

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 621.311.24

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ

Айвазян К.Г., Барсегян А.Р.

Инженерная Академия Армении, г.Ереван, Армения, agag@arminco.com, artakbarseghyan@yahoo.com

This article discusses the issues of improving the efficiency solar photovoltaic (PV) stations. A solar tracking system with photosensor is developed. On the basis of the theoretical analysis and experimental investigations the utility and efficiency of the PV station with solar tracker under different conditions of varying solar radiation in Armenia is shown.

Введение

Солнечная энергетика – это один из новых видов добычи энергии, основанных на возобновляемых источниках, в частности, на энергии Солнца. Этот вид энергии неисчерпаем и может рассматриваться потенциально как энергоресурс, способный перевернуть современные представления об энергообеспечении и полностью удовлетворить потребности человечества.

В солнечных фотовольтаических станциях (СФС) осуществляется прямое преобразование солнечной энергии в электрическую с помощью полупроводниковых солнечных фотоэлементов и батарей. Энергетическая эффективность большинства современных СФС невелика и составляет примерно 13–15%. Факторами, значительно уменьшающими количество генерируемой энергии, являются невысокий реальный КПД фотоэлементов и недоиспользование генерирующих возможностей солнечной батареи [1].

Недоиспользование солнечных батарей по энергии (не менее чем на 30–50%) объясняется тем, что большинство СФС не имеют систем автоматического отслеживания за Солнцем, а также систем регулирования точки максимальной мощности по вольт-амперной характеристике солнечной батареи.

Таким образом, при проектировании и создании эффективных СФС должна решаться задача разработки полупроводниковых фотоэлементов с повышенным КПД и ряд системных вопросов проектирования СФС.

В наших работах [2–4] представлены основные принципы построения, схемотехнические решения и степень повышения энергетической эффективности СФС при реализации режима экстремального регулирования точки максимальной мощности солнечных батарей. В данной работе представлены результаты исследования эффективности СФС при использовании систем отслеживания за Солнцем.

Оценка эффективности применения систем отслеживания

С помощью специально разработанного прибора, оснащенного пиранометром, были проведены исследования солнечной радиации E на поверхность

солнечной батареи в зависимости от угла отклонения плоскости солнечной батареи от вертикали α в условиях г. Талин, Армения ($40^{\circ}23'01.75''N$; $43^{\circ}53'00.35''E$; 1622 м). Измерения осуществлялись в течение светового дня в период март (III) – сентябрь (IX). Результаты исследования представлены на рис. 1.

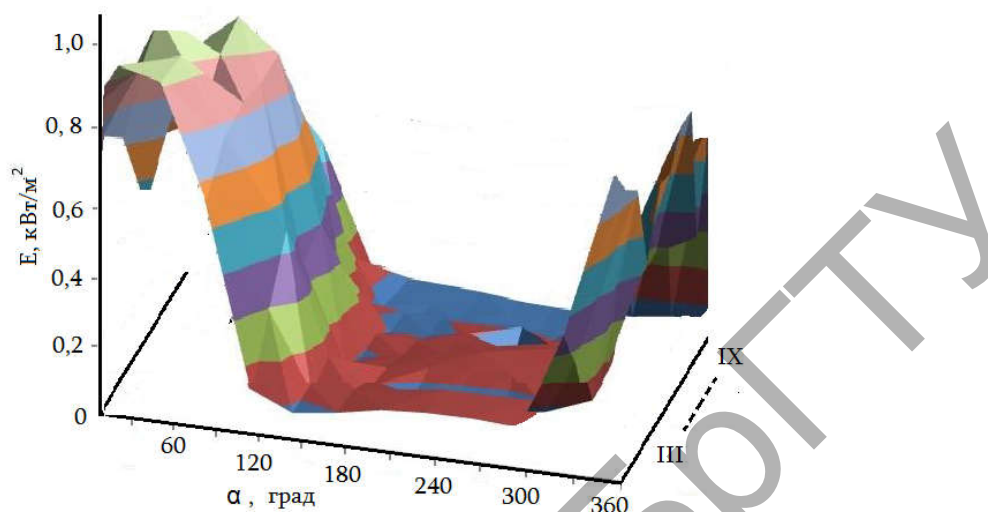


Рисунок 1 – Зависимость солнечной радиации от угла отклонения плоскости солнечной батареи от вертикали

Из рис. 1 видно, что при вертикальном расположении солнечной батареи (угол 0 градусов) снижение уровня солнечной радиации составляет в среднем 15–25%. Наибольшее поступление солнечной радиации приходится на диапазон углов 40–50°. При горизонтальном расположении солнечной батареи (угол 90°) происходит снижение уровня солнечной радиации до 40%.

На рис. 2. представлена экспериментально полученная зависимость фототока I_{ϕ} солнечной батареи на основе полукристаллических кремневых элементов от угла падения солнечной радиации α .

