

ТЕМПЕРАТУРНО-ЗАВИСИМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ

Р.Р. ВАРДАНЯН*, В.К. ДАЛЛАКЯН, М.Г. ТРАВАДЖЯН

Национальный политехнический университет Армении, Ереван, Армения

*e-mail: ruben.vardanyan@polytechnic.am

(Поступила в редакцию 14 сентября 2020 г.)

Солнечные фотоэлектрически-тепловые (ФЭТ) гибридные системы обладают высоким потенциалом, чтобы являться эффективным и жизнеспособным методом производства электроэнергии и низкопотенциальной тепловой энергии. Гибридная система обладает высокой энергоэффективностью с повышенным электрическим КПД за счет охлаждения солнечных элементов и получения тепловой энергии путем поглощения тепла от нагретых элементов. Тем не менее, использование этих систем не растет быстрыми темпами из-за противоречивых эксплуатационных проблем, а также трудностей связанных с установкой и обслуживанием по сравнению с обычными отдельными фотоэлектрическими (ФЭ) и тепловыми системами. В данной статье исследуются рабочие температуры солнечных элементов ФЭ модулей и ФЭТ гибридных коллекторов в зависимости от температуры окружающей среды. На основе сравнения рабочих температур солнечных элементов ФЭ модуля и ФЭТ коллектора произведена оценка эффективности применения ФЭТ гибридной системы. Показано, что существует «критическое» минимальное значение температуры окружающей среды, ниже которого солнечные элементы ФЭТ системы имеют более высокую температуру, чем элементы в ФЭ модулях («обратный» процесс), и применение ФЭТ системы является не целесообразным. Исследована зависимость «критической» температуры от типа и тепловых характеристик ФЭТ системы. Предложенная методика оценки эффективности ФЭТ систем может быть использована учеными и проектировщиками при разработке различных гибридных ФЭТ систем.

1. Введение

Основными технологиями использования солнечного излучения являются фотоэлектрическое преобразование света непосредственно в электричество и тепловое преобразование солнечных лучей в тепло. Рынок солнечной тепловой и фотоэлектрической (ФЭ) генерации электроэнергии быстро растет [1].

Известно, что в фотоэлектрических системах большая часть поглощенного солнечного излучения солнечным элементом (около 80%) не преобразуется

в электричество, а способствует повышению температуры солнечных элементов, тем самым снижает их электрический КПД. Это неотъемлемый недостаток солнечных элементов – снижение производительности из-за температуры. Типичные фотоэлектрические модули преобразуют около 15% (при 25°C, стандартные условия испытаний – STC) солнечного излучения в электричество; остальное нагревает солнечную батарею и рассеивается как отходное тепло. В яркий солнечный день ФЭ панель может нагреваться до температуры выше 100°C. Это может снизить эффективность на 37% или на 0.5% на каждый 1°C повышения температуры. В результате нагрева эффективность преобразования фотоэлектрического модуля снижается до 9.5% вместо 15%, измеренных в стандартных условиях.

Гибридная фотоэлектрически-тепловая (ФЭТ) гибридная система объединяет фотоэлемент, который преобразует солнечное излучение в электричество, с солнечным тепловым коллектором, который улавливает тепловую энергию и отводит тепло от солнечного элемента. В гибридных ФЭТ системах за счет охлаждения солнечных элементов увеличивается выработка электроэнергии, а полученное тепло используется, таким образом увеличивая выгоду от имеющегося солнечного излучения.

Таким образом, системы ФЭТ представляют собой двойной солнечный коллектор с двумя полезными выходами энергии с одного коллектора (два в одном). По сравнению с обычными отдельными фотоэлектрическими и тепловыми системами он имеет следующие преимущества:

- улучшенная фотоэлектрическая генерация – до 40% больше электроэнергии, чем эквивалентная обычная ФЭ система,
- требуется меньше места на крыше,
- повышенная эффективность системы (около 70%) за счет выработки как электрической (15%), так и тепловой (55%) энергии.

