

УДК: 621.472

ДЕШКО В.И., РАССАМАКИН Б.М., ХАЙРНАСОВ С.М.,
ШКЛЯР В.И., ДУБРОВСКАЯ В.В., ОРЖЕЛЬ А.А

Национальный технический университет Украины «КПИ»

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ГИБРИДНОЙ УСТАНОВКИ

Наведено результати експериментальних досліджень нової сонячної гібридної установки. Використання теплових труб як теплообмінної поверхні дало змогу вирівняти температурне поле під ФЕП, ефективно відвести тепло до охолоджуючої рідини, підвищити ефективність установки в цілому. Визначено оптимальні параметри роботи установки.

Представлены результаты экспериментальных исследований новой солнечной гибридной установки. Использование тепловых труб в качестве теплообменной поверхности позволило выровнять температурное поле под ФЭП, эффективно отвести теплоту к охлаждающей жидкости, повысит эффективность установки в целом. Определены оптимальные параметры работы установки.

The results of experimental investigations of the new Solar Hybrid Station are represented. The use of thermal pipes as heat exchange surface lets to equalize the temperature field under PV modules, to efficiently transmit heat to cooling liquid, to increase the whole effectiveness of the unit. The optimal operation factors for the unit were determined.

ВАХ – вольтамперная характеристика;
ГВС – горячее водоснабжение;

ТТ – тепловая труба;
ФЭП – фотоэлектрический преобразователь.

В связи с увеличивающимися потребностями в электрической энергии промышленности и бытовых потребителей, в условиях дефицита энергоносителей в Украине вопрос энергосбережения становится все более и более актуальным. Учитывая отрицательное воздействие на окружающую среду традиционной энергетики и, напротив, чистоту и безопасность возобновляемых источников энергии, использование новых нетрадиционных энергетических технологий представляется актуальным и оправданным.

В НТУУ «КПИ» разработана экспериментальная солнечная гибридная установка, позволяющая преобразовывать энергию солнца в электрическую и тепловую. Основными элементами данной установки являются фотобатарея (2 секции по 48 фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) типа «Квазар» 102 × 102) и система охлаждения посадочной площади. Конструктивно солнечная гибридная установка представляет собой герметический корпус с теплоизоляцией, оснащенный прозрачным покрытием, под которым на охлаждаемой теплообменной поверхности расположены кремниевые фотоэлектрические

преобразователи. Тепловой контакт ФЭП с теплообменной поверхностью, выполненной в виде тепловых труб, обеспечивается наличием слоя светопроводящего и теплопроводящего герметика [1]. Схема солнечной гибридной установки представлена на рис.1.

Исследована работа солнечной гибридной установки при различных температурных режимах с различными интенсивностями охлаждения посадочной поверхности и их влияние на получение электроэнергии с помощью ФЭП и тепловой энергии за счет их охлаждения.

В процессе получения электрической энергии были проведены эксперименты в реальных условиях, и на основании полученных данных построены выходные вольтамперные характеристики и линии пиковой мощности ФЭП при различных значениях солнечной радиации. Вольтамперные характеристики при различной интенсивности солнечного света представлены на рис. 2.

На рисунке также построена кривая пиковой мощности, позволяющая определить максимальную мощность, которую можно получить от дан-

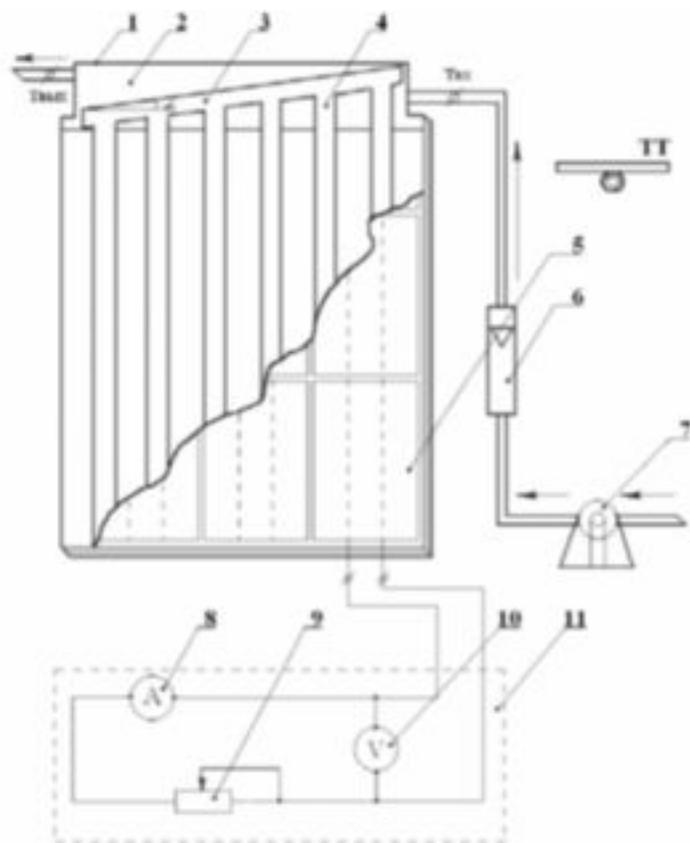


Рис. 1. Схема солнечной гибридной установки
 1 – резервуар; 2 – теплоноситель; 3 – коллектор;
 4 – конденсационные зоны; 5 – ФЭП;
 6 – ротаметр; 7 – насос; 8 – измеритель тока;
 9 – переменная нагрузка; 10 – измеритель
 напряжения; 11 – измерительный прибор;
 ТТ – тепловая труба.

