

УДК 620.91:662.97

ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Ph. D. З. Стевич¹, Ph. D. М. Райчич-Вуясинович¹, Ph. D. С. Иванов¹,
Ph. D. В. Грекулович¹, Mr. S. Е. Пожега²

¹Университет Белграда, Технический факультет Бора;

²Институт шахтерства и металлургии

Сербия, г. Бор

zstevic@tf.bor.ac.rs

В докладе представлены результаты исследований стандартных фотоэлектрических панелей, а также их комбинации с термоэлектрическим модулем, с помощью инфракрасной камеры. Показано, что тепловизионные исследования могут быть простым инструментом для анализа однородности нагрева фотоэлектрических панелей.

Ключевые слова: фотоэлектрические панели, солнечные системы, термоэлектрические модули, термография.

Внедрение альтернативных источников энергии выгодно как с экономической, так и с экологической точки зрения, и в настоящее время стремительно развивающимся направлением является солнечная энергетика. В последнее время широко исследуются гибридные солнечные системы, сочетающие фотоэлектрические и термоэлектрические модули.

В процессе функционирования фотомодулей часть энергии солнечного излучения преобразуется в электричество, а другая — во внутреннюю энергию материала, за счет чего происходит повышение температуры. А температура является одним из наиболее важных факторов, влияющих на работу фотоэлектрической ячейки.

Величина тока, протекающего через фотоэлемент, описывается следующим уравнением [1]:

$$I_{PV} = I_l - I_0 \left(\exp \left[q(V_{PV} + I_{PV}R_S) / (AKT) \right] - 1 \right) - (V_{PV} + I_{PV}R_S) / R_{sh},$$

где I_{PV} — ток через фотоэлемент; I_l — ток, генерируемый излучением; I_0 — обратный ток насыщения; q — заряд электрона; K — постоянная Больцмана; A — коэффициент неидеальности диода; T — температура; R_S, R_{sh} — последовательное и параллельное сопротивление фотоэлемента; V_{PV} — напряжение на выходе.

Мощность, выделяемая фотоэлементом, определяется по формуле [2]

$$P_{PV} = V_{PV}I_{PV}.$$

Из приведенных выражений следует, что эффективность солнечных батарей значительно уменьшается с ростом температуры, однако с другой стороны, сама их природа такова, что в процессе функционирования они нагреваются за счет солнечной радиации и за счет возникающего тока. Повысить эффективность можно за счет охлаждения подложки. Дополнительную выгоду при этом может принести применение термоэлектрических модулей, которые кроме теплоотвода, выступают еще и в качестве генераторов электроэнергии [3]. Очевидно, что такие гибридные системы являются весьма перспективными и поэтому в качестве объекта исследований были выбраны не простые фотоэлектрические панели, а в сочетании с термоэлектрическими модулями.

Практика использования фотоэлектрических панелей в различных условиях показывает, что качественная работа фотоэлектрической панели требует однородного распределения температуры по всей ее площади. Однако это не всегда выполняется даже в новых образцах, поскольку полупроводниковый слой, как правило, неоднороден. Для выявления аномальных участков новых панелей, а также в процессе их эксплуатации, предлагается использовать тепловизор. Это достаточно простой и

эффективный способ, позволяющий оперативно получать картину распределения температуры по исследуемой поверхности.

Данное исследование проводилось с использованием инфракрасной цифровой камеры Wohler IK 21, преимуществом которой является широкий температурный диапазон, т. е. имеется возможность на одной картинке показать большие температурные различия [4].

Проведено теплографическое исследование фотоэлектрической панели номинальной мощностью 50 Вт при напряжении 12 В и нагрузке 10 Ом. При средней солнечной освещенности измеряемое напряжение составляло 14,3 В, ток 1,45 А, напряжение холостого хода 20,5 В. На полученном изображении, приведенном на рис. 1, хорошо видно, что поверхность нагрета неравномерно.

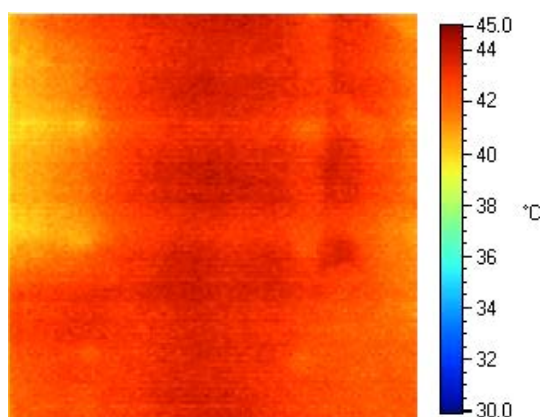


Рис. 1. Термограмма фотоэлектрической панели

На основании полученных температурных данных для той же панели была построена зависимость КПД от температуры, приведенная на рис. 2. Здесь видно, что при увеличении температуры эффективность значительно снижается.