Для изучения свойств солнечных гибридных ФЭТ систем проведены многочисленные исследования [2–5]. Однако влияние температуры окружающей среды на работу ФЭТ систем до конца не исследовано. В этой статье исследуются температурно-зависимые характеристики гибридных ФЭТ систем. На основе сравнения рабочих температур ФЭТ и ФЭ систем проведен анализ производительности различных ФЭТ гибридных систем.

2. Электрические и тепловые характеристики ФЭТ гибридных систем

Как упоминалось выше, гибридные солнечные ФЭТ системы обеспечивают как электрическую, так и тепловую энергию. Общее количество энергии, произведенной системой ФЭТ, определяется как:

$$W = E + Q, \quad (1)$$

где E – электрическая, а Q – тепловая составляющая энергии. Разделив на входную энергию P , обеспечиваемую солнцем, мы получим эффективность гибридной системы в следующем виде [6]:

$$\eta_{PVT} = \frac{E + Q}{P} = \eta_{el} + \eta_{th}, \quad (2)$$

где η_{el} и η_{th} – коэффициенты электрического и теплового преобразования соответственно.

2.1. Электрические характеристики

Количество электроэнергии, производимой фотоэлектрической и тепловой гибридной солнечной системой, можно определить по уравнению:

$$E = AS\eta_{el}, \quad (3)$$

где A – площадь солнечного ФЭТ коллектора (м^2), принимающая солнечные лучи, S – энергия солнечного излучения на квадратный метр ($\text{кВт ч} / \text{м}^2$).

Температурная зависимость КПД моно/поликристаллических кремниевых солнечных элементов определяется как [7]:

$$\eta = \eta_0 [1 - \beta (T - T_0)], \quad (4)$$

где η_0 – стандартное значение КПД солнечного элемента, который измеряется в стандартных условиях испытаний (СУИ), β – температурный коэффициент, T – рабочая температура солнечного элемента, T_0 – стандартная температура солнечного элемента. Обычно солнечные элементы тестируются при $T_0 = 25^\circ\text{C}$ и интенсивности солнечного излучения $1 \text{ кВт} / \text{м}^2$ (СУИ). Для наиболее распространенных монокристаллических и поликристаллических кремниевых солнечных элементов $\beta = 0.005 (\text{°C})^{-1}$ и $\beta = 0.0045 (\text{°C})^{-1}$ соответственно [7].

Температурная зависимость эффективности кремниевых солнечных элементов представлена на рис. 1.

При высоких температурах окружающей среды, выше 25°C , солнечные элементы в ФЭ модулях нагреваются в значительной степени и электрическая эффективность уменьшается. При таких высоких температурах солнечные гибридные ФЭТ системы обладают преимуществом по сравнению с ФЭ модулями из-за охлаждения солнечных элементов и увеличении электрической эффективности. При низких температурах, ниже 25°C , эффективность увеличивается с охлаждением солнечных элементов. Поэтому необходимо проанализировать характеристики ФЭТ систем в широком диапазоне температур окружающей среды, а также в зависимости от параметров структуры и тепловых характеристик ФЭТ систем.

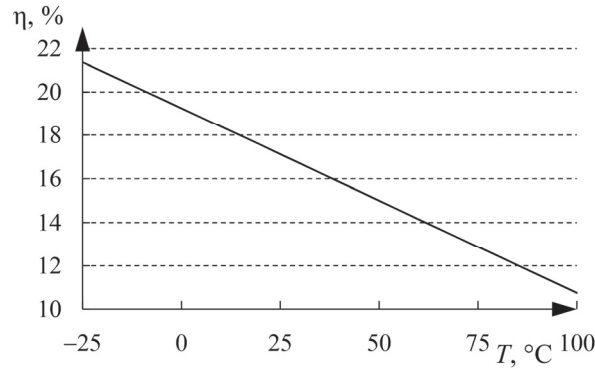


Рис.1. Электрическая эффективность монокристаллического кремни-
евого солнечного элемента в зависимости от температуры.

