

УДК 621.31:535.215

**СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ НА ОСНОВЕ ДВУСТОРОННИХ МОДУЛЕЙ С  
СИСТЕМОЙ ВЫРАБОТКИ ВОДОРОДА  
(SOLAR POWER PLANT ON THE BASIS OF BILATERAL MODULES WITH  
HYDROGEN GENERATION SYSTEM)**

А.В. Юрченко, О.В. Алдошина  
A.V. Yurchenko, O.V. Aldoshina

Томский политехнический университет  
E-mail: [oxi80-07@mail.ru](mailto:oxi80-07@mail.ru)

В статье рассмотрена эффективность использования солнечных модулей в европейских странах, приведен сравнительный анализ получения энергии различных альтернативных источников. Подробно рассмотрена система солнечной электростанции на основе двусторонних модулей с системой выработки водорода, ее принцип работы и эффективность в различных режимах. Выполнено сравнение производительности систем предложенной солнечной электростанцией на основе двусторонних модулей с системой выработки водорода и традиционной солнечной электростанции.

(The article describes the efficiency of solar modules in Europe, the comparative analysis of various alternative energy sources. The article details the solar power system on the basis of bilateral modules with the hydrogen generation system and its working principle and efficiency in various modes. The comparison of the performance of the proposed solar power systems on the basis of bilateral modules with hydrogen generation system and a traditional solar power is presented.)

**Ключевые слова:**

Солнечная электростанция, электроэнергия, возобновляемые источники энергии, водород, альтернативные источники энергии.

(Solar power station, electric power, renewables source of energy, hydrogen, alternative energy source)

В Карагандинском государственном техническом университете в 2013 году создана экспериментальная солнечная электростанция на основе двусторонних модулей пиковой мощностью 2,2 кВт и с системой позиционирования. Основой для электростанции является двусторонние панели в количестве 8 штук. Электростанция разделена на два независимых блока, состоящих из 4 двусторонних модулей каждый. Половина модулей данной электростанции размещена на не поворотной конструкции без системы слежения, это необходимо для установления эффективности следящей системы.

Передача мощности будет, осуществляется по двухжильному кабелю, который является линией постоянного тока, которая имеет ряд преимуществ, по отношению в линии переменного тока и в частности имеет низкие потери. Модули соединяются последовательно, что обеспечивает напряжение 200 В постоянного тока от одного блока солнечной электростанции. Линия проходит от солнечной электростанции, расположенной во дворе КарГТУ до здания спорткомплекса КарГТУ. В спорткомплексе установлен инвертор, преобразующий постоянный ток в переменный, подключение потребителя осуществляется через прибор учета. Данная электростанция обеспечивает электроэнергией две раздевалки студентов. Нами разработан комплект конструкторской документации для изготовления поворотной платформы (которая обеспечит оптимальное положение солнечных панелей относительно солнца. Данная система отличается значительной оригинальностью и обеспечивает хорошую сопротивляемость порывам ветра, что типично для карагандинского региона, особенно в зимнее время года, когда ветер резко меняет свое направление. С учетом этих обстоятельств и принято решение отказаться от типовой системы поворота и размещение панелей на поворотной стойке.

В ходе научно-исследовательской работы было решено внести в проект ряд инновационных технических решений. Первое решение связано с потерями электрической энергии при передаче на большие расстояния. Для устранения этого недостатка было принято решение о внедрении в солнечную электростанцию высоковольтной линии постоянного тока,

что позволит сократить потери электроэнергии до 3% на 1000 км. Высоковольтные линии постоянного тока позволят разместить солнечную электростанцию в местах не пригодных для сельхоз работ. При использовании этой технологии инверторы располагаются непосредственно возле мест использования электроэнергии.



