

## ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ЗА РАХУНОК ПЕРЕТВОРЕННЯ ЇХ В ГІБРИДНИЙ КОЛЕКТОР

В. О. Разінков

*Державний університет «Одеська політехніка»*

**Анотація.** В тому що за альтернативною енергетикою майбутнє впевнена вже більша частина науковців світу. Сприятливе географічне розташування України дозволяє використовувати з достатньою ефективністю сонячні фотоелектричні панелі, тим не менш покупців та власників завжди цікавить питання коефіцієнта корисної дії сонячної панелі та шляхів його підвищення. На даному етапі ефективність сонячних панелей близька до показника 22 %, проте цей коефіцієнт можна значно підвищити, як і вже на існуючих сонячних станціях так і на тих, що тільки проектуються.

**Ключові слова:** електрична енергія, фотоелектричні сонячні панелі, температурний коефіцієнт, гібридний колектор, тепла енергія, нагрівання панелей, геліополе, площа інсоляції.

### Вступ

Універсальність використання електроенергії в усіх галузях життєдіяльності людини викликає невпинний зріст темпу її споживання. Наряду з тим методи та технології її виробництва майже не зазнають значних впливів та видобувається з природних невідновлювальних вуглецевих копалин. В останні роки у світі спостерігається розвиток технологій виробництва "чистої" електроенергії з відновлюваних джерел енергії. Впровадження таких джерел енергії стимулюється державами за рахунок "зелених тарифів" та інших заходів урядів країн [5]. Однак попри невпинний розвиток технології, ефективність використання залишається недостатньою для того аби скласти здорову конкуренцію традиційним методам виробництва.

### 1. Мета дослідження

Визначення енергетичного потенціалу, який може бути додатково отриманий за рахунок перетворення сонячного модуля на гібридний колектор. За рахунок перетворення очікується отримання додаткової електричної енергії генерація, якої буде збільшуватись за рахунок зменшення впливу теплового коефіцієнта. Потенціал теплової енергії оцінюється з точки зору можливого тепла, що може бути відібране з панелі.

### 2. Матеріали та результати дослідження

Сонячні електричні панелі – це пристрої, які складаються з напівпровідникових сонячних елементів, які з'єднані в модулі для генерації великої кількості електричної енергії. В залежності

від конструкції таких панелей вони можуть бути полі- та монокремнієві [3]. Сонячні станції зібрані з таких панелей мають досить просту конструкцію та складаються лише з самих панелей, інвертора та трансформатора, який буде перетворювати напругу панелі (12 або 24 В), на напругу придатну до використання споживачами або достатню для передачі її по енергосистемі.

Найбільш ефективно такі панелі працюють в ясну погоду, яка для наших широт характерна лише влітку, однак сонячне світло несе з собою ще і тепло, яке негативно впливає на показники генерації. Зі збільшенням температури, потік електронів в середині елементів наростає, відповідно до цього і збільшується струм викликаючи падіння напруги. Падіння напруги в цьому випадку більше ніж збільшення сили струму, що призводить відповідно до зменшення генерованої потужності. Спостереження показують, що найбільш ефективна генерація таких панелей припадає на травень місяць, коли дні стають більш ясними, однак температура ще не досягає значних відміток.

Втрати потужності в таких панелях визначаються «температурним коефіцієнтом», процентом зниження ефективності з прив'язкою до градусів Цельсія. Він визначає наскільки знижується ефективність при підвищенні температури оточуючого середовища на кожен градус. Це значення визначається заводами виробниками практично при температурі 25 °С та унікальне для кожного типу панелей. Для кремнієвих, як полі- так і монокристалічних панелей значення температурного коефіцієнта коливається в межах від 0,45% до 0,50%. Таким чином при підвищенні температури панелі на 20 °С, втрати потужно-

сті складають близько 10 %, а вважаючи що в літній період року температура на поверхні панелі може складати 60-70 °С, можна спостерігати значне зменшення потужності, що при роботі за «зеленим тарифом», також викликає і значні фінансові втрати [4].