2.2. Тепловые характеристики

Тепловая энергия, получаемая гибридной солнечной системой, определяется как:

$$Q = AS\eta_{th}, \quad (5)$$

где η_{th} – тепловой КПД ФЭТ системы.

Тепловой КПД ФЭТ системы можно определить как тепловой КПД плоского солнечного теплового коллектора как [8]:

$$\eta_{th} = F(\tau\alpha) - FU \frac{T - T_a}{G}, \quad (6)$$

где F – коэффициент теплоотвода коллектора, τ – коэффициент пропускания света крышки, α – коэффициент поглощения коллектора, U – общий коэффициент тепловых потерь коллектора, T – температура приемника (°C), T_a – температура окружающей среды (°C), G – интенсивность солнечного излучения на единицу поверхности и, как правило, принимается $G = 1000$ (Вт/м²).

Таким образом, подставив (6) в (5) тепловую энергию коллектора гибридной солнечной системы можно представить как:

$$Q = ASF(\tau\alpha) - FU \frac{T - T_a}{G}. \quad (7)$$

Также известно, что количество отводящего тепла из коллектора может быть измерено с помощью количества тепла, уносимого жидкостью, прошедшей через него (тепло, хранящееся в накопительном баке), то есть:

$$Q = mC(T_{out} - T_{in}) = mC\Delta T, \quad (8)$$

где m – масса жидкости в резервуаре для хранения (г), C – теплоемкость жидкости (Дж / г °C), T_{out} и T_{in} – температуры на выходе и входе (°C) ФЭТ коллектора.

Предполагая, что температура приемника в формуле (6) равна температуре солнечных элементов гибридной ФЭТ системы, можно записать:

$$T = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = T_{in} + \frac{T_{out} - T_{in}}{2} = T_{in} + \frac{\Delta T}{2} = T_{cell.PVT}, \quad (9)$$

$$\Delta T = 2(T_{cell.PVT} - T_{in}). \quad (10)$$

Подставив (10) в (8), получим:

$$Q = 2mC(T_{cell.PVT} - T_{in}). \quad (11)$$

Предполагая, что нет тепловых потерь от соединительных труб и резервуара для хранения, можно записать энергетический баланс, приравняв (11) и (7). Таким образом, с учетом (9) мы будем иметь:

$$ASF(\tau\alpha) - FU \frac{T_{cell.PVT} - T_a}{G} = 2mC(T_{cell.PVT} - T_{in}). \quad (12)$$

Из этого выражения формулу для температуры солнечных элементов гибридных ФЭТ систем можно записать как:

$$T_{cell.PVT} = \frac{1}{K_1 + K_2} [F(\tau\alpha) + K_1 T_{in} + K_2 T_a], \quad (13)$$

где $K_1 = 2mC/(AS)$ и $K_2 = FU/G$.

Из (13) видно, что температура солнечных элементов в гибридных ФЭТ системах линейно увеличивается с температурой окружающей среды. Таким образом, с помощью формулы (13) можно определить температуру солнечных элементов в гибридной ФЭТ системе в зависимости от тепловых параметров системы (типа ФЭТ и конструктивных параметров) и температуры окружающей среды.

3. Анализ характеристик ФЭТ систем в зависимости от температуры окружающей среды

Как известно, основным преимуществом ФЭТ коллекторов по сравнению с фотоэлектрическими (ФЭ) модулями является пониженная рабочая температура фотоэлементов при повышенных температурах окружающей среды. Проанализируем работу ФЭТ при высоких и низких температурах окружающей среды путем сравнения температуры солнечных элементов ФЭТ системы с температурой солнечных элементов обычных ФЭ модулей, которые не охлаждаются, как в ФЭТ коллекторах.

Выражение для приближенного расчета температуры солнечного элемента фотоэлектрического модуля с открытой задней частью имеет вид [9]

$$T_{cell.PV} = T_a + G \frac{NOCT - 20}{800}, \quad (14)$$

где $NOCT$ определяется как температура, достигаемая элементами с разомкнутой цепью в модуле при стандартной эталонной среде, определяемой следующим образом: солнечное излучение 800 Вт/м^2 , температура окружающей среды 20°C , скорость ветра 1 м/с и тип монтажа – открытая задняя сторона.

