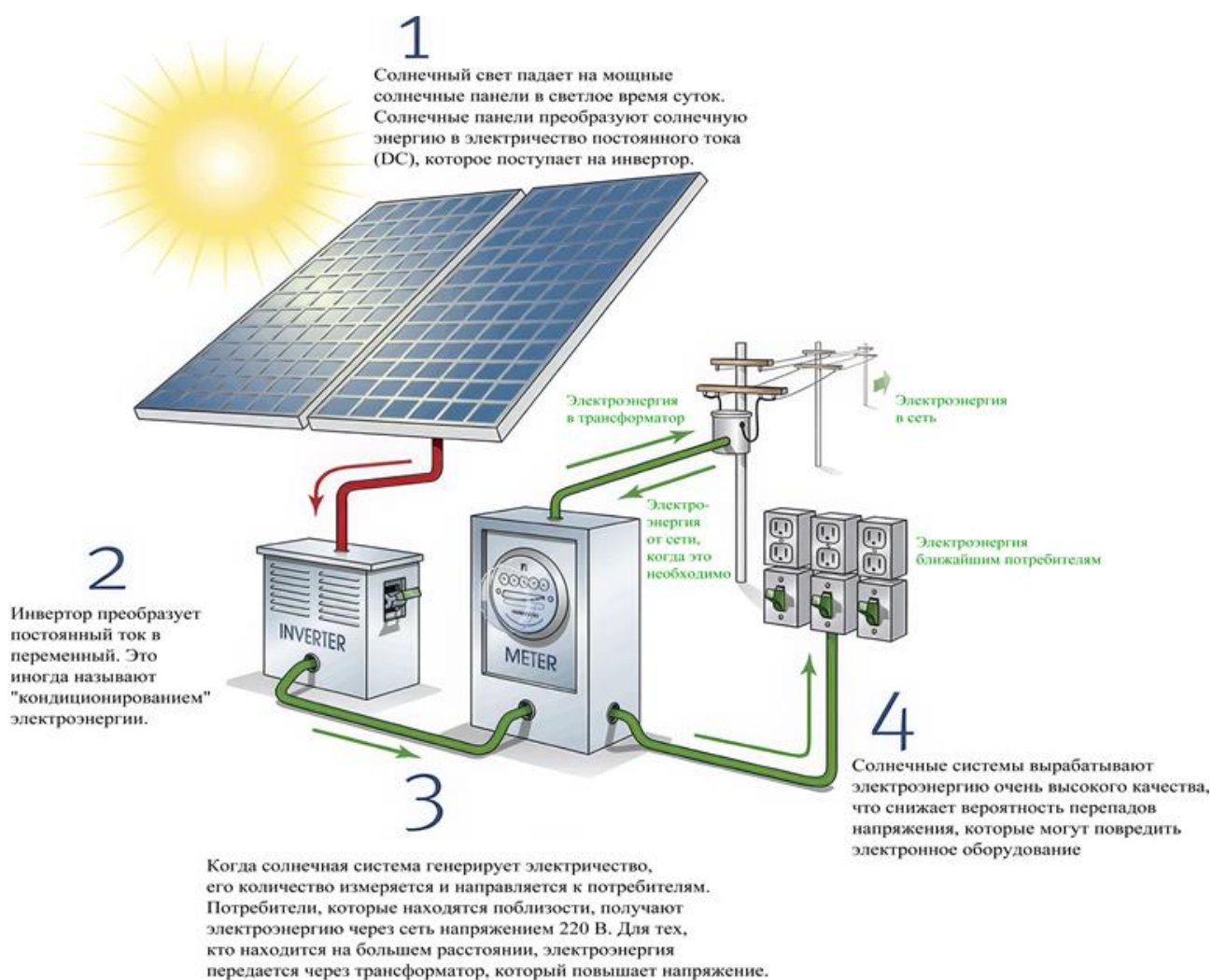


Рисунок 3 – принципиальная схема фотоэлектрических панелей

### Заключение

Солнечные электростанции представляют собой перспективное направление в области возобновляемой энергетики. Они не только способствуют снижению зависимости от ископаемого топлива, но и обеспечивают экологически чи-

стый источник энергии. Тепловые солнечные электростанции и фотоэлектрические системы демонстрируют различные подходы к использованию солнечной энергии, каждый из которых имеет свои преимущества и области применения. С учетом технологического прогресса и улучшения эффективности, солнечные электростанции могут играть ключевую роль в достижении глобальных целей по сокращению выбросов углерода и переходу к устойчивому энергетическому будущему. Однако, для максимизации их потенциала необходимо продолжать исследования и разработки в области улучшения материалов, технологий и инфраструктуры.

### Литература

1. Гибилиско Стэн, Альтернативная энергетика без тайн. – М.: Эксмо, 2010. – 368 с.
2. Kalogirou A. Solar Energy Engineering Processes and Systems: – Oxford: Elsevier Inc, 2014. – 819 p.