Рис. 1. Конструкция двухсторонней солнечной электростанции

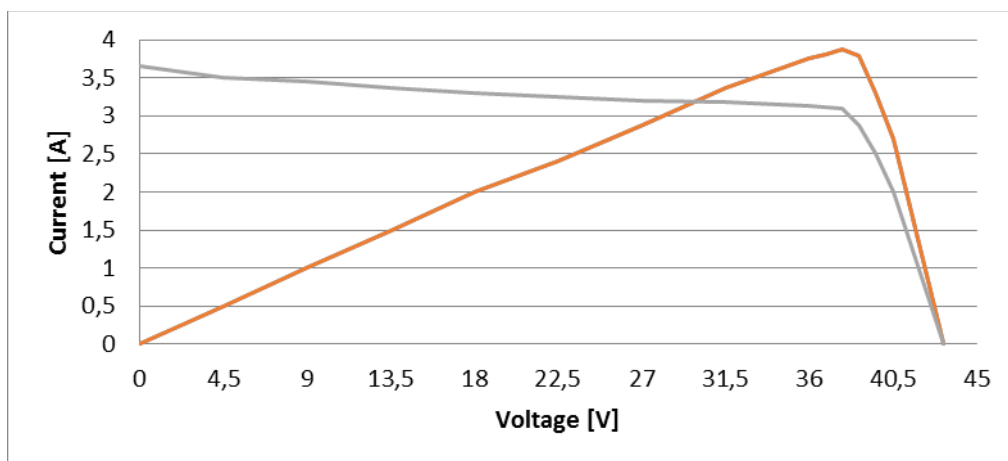


Рис. 2. Вольт амперная характеристика тыльной стороны солнечного модуля

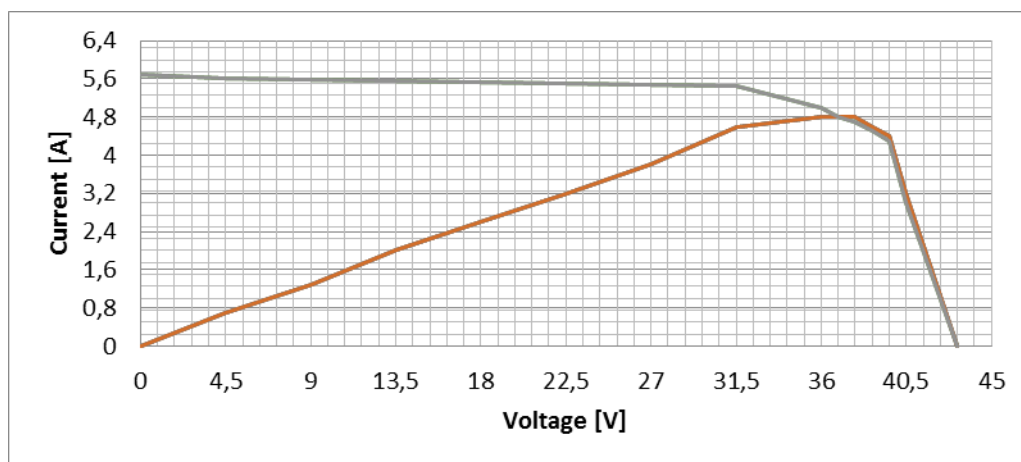


Рис. 3. Вольт амперная характеристика лицевой стороны солнечного модуля

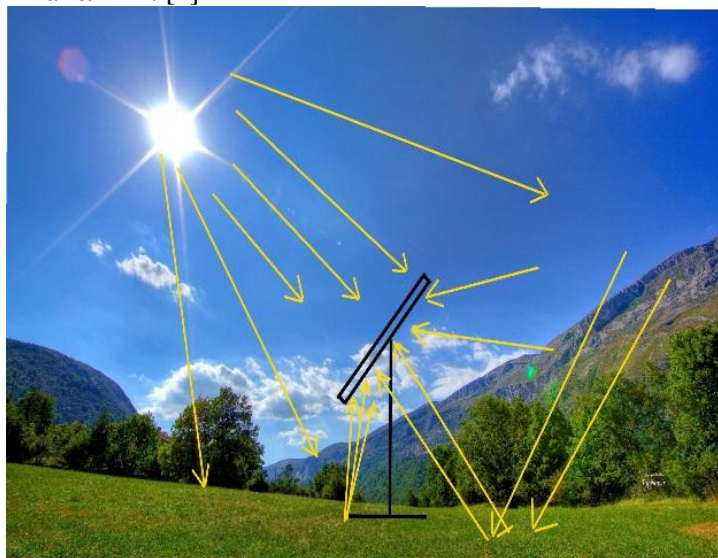
В результате испытаний было выявлено, что электрические параметры зависят от уровня освещенности, при испытаниях значения освещенности составляла 1000 Вт/м<sup>2</sup>, с температурой поверхности фотоэлектрических элементов (25±2). При данных условиях минимальное значение пиковой мощности одного модуля составило с лицевой стороны 176 Вт и 97 Вт с тыльной.

