



DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF USING THE COOLING SYSTEM IN SOLAR PHOTOELECTRIC CONVERTERS

S.F. Ergashev¹

¹*Fergana Polytechnic Institute, Fergana, Uzbekistan*

D.R.Otamirzaev²

²*Namangan Engineering and Technology Institute, Namangan, Uzbekistan*

ABSTRACT

Industrial solar panels heat up to 75 °C in summer, which adversely affects efficiency and their lifespan. In this work, a method for increasing the efficiency of solar photovoltaic converters is experimentally studied. A cooling system has been developed and the dependence of the short-circuit current and open-circuit voltage of the solar panel on its surface temperature has been studied.

KEY WORDS: *Solar photovoltaic converter, temperature dependence, cooling system, short circuit current, no-load voltage, temperature.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ В СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ

С.Ф.Эргашев¹,

¹**Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан**

Д.Р.Отамирзаев²

²**Наманганский инженерно - технологический институт,
Наманган, Узбекистан**

Аннотация: Промышленные солнечные панели в летнее время нагреваются до 75 °С, что неблагоприятно воздействует на эффективность и на их срока службы. В данной работе экспериментальным путем изучен метод повышения эффективности солнечных фотоэлектрических преобразователей. Разработана система охлаждения и изучена зависимость тока короткого замыкания и напряжения холостого хода солнечной панели от температуры ее поверхности.

Ключевые слова: Солнечный фотоэлектрический преобразователь, температурная зависимость, система охлаждения, ток короткого замыкания, напряжения холостого хода, температура.



Введение

Энергетика имеет многочисленные отрасли в зависимости от основного энергоносителя: ядерная, угольная, газовая, гидроэнергетика и альтернативная, основанная на использовании нетрадиционных возобновляемых источников энергии. К альтернативной энергетике можно отнести ветроэнергетику, солнечную, геотермальную, энергию биомасс, приливно-волновую и т. д. Если сравнить все отрасли по экологическим, экономическим критериям и показателям безопасности, то можно прийти к выводу, что наиболее перспективной из них является солнечная энергетика [1].

Солнечный элемент - это электрическое устройство, которое преобразует энергия света непосредственно в электричество постоянного тока (DC) из за фотоэлектрического эффекта в них. Солнечные батареи в основном производятся из кремния, на сегодняшний день наиболее широко используется [2]. Одним из ведущих мировых производителей солнечных панелей с превосходным ассортиментом качественных, надежных и высокопроизводительных панелей является LG Energy [3]. Самый высокий КПД у солнечных панелей компании Canadian Solar 23.8 %. Компания Canadian Solar была основана в 2001 году в Канаде и в 2006 году превратилась в одного из крупнейших мировых производителей солнечных батарей и разработчиков проектов в сфере гелиоэнергетики [4]. Сегодня Canadian Solar имеет дочерние предприятия в более чем 24 странах на 6 континентах. Эффективность распространенных солнечных панелей в пределах 16-19%, из за такое низкого значения, учеными всего мира изучается способы повышение эффективности солнечных батарей.

"В Узбекистане в году более 320 солнечных дней. Если предположить возможность получения энергии от Солнца, то у нас есть реальные условия для использования солнечных лучей в течение практически всего года. То есть мы сможем получать энергию в объеме больше 182 миллионов тонн нефтяного эквивалента в год. Это почти в три раза больше объема энергии, потребляемой в стране в настоящее время. Солнце — самый оптимальный и эффективный источник энергии в Узбекистане" сказал заместитель министра энергетики Республики Узбекистан. Тем не менее в Наманганской области Республики Узбекистан на данный момент работают более двести насосных агрегатов которые потребляют около 35% электро энергию области [5]. Более 70% из них находятся в отдаленных местностях что приходится питать их многокилометровыми линиями

электропередач что требует дополнительных затрат на эксплуатацию линии и на потери в проводах [5]. Что бы решать эту проблему целесообразно использовать автономные солнечные электростанции.