Для вирішення даної проблеми були розроблені гібридні сонячні колектори. Гібридний сонячний колектор – являє собою поєднання сонячного теплового колектора і полікристалічного фотоелектричного модуля. Конструктивно такий гібридний колектор складається з фотоелектричного модуля під низом якого розташовується мідна пластина, яка виконує роль радіатора. До цієї пластини приєднуються мідні трубки в середині яких циркулює спеціальний теплоносій. Недоліком таких гібридних колекторів є те, що тепло знімається з внутрішньої сторони панелі, а отже все тепло, яке знімається з панелі проходить безпосередньо через неї. Разом з тим, підвищення коефіцієнта корисної дії такими гібридними сонячними колекторами для існуючих геліо полів неможливе [7].

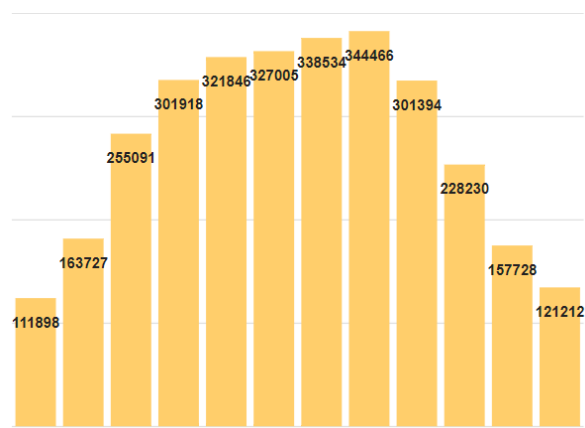


Рис. 1. Сонячна електрична станція «Приозерна», Кілійський район Одеська область

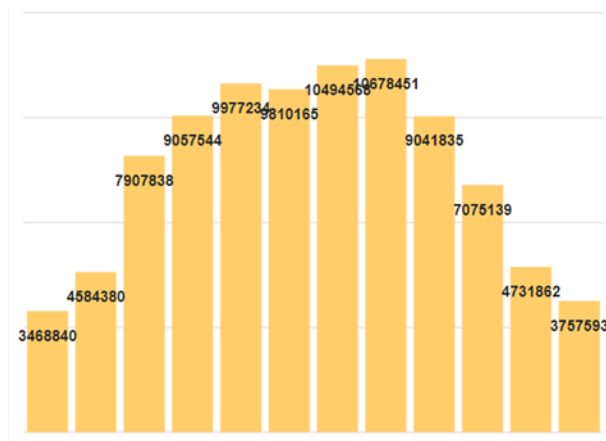
Однак для існуючих геліополів можна перетворити сонячні панелі на гібридні, шляхом встановлення на її поверхні прозорого двошарового екрану, в просторі якого буде циркулювати теплоносії. Перевагою використання такого екрану є те, що він може бути використаний для будь-яких існуючих та вже встановлених модулів. За рахунок його монтажу з зовнішньої сторони частина тепла від сонячних променів буде відбиратися на «шляху» до фотоелектричного модуля, а тепло, що визиватиме нагрів самої панелі, буде також відбиратися екраном теплопередачею за рахунок безпосереднього контакту з панеллю [6].



Рис. 2. Габаритні розміри геліополя СЕС «Приозерна»



А)



Б)

Рис. 3. Прогнозована середньодобова (А) та місячна (Б) генерація станції

Для існуючої, однієї з найбільших сонячних станцій в Україні – «Приозерна», яка розташовується біля міста Кілія, Кілійського району, Одеської області використання таких екранів може

принести значний прибуток. Сонячна електростанція «Приозерна», складається з 227 744 фотоелектричних модулів, заявлена номінальна потужність станції 54,8 МВт, а кожен кВт·год електричної енергії постачається в енергомережу за 25,85 євроцентів.