Двусторонние солнечные модули способны генерировать электроэнергию от солнечных лучей, полученных как от лицевой поверхности, так и от тыльной, путем попадания остаточного солнечного света, рассеянного и отраженного на заднюю рабочую поверхность панели.

В течение десятилетий ученые разрабатывали и до сих пор дорабатывают солнечные панели данного типа, но они как правило слишком дорогие, чтобы конкурировать с традиционными солнечными панелями.

Одна из зарубежных компаний плотно работающая с альтернативными источниками энергии, недавно объявила, что она разработала двусторонние солнечные батареи, которые производят на 50% больше электрической энергии, чем обычные панели в вертикальных установках. Так же они заявляют, что панели являются более доступными, чем традиционные панели. Конечно же если смонтировать панель строго вертикально, то можно добиться 50% увеличения мощности. Все СЭС смонтированы под определенным углом, а значит их мощность сократится и по сравнению со стандартной односторонней панелью, будет все равно превышать на 10%-30%. Общая мощность солнечной панели, которая состоит из 60 ячеек, будет равна 275-315 Вт, это является хорошим показателем среди обыкновенных панелей.

Секретом этих двусторонних солнечных батарей является использование Бора (B), вместо Алюминия (Al), который намного лучше справляется с генерацией солнечной энергии в электрическую. За счет выработки большей электроэнергии на квадратный метр, удалось довести стоимость этих двусторонних солнечных элементов до конкурентоспособного уровня. Так же одним из положительных качеств двусторонних солнечных панелей является их занимаемая площадь для выработки одного и такого же количества электроэнергии по сравнению с обычными панелями. [1]



**Рис. 4.** Двусторонняя панель в работе

Хотя солнечные панели считаются одними из самых чистых и возобновляемых источников энергии среди доступных источников, но также имеет некоторые воздействия на окружающую среду. Солнечные панели используют фотоэлементы для производства электрической энергии. Тем не менее, для производства фотоэлектрических ячеек требуется кремний, от которого остаются продукты отходов. Повторная обработка этих материалов может привести к опасному воздействию на человека и окружающую среду. Установка солнечных электростанций требует большого участка земли, в связи с этим нарушается экосистема окружающей среды. Солнечные панели не загрязняют воздух, когда преобразуется

электричество с помощью солнечных панелей. Солнечные панели ни каким образом не влияют на глобальные потепления в мире.

Преимущество двухсторонних солнечных элементов и двухсторонних модулей на их основе состоит в том, что обе стороны производят электроэнергию при облучении их светом. При этом мощность тыльной стороны составит 70% относительно лицевой. В обычных (односторонних) элементах и модулях только передняя (лицевая) сторона активна. В двухсторонних солнечных модулях электроэнергия, вырабатываемая лицевой и тыльной сторонами суммируется. Таким образом, использование двухсторонних модулей выгодно там, где тыльная сторона панели тоже доступна для солнечного света, либо напрямую, либо посредством направленного или рассеянного отражения, что позволяет сократить площадь земельного участка под электростанцию.

Для применения отраженного света для тыльной стороны солнечной панели достаточно закрепить его на определенном расстоянии (0,2 – 0,5 м) от опорной поверхности, тыльная сторона поверхности будет освещаться рассеянно отраженным светом. Такой метод освещения тыльной стороны наиболее легкий и простой в применении, и очень экономичен. Если при этом опорная поверхность (стена, крыша и т.д.) будет белого цвета или иметь светоотражающее покрытие (к примеру, зеркальную пленку), суммарная мощность панели может вырасти до 20%.