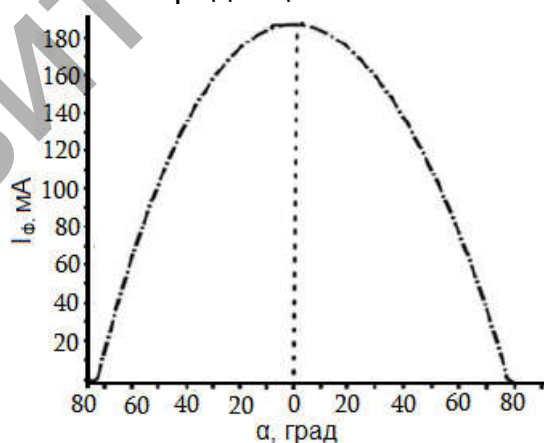


Рисунок 2 - Зависимость фототока солнечной батареи от угла падения солнечной радиации

Нетрудно из рис. 2 методом графического интегрирования определить среднее значение фототока при изменении углов падения от 0 до 180° , что составляет примерно 105 мА. Следовательно, если солнечная батарея неподвижна и сориентирована в полдень по направлению Солнца, то она теряет порядка 40% по сравнению с подвижной батареей при условии, что часовой угол восхода и захо-

да составляет соответственно от 0 до 180° и весь световой день доступна прямая солнечная радиация. Иными словами, применение систем отслеживания за Солнцем обеспечит более равномерное генерирование электричества за светлый день и, тем самым, повысит эффективность СФС.

Система отслеживания

Существует несколько способов отслеживания за Солнцем:

- ручная наводка на Солнце;
- пассивные системы;
- активные системы.

Первый способ наименее приемлем, так как имеет наименьшую точность, напрямую зависит от работы оператора, требует постоянного обслуживания, хотя отличается простотой.

При пассивном способе отслеживание осуществляется по азимуту и углу. Данная система основана на расчетно-постоянных характеристиках, которые соответствуют географическому месту установки СФС и обеспечивают необходимую скорость вращения в азимутальном и вертикальном направлении в течение дня с учетом времени года. Для реализации этого способа необходимо определить постоянные исходные величины, которые будут положены в основу расчета для исполнительных механизмов, работающих в системе отслеживания за Солнцем. Недостатками данного способа являются введение поправок на сезонную высоту склонения Солнца, сложность программирования. Программа является приемлемой только для одного географического положения.

Активные системы получили наибольшее развитие и имеют несколько различных решений. Нами был использован фотоэлектрический датчик [5], позволяющий исключить влияние фонового излучения, решить проблему запуска системы утром, отличающийся низкой ценой и простотой.

В основе датчика два лицевых элемента (А и В) для определения положения Солнца, третий тыловой элемент (С) – для исключения влияния рассеянного излучения и для запуска системы утром (рис. 3).

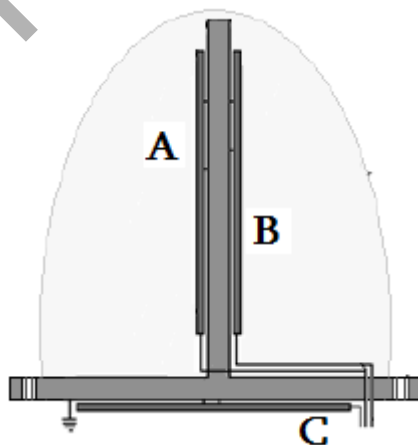


Рисунок 3 – Конструкция фотоэлектрического датчика

Элементы А и В установлены на разные стороны перегородки, что позволяет скомпенсировать влияние разности температур. Также перегородка служит токопроводящим элементом. Элемент С необходим для измерения рассеянного излучения, исключая его влияние на два других датчика и запуск системы в утренние часы. Он расположен так, чтобы его плоскость была поверну-

та от Солнца, таким образом, он измеряет только фоновое излучение. Утром, в то время как лицевые элементы отвернуты от Солнца, тыльный ориентирован на него, что воспринимает блок контроллера и подает команду поворота СФС на восток.

Для оптимизации конструкции датчика проведены математические расчеты и его полевые испытания при использовании разных углов между элементами А и В. Найдено, что максимальная чувствительность датчика наблюдается при угле 20° . Именно при таком угле разница между сигналами, снимаемыми с элементов А и В, максимальна.

Была разработана система отслеживания за Солнцем, которая состоит из фотоэлектрического датчика, преобразователя сигнала, микроконтроллера, приводного механизма (рис. 4).



Рисунок 4 - Структурная схема системы отслеживания за Солнцем

На базе микросхемы Atmega 64 разработана печатная плата блока контроллера с возможностью питания от аккумулятора СФС. Алгоритм работы микроконтроллера написан таким образом, что регулирование положения системы отслеживания происходит за счет разницы в показаниях холодного датчика: при изменении температуры изменится величина напряжения от датчика на вход микроконтроллера, но разница в показаниях от изменения интенсивности светового излучения сохранится.