Середньою температурою для сонячних панелей в теплу пору року вважається температура 55 °С. Відповідно для цієї температури розрахуємо втрати потужності сонячних панелей за формулами

$$K_{3,1^{\circ}\text{C}} = K_t \eta, \text{ в. о.}, \quad (1)$$

де  $K_{3,1^{\circ}\text{C}}$  – температурний коефіцієнт зменшення генерації панелей на кожен градус, що перевищує нормовану температуру 25°С;

$K_t$  – температурний коефіцієнт панелі, приймається в межах 0,45-0,5 %;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії панелі, в. о.

$$\Delta W = \sum_{i=1}^{5..9} W_i K_{3,1^{\circ}\text{C}} \cdot (t_{\text{ср}} - t_{\text{норм}}), \text{ МВт} \cdot \text{год}, \quad (2)$$

де  $\sum_{i=1}^{5..9} W_i$  – сума генерації електричної енергії в період з травня по вересень, МВт·год;

$t_{\text{ср}}$  – середня температура панелі, приймається 55°С;

$t_{\text{норм}}$  – нормована температура сонячної панелі, рівна 25 °С.

За формулами (1) і (2) відповідно

$$K_{3,1^{\circ}\text{C}} = 0,45 \cdot 0,17 = 0,0765 \text{ в. о.},$$

$$\Delta W = 50\,002 \cdot \frac{0,0765 \cdot (55 - 25)}{100} = 1147,5 \text{ МВт} \cdot \text{год},$$

При збільшенні генерованої потужності за рахунок зменшення нагрівання панелей, можна досягти збільшення річної генерації приблизно на 1147,5 МВт·год, що еквівалентно 296 тис. євро.

Також розрахунки показали, що для даної широти місцевості сумарний потік падаючої сонячної радіації за світловий день складає близько 5,45 кВт·год/м<sup>2</sup> [1]. При заданій площі сонячної електростанції за допомогою даного екрану можна отримати додатково близько 1000 Гкал тепла за добу, яке може бути використане для різних потреб. Це тепло буде відбиратися з екрану шля-

хом циркуляції теплоносія, в якості теплоносія пропонується використовувати найпростіші двохатомні спирти. До переваг таких теплоносія відносяться:

- Широкий діапазон робочих температур - 40...+108°С;
- Висока прозорість рідин;
- Відносна низька щільність;
- Прийнятний коефіцієнт теплопередачі.

Принцип циркуляції теплоносія приведено на рисунку 4 [2].

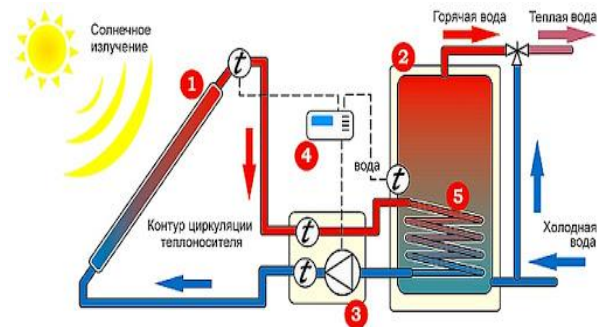


Рис. 4. Принцип відбору тепла від екрану

Нагрітий теплоносії в екрані (1), шляхом циркуляції за допомогою циркуляційного насоса (3) потрапляє у теплообмінник (5), який розташований у баку накопичувачі (2). В бак накопичувач підводиться холодна вода через нижній патрубок, яка відбирає тепло з теплообмінника і за рахунок нагрівання підіймається до верху баку, і відбирається через верхній патрубок баку. На виході з патрубку встановлюється сервопривід, який підмішує холодну воду для підтримання температури подачі гарячої води на одному рівні.

Циркуляційним насосом керує контролер (4), який має датчики в баці накопичувачі та на виході з екрану на верхньому патрубку. Аналізуючи дані отриманні з цих датчиків, контролер регулює швидкість обертання циркуляційного насоса.