Зависимость $T_{\text{cell.PV}}$ от температуры окружающей среды представлена на рис.2. На этом рисунке представлена также зависимость температуры солнечных элементов застекленных гибридных ФЭТ систем $T_{\text{cell.PVT}}$ от температуры окружающей среды, построенная с помощью уравнения (13).

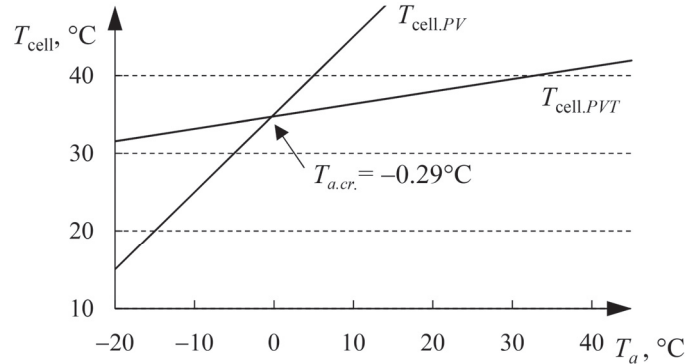


Рис.2. Зависимость температуры солнечных элементов ФЭ модуля и застекленного ФЭТ коллектора от температуры окружающей среды ($G = 1000 \text{ Вт/м}^2$, $NOCT = 48^\circ\text{C}$, емкость бака ФЭТ системы составляет 100 л , $A = 2 \text{ м}^2$, $T_{\text{in}} = 15^\circ\text{C}$, $F(\tau\alpha) = 0.68$, $FU = 4.9 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ [10]).

Из рис.2 видно, что с повышением температуры окружающей среды солнечные элементы обычного фотоэлектрического модуля нагреваются сильнее, чем элементы гибридного застекленного ФЭТ модуля. Таким образом, при высоких температурах окружающей среды, выше примерно 0°C , с увеличением температуры разница между $T_{\text{cell.PV}}$ и $T_{\text{cell.PVT}}$ увеличивается. Следовательно, электрический КПД ФЭТ системы увеличивается также по сравнению с КПД обычного ФЭ модуля.

Из рис.2 также видно, что, угловые коэффициенты для $T_{\text{cell.PV}}$ и $T_{\text{cell.PVT}}$ разные. Коэффициент для $T_{\text{cell.PV}}$ равняется 1 (формула 14), а для $T_{\text{cell.PVT}}$ он равен $K_2 / (K_1 + K_2) = 0.16$ (формула 13). Из-за разных угловых коэффициентов двух линий существует точка пересечения при $T_a = -0.29^\circ\text{C}$, которая названа «критической» температурой окружающей среды ($T_{a.cr.}$). Когда температура окружающей среды ниже, чем $T_{a.cr.}$, ячейки в ФЭТ коллекторе имеют более высокие температуры, чем ячейки обычного фотоэлектрического модуля с открытой задней стороной, из-за меньших тепловых потерь ФЭТ коллектора. При низких температурах окружающей среды при $T_a < T_{a.cr.}$ происходит «обратный» процесс, и электрический КПД ФЭТ коллектора становится меньше по сравнению с обычным ФЭ. Эта точка пересечения определяет минимально допустимую

температуру для применения гибридной ФЭТ системы. Таким образом, при температурах ниже $T_{a.cr.}$ применение ФЭТ системы нецелесообразно из-за нагрева ячеек и снижения эффективности генерации электроэнергии ФЭТ системы по сравнению с обычным ФЭ модулем.