Пути повышения эффективности солнечных панелей

Из анализа Шокли и Кейссера, солнечный элемент с одним переходом имеет теоретический верхний предел эффективности преобразования около 33,7% в условии AM 1.5 [6]. Таким образом, в то время как солнечный элемент поглощает всего падающее солнечное излучение, значительная часть поглощенного солнечного излучения, которое не преобразуется в электричество, а вместо этого вырабатывает тепло что, в свою очередь, нагревает солнечный элемент [7]. На практике рабочая температура солнечного элемента в наружных условиях обычно составляет 55–6 °C и выше. Это тепло не благоприятно влияет на энергетические характеристики, надежность и эффективность солнечных панелей [8]. Для солнечных элементов из кристаллического кремния каждое повышение температуры на 1 K приводит к относительному снижению эффективности около 0,45% [9]. В условиях жаркого климата Узбекистана, температура поверхности солнечных панелей достигает 70 °C и выше что говорить об актуальности охлаждения для эффективной работы и долгой службы солнечной панели [10]. Кроме того, старения солнечного элемента в двое ускоряется при каждом увеличении его рабочей температуры на 10 K [11]. Поэтому существует острая необходимость разработать эффективные методы охлаждения солнечных элементов. Современные подходы включают теплопроводность поверхности [12], принудительный поток воздуха [13], образование горячей воды в комбинированные фотоэлектрические / тепловые системы [10], тепловые системы на основе труб [14]. В работе [11] изучено радиационное охлаждение солнечных панелей путем покрытия их поверхности стеклом миниатюрными пирамида образными формами, изучены зависимости характеристик элемента.

Экспериментальная работа

В этой работе мы предлагаем использование жидкостного охлаждения для снижения температуру работающих солнечных батарей под прямыми солнечными лучами. Основная идея заключается в том, что ёмкость через теплопроводящий слой прикреплен к солнечной панели. Такой способ охлаждения не ухудшает оптический производительность солнечного элемента, но отводит значительное

тепловое излучение, которое приводит к охлаждению солнечного элемента, передавая тепло к жидкости.

Рассмотрим влияние показателя температуры на эффективность на примере солнечных батарей.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT **							
Module Type	LDK	275 MA	270 MA	265 MA	260 MA	255 MA	250 MA
Output Power (Pmax)	[W]	199	196	192	189	185	181
Voltage at Pmax (Vmp)	[V]	28.9	28.6	28.2	27.8	27.4	27.0
Current at Pmax (Imp)	[A]	6.89	6.86	6.82	6.78	6.74	6.70
Open Circuit Voltage (Voc)	[V]	36.0	35.8	35.6	35.3	35.1	34.8
Short Circuit Current (Isc)	[A]	7.3	7.28	7.27	7.25	7.24	7.23

NOCT** (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m², Ambient Temperature 20 °C, Wind speed 1 m/s
 Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) is used, with power measurement uncertainty within ± 3%

TEMPERATURE CHARACTERISTICS	
NOCT	45 ± 2 °C
Pmax Temperature Coefficient (γ)	- 0.47 %/°C
Voc Temperature Coefficient (β)	- 0.34 %/°C
Isc Temperature Coefficient (α)	0.06 %/°C
Series Fuse Maximum Rating	15 A
Operating Temperature	From - 40 to +85 °C
Storage Temperature	From - 40 to +60 °C

Рис - 1

Из рис 1. Видно что, повышением температуры на 1 °C напряжение холостого хода уменьшается на 0.34%. и это можно записать в виде:

$$U_{oc,\tau} = U_{oc}(1 - 0.0034(\tau - 25)) \quad (1)$$

Где: $U_{oc,\tau}$ – напряжение холостого хода при температуре τ .

U_{oc} – напряжение холостого хода при температуре 25 °C.

τ – температура поверхности солнечной батареи.