### Висновок

Було розглянуто на основі існуючої сонячної електричної станції потенціал в генерації електричної енергії, який втрачається за рахунок нагріву сонячних фотоелектричних елементів, визначено втрати виражені в грошовому еквіваленті та визначена кількість теплової енергії, яка може бути використана за рахунок встановлення екранів. Запропонована конструкція універсального екрану для перетворення будь-яких панелей в гібридний колектор.

**Список використаної літератури**

1. Виссарионов В. И., Дерюгина Г. В., Кузнецова В. А., Малинин Н. К. Солнечная энергетика [Текст] – Учебное пособие для вузов Издательский дом МЭИ. – 2008. – 113–120 с.

2. William A. Beckman, Sanford A. Klein, John A. Duffie. Расчет систем солнечного теплоснабжения [Текст] – Пер. с англ, Энергоиздат, 1982. – 9 с.

3. Разінков В. О. Оглядовий аналіз основних видів сонячних елементів та виявлення шляхів підвищення їх ефективності роботи та застосування [Текст] – Електронний журнал «Альманах науки». – 2019. Вип. № 5 (26). – 23–25 с.

4. Турсунов М. Н. Дослідження можливостей збільшення ефективності фотоелектричних установок з системою повітряного охолодження [Текст]. – Матеріали міжнародної наук.-практ. конф. «Проблеми підвищення ефективності використання електричної енергії в галузях агропромислового комплексу». – 2015. – 416–418 с.

5. Мясникова Т. В., Матюнин А. Н., Кирилова А. А. Моделирование фотоэлектрических панелей [Текст]. – Вестник Чувашского университета. – 2019. – Вып 1. 83–90 с.

6. Бекиров Э. А., Асанов М. М. Анализ систем водяного охлаждения фотоэлектрических панелей [Текст]. – Строительство и техногенная безопасность – 2017. – Вып. 6 (58) 55–58 с.

7. Khelifa, A., Touafek, K., Moussa, H. B., Tabet, I., hocine, H. B. cheikh E., Haloui, H.. – Analysis of a Hybrid Solar Collector Photovoltaic Thermal (PVT) [Text], – Energy Procedia, – 2015. – 74, 835–843 p.

8. Бондарчук А. С. Исследование прогнозируемой эффективности применения гибридных солнечных коллекторов для энергоснабжения многоквартирных домов. [Текст]. – Восточно-Европейский журнал корпоративных технологий. – 2019. – № 4. 69-77 с.

**References**

1. Vissarionov V I, Deryugina G V, Kuznetsova V A, Malinin N. K. (2008) Solar energy. Textbook for universities [Solnechnaya energetika. Uchebnoe posobie dlya vuzov] MEI Publishing House. p. 113–120.

2. William A. Beckman, Sanford A. Klein, John A. Duffie. (2019) Calculation of solar heat supply systems [Raschet sistem solnechnogo teplosnabzheniya], Energoizdat p.9

3. Razinkov V. O., (2019) Review analysis of the main types of solar elements and identification of ways to increase their efficiency and application [Oglyadovij analiz osnovnikh vidiv sonyachnikh elementiv ta viyavleniya shlyakhiv pidvishhennya yikh eefektivnosti roboti ta zastosuvannya] Electronic Journal "Almanac of Science" Output. № 5(26) p. 23–25.

4. Tursunov M. N. (2015) Research of possibilities of increase of efficiency of photovoltaic installations with system of air cooling [Doslidzhennya mozhlivostej zbilshennya effektivnosti fotoelektrichnikh ustanovok z sistemoyu povitryanogo okholodzhennya] Materials of international scientific-practical. conf. "Problems of increasing the efficiency of electricity use in the agro-industrial complex." p. 416–418.

5. Myasnikova T. V., Matyunin A. N., Kirilova A. A. (2019) Modeling of photovoltaic panels [Modelirovanie fotoelektricheskikh panelej] Bulletin of the Chuvash University, Issue 1 p. 83–90.

6. Bekirov E. A., Asanov M. M (2017) Analysis of water cooling systems of photovoltaic panels [Analiz sistem vodyanogo okhlazhdelynya fotoelektricheskikh panelej] Construction and man-made safety. Issue. 6 (58) p. 55–58.