Двухсторонние солнечные панели изготавливаются из солнечных элементов, которые поглощают солнечное излучение, как с лицевой, так и с тыльной стороны. Они преобразовывают солнечное излучение в электрическую энергию с обеих сторон. В таком солнечном элементе, эффективность преобразования солнечного излучения на лицевой стороне на несколько процентов больше, чем на тыльной стороне и достигает значения 19%. Эффективность фотоэлемента с тыльной стороны составляет – 14-18%. В ряде случаев такие солнечные батареи позволяют получить прибавку к выработке электроэнергии от 10 до 50 процентов, по сравнению с традиционными односторонними солнечными панелями. Количество дополнительно вырабатываемой электрической энергии солнечной установки, которую возможно получить при применении двухсторонних солнечных модулей зависит от объема дополнительного солнечного излучения, которое попадает на тыльную сторону панели.

В основном солнечные установки спроектированы таким образом, что применение такого вида солнечных панелей может принести ощутимую выгоду. По некоторым конструктивным особенностям солнечные панели устанавливаются под углом 90°, например, в виде ограждения. В этом случае применения двухсторонних солнечных батарей может повысить эффективность выработки энергии до 50%. [2]

На сегодняшний день в мире активно развиваются передовые технологии и инновационные направления альтернативных источников. Лидерами в этом направлении являются Германия, Япония, США, страны Евросоюза, но доля процентного соотношения к традиционным источникам составляет максимально около 10%. Сейчас в процесс развития данных технологий активно включились Россия, Украина, Казахстан у каждой из стран есть свои планы развития и практической реализации. В настоящий момент времени примерно из двух тысяч компаний производят солнечные модули осталось примерно 900, так как многие свернули свое производство из за отсутствия спроса на их продукцию. Стоимость 1 Вт сегодня составляет примерно 4-5 долларов за ватт мощности и КПД 10-15 %, это обстоятельство делает их не доступными для широкого круга потребителей, из –за высоких капитальных и эксплуатационных затрат. Без государственных субсидий и дотаций производство электроэнергии становится не рентабельным по отношению к традиционным источникам. Сегодня в некоторых странах для развития альтернативной энергетики Правительство компенсирует частично затраты и закупает произведенную ими энергию по повышенному тарифу. Актуальным сегодня например является снижение стоимости 1 Вт промышленного производства фотоэлектрических модулей и повышения КПД, а также уменьшения площади фотоэлектрических электростанций и повышение эффективности работы. Мировыми лидерами в разработке передовых технологий и производстве солнечных модулей и ветрогенераторов являются США, Германия и страны Евросоюза, Япония, активно развиваются в этом направлении Китай и Корея. [3]

Ещё одна отличительная особенность существующих солнечных электростанций – это наличие аккумуляторов. Их дороговизна и короткий срок службы делает использование солнечных электростанций не всегда пригодными.

На данный момент времени целью является разработка оптимальной конструкции солнечной электростанции на основе двухсторонних модулей с системой выработки водорода и линией постоянного тока, адаптированной к климатическим условиям России с перспективой снижения себестоимости выработанной электроэнергии.

Созданная электростанция должна справляться со следующими задачами:

1) Солнечная электростанция на основе двухсторонних солнечных модулей ориентированной на прямой отпуск электроэнергии в сеть без аккумуляторов, с системой выработки и накопления водорода, для последующего преобразования его в топливных элементах в электроэнергию.

2) Должна иметь оригинальную систему выработки и накопления водорода, для последующего преобразования в электроэнергию, с использованием топливных элементов не содержащих платину, что позволит существенно сократить стоимость капитальных затрат и себестоимость выработанной электроэнергии.

3) Обладать автоматизированной системой управления и контроля для отслеживания всех показателей станции и ликвидации дефицита мощности в пиковый момент увеличения нагрузки или питания потребителей в темное время суток или плохих погодных условий.

4) Принципиально новой системой передачи электрической мощности по линии постоянного тока с минимальными потерями с установкой инвертора и энергосберегающего компенсатора реактивной мощности на месте потребления с возможностью разделения нагрузки на постоянную переменную, для снижения затрат на инвестирование.