Тестирование системы отслеживания

Тестирование системы отслеживания за Солнцем проводилось в полевых условиях на демонстрационной СФС с максимальной мощностью 5 кВт, установленной на территории инновационного Центра Барва (г. Талин, Армения). Общий вид демонстрационной СФС показан на рис. 5.



Рисунок 5 - Общий вид демонстрационной СФС

На рис. 6 показана временная зависимость мощности СФС с одноосевой системой отслеживания за Солнцем (1) и без этой системы – неподвижная СФС (2). Угол наклона солнечных батарей составлял 45° .

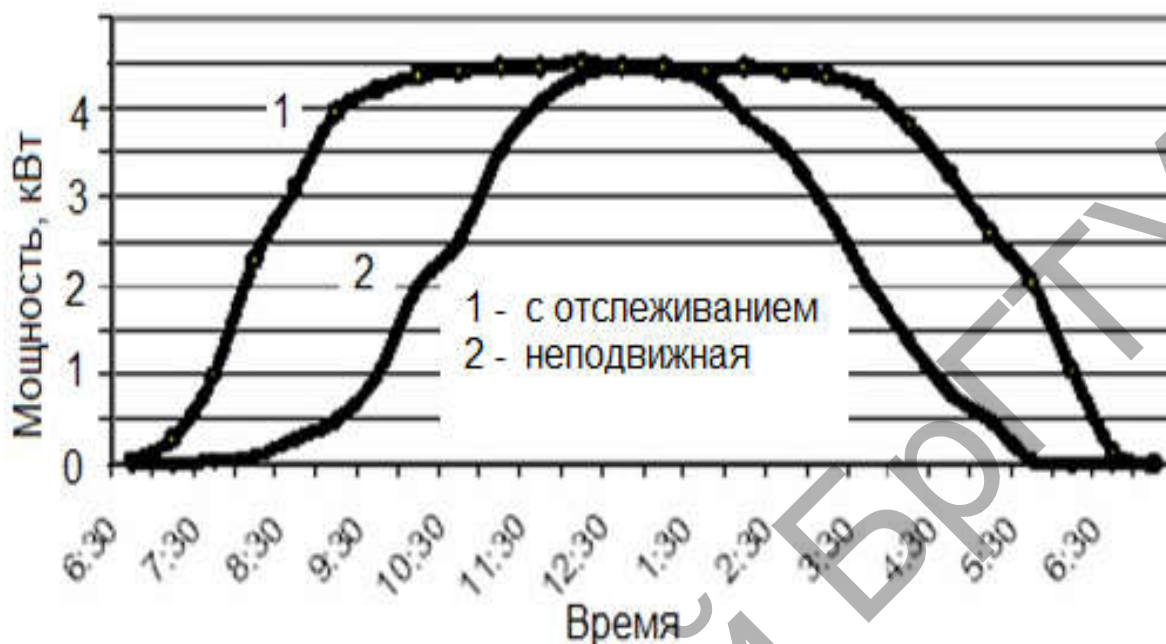


Рисунок 6 - Временная зависимость мощности СФС

Как следует из результатов испытания, применение одноосевой системы отслеживания за Солнцем увеличило эффективность СФС на 29–32 %.

Таким образом, важнейшим фактором для повышения энергетической эффективности СФС является угол падения солнечной радиации на поверхность солнечных батарей. Применение систем отслеживания за Солнцем позволит изменять угол в зависимости от положения Солнца, что увеличит реальное количество генерируемой энергии СФС.

Список литературы

1. Cristobal, A. Next generation of photovoltaics. New concepts / A. Cristobal, V. Marti, A. Lopez // Series: Springer Series in Optical Sciences. – 2012. – Vol. 165. – № 15. – P. 1–354.
2. Ayvazyan, K.G. Small-signal modeling of the PV water pumping system / K.G. Ayvazyan, A.R. Barseghyan, L.G. Kirakosyan // Proceedings of Engineering Academy of Armenia. – 2008. – Vol. 5. – № 2. – P. 286–290.
3. Ayvazyan, K.G. On the control of PV maximum power point tracker by output parameters / K.G. Ayvazyan, A.R. Barseghyan, L.G. Kirakosyan // Proceedings of Engineering Academy of Armenia. – 2009. – Vol. 6. – № 3. – P. 445–452.
4. Ayvazyan, K.G. Stand-alone potable water making system powered by solar energy / K.G. Ayvazyan, A.R. Barseghyan, S.Kh. Khudaverdyan // Proceedings 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Germany, Frankfurt. – 2012. – P. 4289–4290.
5. Китаева, М.В. Автономная система слежения за Солнцем для солнечной энергосистемы / М.В. Китаева, А.В. Юрченко, А.В. Охорзина, А.В. Скороходов // Ползуновский вестник. – 2011. – Том 3. – № 1. – С. 196–199.