ной установки, показан оптимальный диапазон напряжений, при которых установка работает наиболее эффективно. Кривая пиковой мощности строится по максимумам значений мощности, взятых для каждой кривой ВАХ в отдельности. Известно, что линия пиковой мощности, соответствующая максимуму произведения силы тока на напряжение, хорошо согласуется с областью напряжений, требуемых для зарядки электрических аккумуляторных батарей (участок АВ, рис.2), даже без использования устройства контроля нагрузки [2]. Построение вольтамперной и мощностной характеристик показано на рис. 3.

Также в процессе экспериментов изучалось влияние температуры под поверхностью ФЭП на ВАХ. Известно, что с повышением температуры

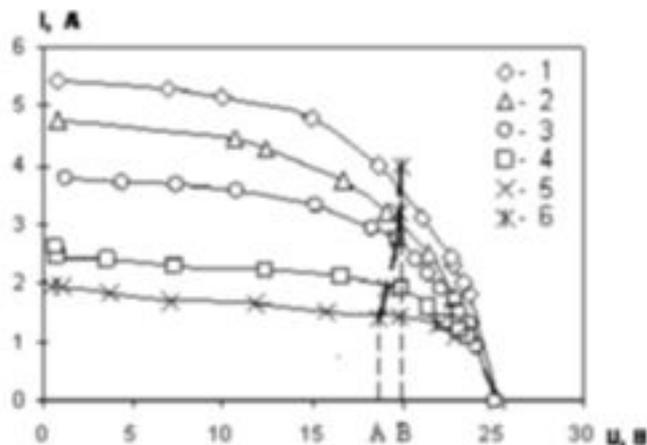


Рис. 2. Вольтамперная характеристика ФЭП
 1 – $q=1000 \text{ Вт/м}^2$; 2 – 800; 3 – 600; 4 – 300;
 5 – 225; 6 – пиковая мощность.

эффективность фотоэлектрических преобразователей падает [2]. Для увеличения эффективности работы ФЭП была разработана специальная система охлаждения. На рис. 4 и рис. 5 показана зависимость изменения напряжения холостого хода и ВАХ от температуры под поверхностью ФЭП для гибридной солнечной установки.

Из рисунков видно, что с понижением температуры от 90 °С до 44 °С, напряжение холостого хода увеличивается на 17,8 % (рис.4), а сила тока увеличивается на 60,7 % (рис.5).

Проблема охлаждения ФЭП на сегодняшний день не решена. Существуют различные способы охлаждения поверхности как под ФЭП, так и самого ФЭП [3,4]. Однако эти решения имеют и значительные недостатки. Среди них: высокое гидравлическое сопротивление, неравномерное течение жидкости, возможность нарушения циркуляции теплоносителя из-за воздушных пробок и низкая эффективность преобразования энергии излучения в электрическую и тепловую энергию [3,4].

В данной гибридной солнечной установке эта проблема решается путем изготовления теплообменной поверхности в виде тепловых труб, а фотопреобразователи располагаются в выпарных зонах ТТ. Конденсационные зоны ТТ имеют тепловой контакт с проточным теплоносителем, при этом конденсационные и выпарные зоны каждой ТТ соединены между собой, создавая тем самым соответственно конденсационный и выпарной

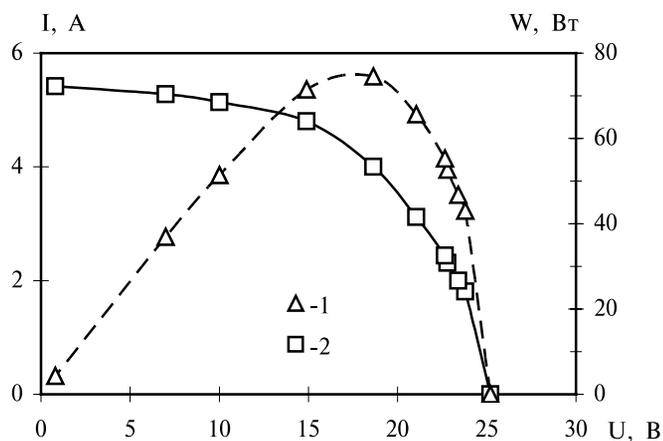


Рис. 3. Вольтамперная и мощностная характеристики ФЭП при $Q = 1000 \text{ Вт/м}^2$
 1 – мощностная характеристика
 2 – вольтамперная характеристика.