Также зависимость тока короткого замыкания от температуры запишем:

$$I_{sc,\tau} = I_{sc}(1 + 0.0006(\tau - 25)) \quad (2)$$

Где: $I_{sc,\tau}$ – ток короткого замыкания при температуре τ .

I_{sc} – ток короткого замыкания при температуре 25 °C.

τ – температура поверхности солнечной батареи.

Реальный коэффициент полезного действия солнечных панелей используемых в условиях жаркого климата таких как Узбекистан имеет вид:

$$\eta = \frac{I_{sc,\tau} U_{oc,\tau}}{P_{in}} \quad (3)$$

Где: η – коэффициент полезного действия.

P_{in} – падающий на солнечный панель солнечное излучение.

Для проведения эксперимента была выбрана солнечная панель из поликристаллического кремния марки AS-100P компании All-solar Китай. На тыльную сторону панели через теплопроводящий гель прикреплена система охлаждения, она представляет собой два алюминиевого листа между которыми по краям прямоугольный профиль имеющий два штуцера для входа и выхода теплоносителя. Пустота между стенками играет роль емкости теплоносителя. Эксперименты были проведены в условиях натурального освещения на открытой лаборатории Наманганского инженерно технологического института в городе Наманган Республики Узбекистан с 04.05. по 14.05. 2020 года. На рис. 2 схематически изображен разрез экспериментальной установки в форме прямоугольного параллелепипеда плоскостью, проходящей параллельно плоскостям длинных боковых стенок: на рис. 3 – разрез фотоэлектрического преобразователя плоскостью, проходящей параллельно плоскостям коротких боковых стенок.

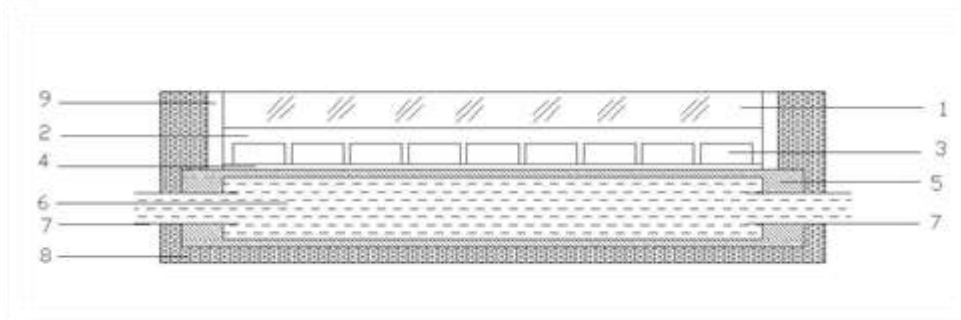


Рис - 2

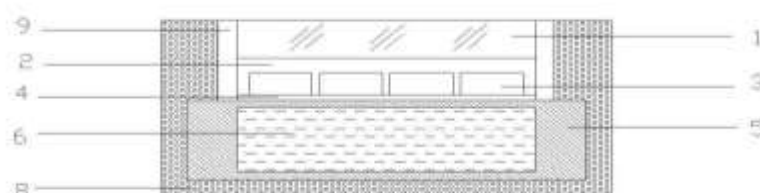


Рис - 3

1-стекляное покрытие, 2-герметизирующий слой, 3-фотоэлементы, 4-теплопроводящая паста, 5-корпус системы охлаждения, 6-теплоноситель, 7-штуцера для входа и выхода теплоносителя, 8-теплоизоляционный слой, 9-уплотнитель.

Экспериментальная установка имеет следующие размеры: длина 1100 мм, ширина 760 мм, толщина 50 мм. Установка имеет 36 фотоэлектрических ячеек общей мощностью 100 Вт. Технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Номинальная максимальная мощность	100 W
Напряжения при P _{max}	17 V
Ток при P _{max}	5.7 A
Напряжения холостого хода	21.5 V
Ток короткого замыкания	5.8 A

Для проведения эксперимента выбирались ясные солнечные дни. Мощность солнечного излучения 1000 W/m².