5) Оригинальной системой электролизера с катализатором выработки водорода и системы ориентации фотоэлектрических модулей.

Созданная СЭС позволит компенсировать дефицит электрической мощности в дневное время и снизит нагрузки на электростанции.

Сравнение с существующими аналогами: Отличительной особенностью от своих аналогов предложенная альтернативная гибридная система имеет принципиально новую концепцию построения, основанную на достижении самых передовых технологий и нашими разработками основанных на оригинальных решениях и системном научном подходе. Особенностью является использование объединение в одно целое солнечных модулей системы выработки водорода и линий постоянного тока. Современные фотоэлектрические станции в зарубежных странах, например Германии работают без аккумуляторных накопителей только в дневное время на прямой отпуск электроэнергии в сеть, и могут быть только использованы, как дополнительные источники для компенсации пика дефицита мощности, их целесообразность использования и рентабельность в основном заключается в тарифной политике европейских стран. Самым распространённым вариантом хранения электроэнергии является использование аккумуляторных батарей, которые имеют относительно малый ресурс работы (3-5 лет) и высокую стоимость, практически равную до 40% от стоимости установки. Это позволяет осуществлять питание потребителей в тёмное время суток и при плохих погодных условиях. Такая электростанция не имеет недостатков своих аналогов описанных выше, благодаря использованию системы выработки водорода и его хранения, который преобразуется в топливных элементах. Для увеличения выработки водорода при электролизе применяется оригинальный способ катализации существенно повышающий КПД. Выработанный водород более удобен для хранения и дальнейшего использования и в отличие от аккумуляторов ресурс накопительных устройств не зависит от количества циклов зарядки и разрядки. В топливных элементах не используется платина, что значительно уменьшает их стоимость и снижает себестоимость вырабатываемой электроэнергии. Система абсолютно безвредна для птиц, пчел и окружающей среды. Защищен от воздействия молний вследствие применения алюминиевой конструкции. [4]

В Казахстане и в России практически полностью отсутствуют собственные практические наработки в данном направлении, в настоящий момент на долю альтернативных источников приходится менее 1% произведенной электроэнергии. Значимость такой СЭС в национальном и международном масштабе заключается во внедрении собственных систем производства

электроэнергии с использованием на основе экологически чистых возобновляемых источников, созданных на основе передовых наукоемких технологий. Это позволит России и Казахстану, обладая значительным потенциалом в области альтернативной энергетики, существенно повысить долю выработанной электроэнергии по отношению к доли традиционных источников, практически реализовать основные положения государственных программ в сфере «Зеленая энергетика», а также конкурировать на рынке высоких технологий возобновляемых источников.

Гибридная солнечная электростанция позволит уменьшить вредные выбросы в атмосферу, уменьшить парниковый эффект, снизить негативное влияние на окружающую среду. Практическая реализация данной электростанции послужит новым витком развития альтернативной энергетики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. SHAMS. Power company [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.shampower.ae/en/>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. англ. (дата обращения 4.05.2015).
2. Косяченко, Л.А. Проблемы эффективности фотоэлектрического преобразования в тонкопленочных солнечных элементах CdS/CdTe / Л.А.Косяченко // Физика и техника полупроводников.- 2006.- том 40 вып. 6.- С. 730-746.
3. HEVEL [Электронный ресурс] / О солнечной энергии – Режим доступа: <http://www.hevelsolar.com/solar/>, свободный. – Загл. С экрана. – Яз. рус. (дата обращения 4.05.2015).
4. Гамбург Д.Ю., Дубовкина Н.Ф. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. - М.: Химия, 2003. - 672 с.

#### Сведения об авторах:

**Алдошина О. В.:** г. Томск, аспирант кафедры ИИТ Томского политехнического университета, e-mail: [oxi80-07@mail.ru](mailto:oxi80-07@mail.ru), тел.: 87079217912

**Юрченко А. В.:** г. Томск, д.т.н. профессор, заведующий лабораторией ИНК Томского политехнического университета, e-mail: [niipp@inbox.ru](mailto:niipp@inbox.ru), тел.: 8 (3822) 41-89-11