Критическая температура зависит от типа и тепловых характеристик гибридной ФЭТ системы. Значение $T_{a.cr.}$ можно найти из уравнения

$$T_{cell.PVT} = T_{cell.PV} . \quad (15)$$

Используя уравнения (13) и (14), получим

$$T_{a.cr.} = \frac{F(\tau\alpha)}{K_1} + T_{in} - \left[1 + \frac{k_2}{k_1} \right] G \frac{NOCT - 20}{800} . \quad (16)$$

На рис.3 представлена зависимость температуры солнечных элементов ФЭ модуля $T_{cell.PV}$ и застекленного ФЭТ коллектора $T_{cell.PVT}$ от температуры окружающей среды для трех различных входных температур. Видно, что чем ниже температура охлаждающей жидкости T_{in} на входе, тем меньше «критическая» температура окружающей среды $T_{a.cr.}$ и, следовательно, тем шире температурный диапазон применения ФЭТ системы с заданными тепловыми параметрами.

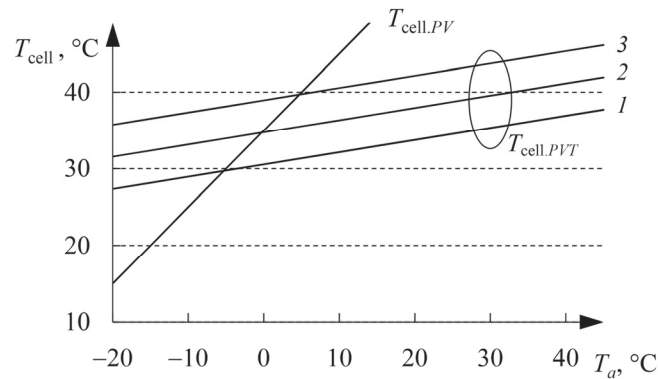


Рис.3. Зависимость температуры солнечных элементов ФЭ модуля $T_{cell.PV}$ и застекленного ФЭТ коллектора $T_{cell.PVT}$ от температуры окружающей среды T_a ($G = 1000 \text{ Вт / м}^2$, $NOCT = 48^\circ\text{C}$, емкость бака PVT системы 1001, $A = 2 \text{ м}^2$, $T_{in} = 15^\circ\text{C}$, $F(\tau\alpha) = 0.68$, $FU = 4.9 \text{ Вт / м}^2 \text{ }^\circ\text{C [10]}$). 1 – $T_{in} = 10^\circ\text{C}$, 2 – $T_{in} = 15^\circ\text{C}$, 3 – $T_{in} = 20^\circ\text{C}$.

Для сравнения рабочих температур солнечных элементов в неостекленных и застекленных плоских, а также вакуумных трубчатых ФЭТ коллекторах температуры для этих систем рассчитаны по (13). Для расчетов использованы следующие тепловые параметры (Табл.1):

Полученные температурные зависимости, а также зависимость температуры ФЭ модуля, установленного с открытой задней стороной, от температуры окружающей среды представлены на Рис.4.

Табл.1.

Тип ФЭТ коллектора	$F(\tau\alpha)$	FU , (Вт/м ² °С)	Ссылки
Неостекленный	0.45	10.15	[11]
Застекленный	0.68	4.9	[10]
Вакуумная труба	0.58	0.7	[10]

Как и следовало ожидать, «критическая» рабочая температура для неостекленного ФЭТ коллектора меньше, и поэтому рабочий диапазон неостекленной ФЭТ системы является максимальным. Более высокую критическую температуру имеет остекленный ФЭТ коллектор, а максимальное значение «критической» температуры имеет ФЭТ коллектор на базе вакуумной трубки.