Для получение данных установка было ориентирована на солнцу под прямым углом. Через систему охлаждения подавалась вода

температурой 16 °С. Расход воды составлял 3-3,5 литров в минуту. Для измерения электрических параметров солнечной панели использовался измеритель МЕТРАНИТ TRMS professional PRO. Результаты измерений приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Время измерения	Температура поверхности (°C)	Ток короткого замыкания (A)	Напряжения холостого хода (В)
04.05.2020	26	5.75	21.8
07.05.2020	25	5.72	21.9
10.05.2020	25	5.7	21.9
13.05.2020	24	5.7	22

Заключение

Из вышеизложенной работы и полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- Из формулы (3) получим что, использование солнечных фотоэлектрических панелей в жарких регионах приводит к

уменьшению КПД и что его можно предотвращать путем отвода тепла с тыльной стороны панелей.

- Использование систем охлаждения существенно увеличивает КПД и срок службы солнечных панелей.



• Показано что, установка системой охлаждения более устойчива к механическим повреждениям

• Установлено что, использование солнечных электростанций системой охлаждения для энергоснабжения отдаленных насосных станций, оптимальным решением проблем энергоснабжения и минимизирует потери в линиях насосной станции.

• Разработанная установка демонстрирует свою эффективность в сельском и рыбном хозяйстве.

Литература

1. "Геофизические процессы, солнечная энергия и биосфера как системные факторы эволюции Земли," ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И БИОСФЕРА, 2017, doi: 10.21455/gpb2017.3-6.
2. T. Pavlovic, "Solar energy," in *Green Energy and Technology*, 2020.
3. M. Kazici et al., "Solar Cells," in *Comprehensive Energy Systems*, 2018.
4. M. Jørgensen et al., "The state of organic solar cells - A meta analysis," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 2013, doi: 10.1016/j.solmat.2013.05.034.
5. J. Servert, C. Tiangco, A. López, I. De Loizaga, D. Castilla, and R. Pérez, "Roadmap for solar energy development in Uzbekistan," in *Energy Procedia*, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.03.202.
6. S. Joshi and G. Moddel, "Efficiency limits of rectenna solar cells: Theory of broadband photon-assisted tunneling," *Appl. Phys. Lett.*, 2013, doi: 10.1063/1.4793425.
7. M. Rosa-Clot, P. Rosa-Clot, G. M. Tina, and P. F. Scandura, "Submerged photovoltaic solar panel: SP2," *Renew. Energy*, 2010, doi: 10.1016/j.renene.2009.10.023.
8. H. Helmers, M. Schachtner, and A. W. Bett, "Influence of temperature and irradiance on triple-junction solar subcells," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 2013, doi: 10.1016/j.solmat.2013.03.039.
9. E. Skoplaki and J. A. Palyvos, "On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations," *Sol. Energy*, 2009, doi: 10.1016/j.solener.2008.10.008.
10. O. D.R., "Energy characteristics of solar photoelectric installations under the combined production of heat and electric energy in the conditions of uzbekistan," *Int. J. Psychosoc. Rehabil.*, vol. 24, no. 04, pp. 1836–1842, Feb. 2020, doi: 10.37200/IJPR/V24I4/PR201291.
11. L. Zhu, A. Raman, K. X. Wang, M. A. Anoma, and S. Fan, "Radiative cooling of solar cells," *Optica*, 2014, doi: 10.1364/optica.1.000032.
12. D. M. Tobnaghi, R. Madatov, and D. Naderi, "The Effect of Temperature on Electrical Parameters of Solar Cells," 2007.
13. A. Shukla, K. Kant, A. Sharma, and P. H. Biwole, "Cooling methodologies of photovoltaic module

for enhancing electrical efficiency: A review," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 2017, doi: 10.1016/j.solmat.2016.10.047.

14. J. Siecker, K. Kusakana, and B. P. Numbi, "A review of solar photovoltaic systems cooling technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.053.