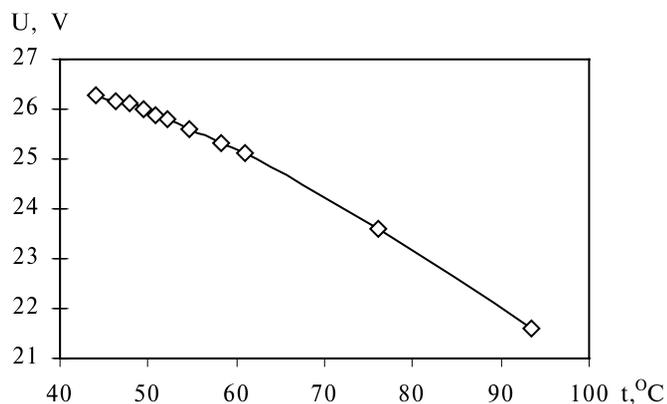


Рис. 4. Зависимость напряжения холостого хода на клеммах ФЭП от температуры его поверхности при $Q = 1000 \text{ Вт/м}^2$.

коллектор. Тепловые трубы представляют собой трубки с внутренним оребрением, спаянные с теплоотъемной пластиной, и являются эффективным теплообменным аппаратом. Кроме того, конденсационный коллектор установлен под небольшим углом к направлению потока теплоносителя, что позволяет теплоту, отводящуюся от посадочной площади ФЭП, эффективно передать охлаждающей жидкости. Описанная конструкция позволила увеличить эффективность получения электрической энергии при охлаждении ФЭП в 2...2,5 раза.

Для определения возможности использования теплоты, получаемой в установке для горячего водоснабжения или других целей, проводились заме-

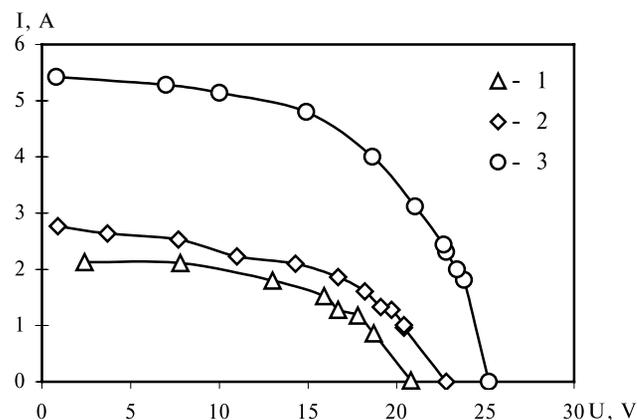


Рис. 5. Влияние температуры поверхности ФЭП на его вольтамперную характеристику.
 1 – для $t = 90^\circ \text{C}$; 2 – 70; 3 – 44.

ры температуры теплоносителя на входе и выходе в конденсационный коллектор. В результате проведенных измерений была получена разность температур от 10°C до 30°C при различных расходах жидкости, что позволяет рассматривать вторичное использование теплоносителя только как дополнительный источник ГВС либо совместно с другими системами подогрева (солнечный коллектор, тепловой насос, промышленный источник теплоты). Повышение температуры теплоносителя на выходе из установки до температуры, используемой в ГВС, приведет к возрастанию температуры на ФЭП до $50...55^\circ \text{C}$, что снизит количество выделенной энергии на 20%. Определение оптимальных значений температуры ФЭП и параметров охлаждающей жидкости требует дополнительных исследований.

Использование тепловых труб в системе охлаждения ФЭП позволило выровнять температурное поле посадочной площади ФЭП. В результате проведенных исследований неравномерность температурного поля составила 2% (2°C). Отсюда следует, что ФЭП как в центре, так и на периферии работают в одном тепловом режиме. Это дало возможность в дальнейших исследованиях использовать для замеров температуры под поверхностью ФЭП только один температурный датчик, расположенный в центре установки.

Анализ работы данной гибридной установки показал целесообразность использования ее в качестве источника энергии двух видов: высокопотенциальной – электрической и энергии более низкого потенциала – теплой воды.

Выводы

1. Необходимы дальнейшие исследования работы данной установки в реальных условиях и проведение экспериментов с имитатором солнечного излучения.

2. Перспективным является изучение влияния конструкции тепловых труб как высокоэффективного теплообменника на повышение КПД ФЭП и параметры системы охлаждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Патент* Украины № 71422 А, Бюллетень № 11 от 15.11.2004.
2. *Твайделл Дж., Уэйр А.* Возобновляемые источники энергии // Пер. с англ – М.: Энергоатомиздат, 1990 – 392 с;
3. *А.С. СССР* № 851012, кл. F24J2/02, 1979 г.
4. *Патент* США № 4493940 кл. H01L31/4, 1985 г.

Получено 12.10.2006 г.