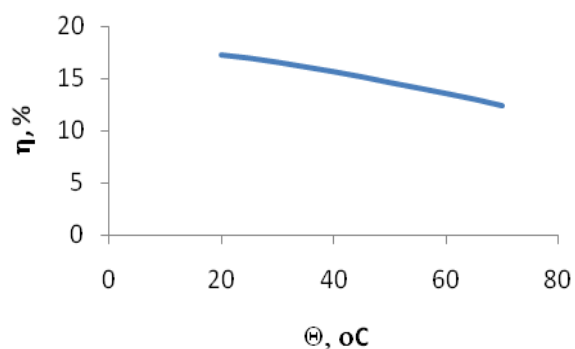


Рис. 2. Температурная зависимость КПД фотоэлектрической панели мощностью 50 Вт при напряжении 12 В

На рис. 3 приведены результаты теплографического исследования термоэлектрического модуля мощностью 30 Вт, установленного на фотоэлектрической панели, одна сторона которого была нагрета до 70°C, а другая искусственно охлаждена до 30°C. Затем проводились исследования при снижении температурного перепада ΔT между горячей и холодной стороной. Зависимость выходного напряжения от ΔT показана на рис. 4. Видно, что при малых значениях ΔT выходное напряжение также будет небольшим, и в таких случаях можно рассматривать целесообразность включения двухкаскадного термоэлектрического модуля.

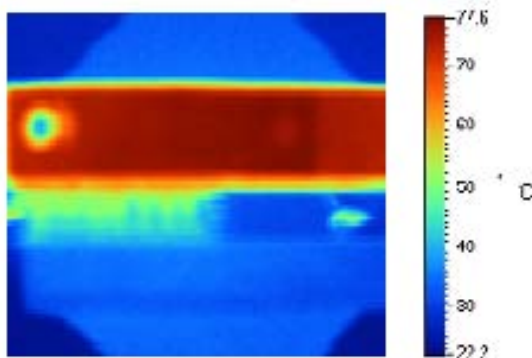


Рис 3. Термограмма термоэлектрического модуля мощностью 30 Вт

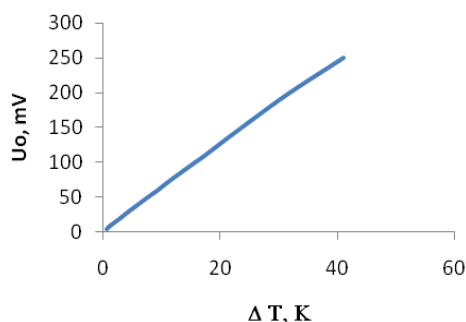


Рис. 4. Зависимость выходного напряжения от перепада температуры на термоэлектрическом модуле

Таким образом, показано, что очень сложный процесс инфракрасной термографии можно применять для разных систем, используя относительно простое и не очень дорогое оборудование. При этом контроль и диагностика состояния гибридных солнечных систем, сочетающих фотоэлектрические и термоэлектрические модули, представляет собой достаточно простую процедуру. Инфракрасная термография дает возможность вводить новые мощные технологии контроля, диагностики, профилактического обслуживания и управления сложными солнечными системами.

Исследование финансируется Министерством образования и науки Республики Сербии, проект № 172060

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. V. Jafari Fesharaki, Majid Dehghani, J. Jafari Fesharaki, Hamed Tavasoli. The Effect of Temperature on Photovoltaic Cell Efficiency // Proceedings of the 1st International Conference on Emerging Trends in Energy Conservation – ETEC Tehran, Iran, 20-21 November 2011.
2. Azab M. (2010). Optimal power point tracking for stand-alone PV System using particle swarm optimization, IEEE Int Symposium on, in Industrial Electronics (ISIE), pp. 969-973.
3. Ning Wang, Li Han, Hongcai He, Nam-Hee Park, Kunihiro Koumoto, A novel high-performance photovoltaic–thermoelectric hybrid device, Energy Environ. Sci., 2011, 4, 3676
4. Infrared Solutions Inc. <http://www.infraredsolutions.com>

Zoran Stevic, Mirjana Rajcic-Vujasinovic, Svetlana Ivanov, Vesna Grekulovic, Emina Pozega
Thermal imaging research of hybrid solar systems based on photovoltaic and thermoelectric modules.

This paper presents the results of IR thermography tests of standard photovoltaic panels per se, as well as in combination of thermoelectric generators. It is shown that thermal imaging research can be a simple tool for analyzing the heating uniformity of photovoltaic panels.

Keywords: *photovoltaic panel, solar system, thermoelectric module, thermography.*