7. Khelifa, A., Touafek, K., Moussa, HB, Tabet, I., hocine, HB cheikh E., Haloui, H (2015). Analysis of a Hybrid Solar Collector Photovoltaic Thermal (PVT) Energy Procedia p.835–843.

8. Bondarchuk A. S. (2019) Research of the predicted efficiency of application of hybrid solar collectors for power supply of apartment houses. [Issledovanie prognoziruemoj effektivnosti primeneniya gibridnykh solnechnykh kollektorov dlya energosnabzheniya mnogokvartirnykh domov] Eastern European Journal of Corporate Technologies. № 4 p. 69–77.

**INCREASING THE EFFICIENCY OF SOLAR ELECTRICAL PANELS BY CONVERTING THEM INTO HYBRIDS****V. Razinkov***Odessa Polytechnic State University*

**Annotation.** *Non-traditional energy has recently been more and more integrated into the modern energy system of Ukraine. The geographical location opens up great opportunities for the development of many renewable energy sources, including solar energy. In particular, Ukraine has already built some of the world's largest solar photovoltaic plants. However, their use is largely effective due to government subsidies in the form of a "green tariff" and other measures taken by the country's government. If these subsidies are reduced or eliminated, the use and construction of new such plants may be on the verge of recoupment. One of the main ways to increase their competitiveness is to increase the efficiency of using existing stations and introduce a universal low-cost solution for projected solar stations. The increase in the efficiency of solar photovoltaic modules is limited not only by design features, but also by the features of their application. At maximum illumination during the year, the most intense heating of these panels occurs. According to the technical characteristics of individual panels, the decrease in their effectiveness depends on their temperature coefficient. Direct cooling of the panels is an effective way to reduce the effect of this temperature coefficient. To improve these photovoltaic panels, it is proposed to turn them into a hybrid collector. To do this, a special transparent screen with a coolant circulating inside is fixed on the surface of the solar panel. The external arrangement of the screen offers a number of significant advantages over existing commercial hybrid collector models. Cooling the panel with this screen can result in a relatively large increase in power generation due to the intense cooling of the surface and the semiconductor elements themselves.*

**Key words:** *electrical energy, photovoltaic solar panels, temperature coefficient, hybrid collector, thermal energy, heating of panels, heliophield, insolation area.*

## ПОВЫШЕНИЕ КОЭФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПАНЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ПРЕВРАЩЕНИЯ ИХ В ГИБРИДНЫЙ КОЛЕКТОР

**В. А. Разинков**

*Государственный университет «Одесская политехника»*

**Аннотация.** *В том, что за альтернативной энергетикой будущее уверена уже большая часть учёных. Благоприятное географическое расположение Украины позволяет использовать с достаточной эффективностью солнечные фотоэлектрические панели, тем не менее покупателей и владельцев всегда интересует вопрос коэффициента полезного действия солнечной панели и путей его повышения. На данном этапе эффективность солнечных панелей близка к показателю 22%, однако этот коэффициент возможно значительно повысить, как на существующих солнечных станциях, так и на тех, что только проектируются.*

**Ключевые слова:** *электрическая энергия, фотоэлектрические солнечные панели, температурный коэффициент, гибридный коллектор, тепловая энергия, нагрев панелей, гелиополе, площадь инсоляции.*

Отримано 12.04.2021



**Разинков Владислав Олексійович**, Державний університет «Одеська політехніка», асистент кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту. 65044, Одеса, пр-т Шевченко, 1, ДУ «ОП», тел. (048)705-8512 E-mail: [razinkov.v.o@opu.ua](mailto:razinkov.v.o@opu.ua)

**Razinkov Vladyslav**, Odessa Polytechnic State University, assistant of the Department of power supply and energy management. Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, phone number: +38048-705-8512, E-mail [razinkov.v.o@opu.ua](mailto:razinkov.v.o@opu.ua)

**ORCID ID:** 0000-0003-0934-0426