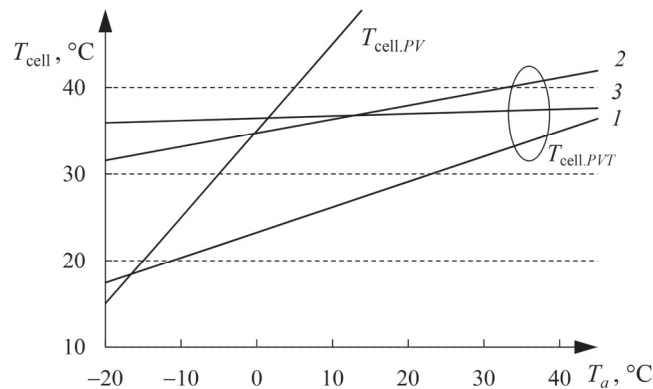


Рис.4. Зависимость температуры солнечных элементов ФЭ модуля $T_{\text{cell},PVT}$ и различных типов ФЭТ коллекторов $T_{\text{cell},PV}$ от температуры окружающей среды ($G = 1000 \text{ Вт/м}^2$, $\text{НОСТ} = 48^\circ\text{C}$, емкость резервуара PVT системы 1001, $A = 2 \text{ м}^2$, $T_{\text{in}} = 15^\circ\text{C}$, $F(\tau\alpha) = 0.68$, $FU = 4.9 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ [10]). 1 – Неостекленный, 2 – Застекленный, 3 – Вакуумная труба.

В случае параметров, указанных на рис. 2, 3, 4 и в Табл.1, следующие значения критических температур для гибридных ФЭТ систем различного типа рассчитаны по формуле (16). Полученные результаты представлены в Табл.2. Как и ожидалось критическая температура окружающей среды $T_{a,cr}$ тем меньше, чем выше коэффициент теплотери коллектора.

Табл.2.

Тип ФЭТ коллектора	Критические значения температуры окружающей среды гибридных ФЭТ систем $T_{a,cr}$
Неостекленный плоский	-16.3°C
Застекленный плоский	-0.29°C
Вакуумная труба	$+1.5^\circ\text{C}$

4. Заключение

Анализирована зависимость характеристик гибридных фотоэлектрических-тепловых (ФЭТ) систем от температуры окружающей среды. Сравниваются рабочие температуры солнечных элементов обычных фотоэлектрических (ФЭ) модулей и гибридных ФЭТ коллекторов. Показано, что существует «критическое» минимальное значение температуры окружающей среды, ниже которого рабочая температура солнечных элементов в ФЭТ системе выше, чем у обычного ФЭ модуля. Этот «обратный» процесс происходит из-за низких тепловых потерь гибридных ФЭТ систем по сравнению с обычными ФЭ модулями. В результате этого процесса электрическая эффективность ФЭТ коллектора становится меньше по сравнению с обычным ФЭ модулем. Таким образом, критическая температура окружающей среды определяет минимально допустимую температуру окружающей среды, когда может использоваться соответствующая гибридная ФЭТ система. «Критическое» значение температуры окружающей среды зависит от тепловых характеристик данной гибридной ФЭТ системы. Он определяет возможный диапазон температур применения данной ФЭТ системы. Предложенная методика определения температурного диапазона рабочих характеристик ФЭТ систем может быть использована учеными и проектировщиками при разработке различных солнечных гибридных ФЭТ систем нового типа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитетом науки Министерства образования, науки, культуры и спорта Республики Армения в рамках научного проекта № SCS 18T-2B333.

ЛИТЕРАТУРА

1. IRENA (2019), Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation: paper), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
2. T.T. Chow. Applied Energy, **87**, 365 (2010).
3. A. Mellora et al. Solar Energy, **174**, 386 (2018).
4. H.A. Zondag. Renewable and Sustainable Energy Reviews, **12**(4), 891 (2008).
5. A. Mallik, M.Z. Hasan. World Scientific News, **96**, 83 (2018).
6. E. Radziemska. International Journal of Photoenergy, **2009**, Article ID 732093.
7. E. Skoplaki, J.A. Palyvos. Solar Energy, **83**, 614 (2009).
8. J.A. Duffie, W.A. Beckman. Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition, New York: John Wiley & Sons Inc, 2013.
9. R.G. Ross. 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference. San Diego, CA, p. 1126, (1980).
10. RETScreen International. Clean energy support center. Solar water heating project analysis, Canada. www.etscreen.net
11. J.H. Kim, J.T. Kim. International Journal of Photoenergy. **2012**, 1 (2012).

ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԵՎ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՀԻԲՐԻԴԱՅԻՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ
ԿԱԽՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ռ.Ռ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Վ.Կ. ԴԱԼԼԱԿՅԱՆ, Մ.Գ. ՏՐԱՎԱՅՅԱՆ

Արևային ֆոտոէլեկտրական-ջերմային (ՖԷՋ) հիբրիդային համակարգերն ունեն բարձր ներուժ՝ որպեսզի հաղիսանան արդյունավետ և կենսունակ մեթոդ էլեկտրաէներգիայի և ցածր պոտենցիալային ջերմային էներգիայի արտադրության համար: Հիբրիդային համակարգը, որ կարող է ինել շատ էներգաարդյունավետ՝ բարելավելով էլեկտրական արդյունավետությունը արևային մարկոցների հովացման և դրա արդյունքում ստացված ջերմային էներգիայի շնորհիվ: Այնուամենայնիվ, այս համակարգերի օգտագործումը արագ չի զարգանում՝ կապված գործառնական վիճահարույց խնդիրների, ինչպես նաև առանձին ֆոտոէլեկտրական (ՖԷ) և ջերմային համակարգերի համեմատությամբ, տեղադրման և պահպանման դժվարությունների հետ: Տվյալ հոդվածում ուսումնասիրվում են արևային մարկոցների աշխատանքային ջերմաստիճանները ՖԷ և ՖԷՋ կոլեկտորներում՝ կախված շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանից: ՖԷ մոդուլի և ՖԷՋ կոլեկտորի արևային բջիջների աշխատանքային ջերմաստիճանների համեմատության հիման վրա գնահատվում է ՖԷՋ համակարգի կիրառման արդյունավետությունը: Ցույց է տրվել, որ գոյություն ունի շրջակա միջավայրի ջերմաստիճանի «կրիտիկական» նվազագույն արժեք, որից ցածր ՖԷՋ համակարգի մարկոցներն ունեն ավելի բարձր ջերմաստիճան, քան ՖԷ մոդուլների մարկոցները («հակադարձ» գործընթաց) և ՖԷՋ համակարգի կիրառումը նպատակահարմար չէ: Ուսումնասիրվել է «կրիտիկական» ջերմաստիճանի կախվածությունը ՖԷՋ համակարգի տեսակից և ջերմային բնութագրերից: ՖԷՋ հիբրիդային համակարգերի արդյունավետության գնահատման համար առաջարկվող մեթոդը կարող է օգտագործվել գիտնականների և ինժեներների կողմից տարբեր հիբրիդային ՖԷՋ համակարգերի մշակման ընթացքում:

TEMPERATURE DEPENDENT PERFORMANCE OF
PHOTVOLTAIC AND THERMAL HYBRID SYSTEMS

R.R. VARDANYAN, V.K. DALLAKYAN, M.G. TRAVAJYAN

Solar photovoltaic-thermal (PVT) hybrid systems have the high potential to be an effective and viable method for producing electricity and thermal energy for low grade heating application. The hybrid system proves to be much energy efficient with improved electrical efficiency due to cooling of solar cells and gained thermal energy due to heat absorbed by the fluid from the heated cells. Nevertheless, the utilization of these systems is not growing rapidly due to the controversial operational problems, as well as installation and maintenance difficulties in comparison with general separated photovoltaic and thermal systems. In this paper the operating temperatures of solar cells in PV and PVT collectors in dependence of ambient temperature are investigated. On the base of comparison of operating temperatures of solar cells of PV module and PVT collector the effectivity of PVT system application is assessed. It is shown that there is a “critical” minimum value of ambient temperature below which the PVT system cells have the higher temperatures than the cells in PV modules (“reverse” process) and the application of PVT system is not reasonable. The dependence of “critical” temperature on the type and thermal characteristics of PVT system is investigated. The proposed methodology for PVT hybrid systems effectivity assessment can be used by scientists and designers during the development of different hybrid PVT systems.