

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Невідомий Олег Ігорович

УДК 621.3

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СУМІЩЕННЯ
ФОТОГАЛЬВАНІЧНОГО МОДУЛЯ ТА СОНЯЧНОГО
КОЛЕКТОРА ДЛЯ СПІЛЬНОГО ВИРОБЛЕННЯ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ**

141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи магістра на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук,
Белякова Ірина Володимирівна,
доцент кафедри електричної інженерії
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат технічних наук,
Габрусєва Ірина Юрїївна
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "29" грудня 2019 р. о 10 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

Секретар
екзаменаційної комісії № 41

Коцюрко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У наш час дуже загострена світова енергетична криза. Сьогодні треба думати про енергетичну безпеку не лише в масштабах країни, але і свого будинку. Автономне електропостачання в першу чергу асоціюється з різними автономними генераторами, які працюють на дизельному паливі. Дійсно, мати таку портативну електростанцію дуже корисно. Від неї цілком може працювати насос, що підіймає воду з колодязя або свердловини; працюватиме система ламп освітлення у будинку і на подвір'ї; основні електроприлади. При цьому, сучасні дизельні генератори електроенергії не такі вже «ненажерливі». Автономний електрогенератор – єдиний надійний спосіб отримати електрику в безлічі дачних селищ, які не мають ЛЕП (а таких ділянок більше, ніж ви можете собі уявити). Його екологічною альтернативою є автономна сонячна електростанція.

Зростання потреб в енергоресурсах і ріст цін на органічне паливо в поєднанні зі станом електричних мереж і обладнання, а також негативний вплив традиційних енергетичних об'єктів на навколишнє середовище викликає необхідність в пошуках альтернативних джерел енергії.

Нині впровадження альтернативних джерел енергії, автономних і децентралізованих, в багатьох країнах вигідніше, як з економічної, так і з екологічної точки зору. Високе паливо стає джерелом енергії вчорашнього дня, яке не може забезпечити стійкий розвиток людства в довгостроковій перспективі. Сьогодні в майбутнє сміливо заглядають інші форми енергії, одна з яких - ЕНЕРГІЯ СОНЦЯ.

Сонячна фотоелектрична система - це сонячна електростанція, в якій використовується спосіб прямого перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну. Установка складається з набору сонячних модулів - панелей, що розміщуються на опорній конструкції або даху житлового будинку, акумуляторної батареї, регулятора заряду-розряду акумулятора, і інвертора, на випадок, коли необхідно мати напругу змінного струму. Поряд із електричною, із енергії сонця можна отримувати і теплову. Поєднання у одному пристрої перетворювача сонячної енергії на електричну та теплову є актуальним, так як дозволить підвищити ефективність використання площі.

Предмет дослідження: енергоустановки, засновані на комплексному використанні сонячної та теплової енергії.

Об'єкт дослідження: процеси перетворення сонячної та теплової енергії в електричну і теплову та методи і технічні засоби підвищення енергоефективності даного перетворення.

Мета і завдання дослідження: моделювання та дослідження енергоефективності автономних сонячних теплоелектростанцій.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

- 1) визначено фактори, які впливають на ефективність роботи сонячних колекторів;
- 2) запропонована методика розрахунку PV/T колекторів;

- 3) проведено моделювання енергоефективності PV/Т колектора;
- 4) розраховано економічну ефективність PV/Т колектора;
- 5) представлена фізична модель гібридної PV/Т сонячної панелі.

Методи та способи вирішення поставлених завдань. В даній магістерській роботі для вирішення поставлених завдань застосовувались методи математичного моделювання, аналізу та порівняння.

Наукова новизна проведеного дослідження:

1. Встановлено вплив коефіцієнта поглинання та випромінювання на оптичну ефективність колектора та втрати тепла;
2. Запропоновано методику розрахунку енергетичних показників PV/Т колектора на основі енергетичний балансу, який враховує, всю енергію яка входить і виходить із колектора.
3. На основі отриманого рівняння балансу енергії PV/Т колектора виявлено характер залежності його теплової ефективності від ККД фотовольтаїчного.

Практичне значення одержаних результатів. Результати виконаного дослідження призначені для використання при проектуванні установок для теплопостачання споживачів. PV/Т колектор буде працювати краще при роботі із низькими температурами на вході теплоносія, завдяки цій властивості PV/Т колектор можна використати в якості підігрівача колектора який з'єднаний послідовно з іншим колектором.

Апробація роботи.

Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2019 року. ТНТУ, 2019 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків та переліку посилань. Об'єм роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 98 арк. формату А4, графічна частина – 23 аркушів презентації.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, апробацію та впровадження результатів роботи.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і містить результати роботи по аналізу існуючої у світі інформації щодо тематики дипломної роботи. Розглянуто: сонячні енергетичні установки і їх класифікація та сонячні теплові електростанції і СЕС, які використовують пряме перетворення сонячної енергії в електричну,

Аналіз літературних джерел показав, що використання системи охолодження сонячних батарей збільшить їх ефективність, оскільки температура буде менша. Разом з тим отримане тепло можна використовувати для потреб гарячого водопостачання.

На основі аналізу існуючих досліджень, встановлено, що на даний час не

встановлено енергоефективність використання вторинної теплової енергії на фотовольтаїчних електростанціях.

У другому розділі «Основна частина» наведено основні результати дипломної роботи.

В програмі Microsoft Excel виконано моделювання процесів для двох PV/T типів колекторів. Були досліджені такі варіанти, а саме:

- а) стандартний модуль PV з ідеальною задньою поверхнею охолодження, фотоелектричні елементи грають роль поглинача;
- б) таке ж як і а), але з товстим (15мм) акриловим захисним склом;
- в) таке ж як і б), але з теплоізоляційним шаром між склом і фотоелектричними елементами.

В результаті отримано залежності енергоефективності та ексергії від різниці температур теплоносія та навколишнього середовища. Як показник енергоефективності ми прийняли ККД PV/T колектора. Результати розрахунків наведено на слайдах рис.1. У другому випадку тепла ефективність підвищується для температур вище на 10 °C від температури навколишнього середовища. Електрична потужність майже та ж сама для двох. Якщо ввести повітряний зазор між поглиначем тепла від фотоелектричними елементами і задньою стінкою, то тепла ефективність дещо покращиться, але не до рівня сучасних сонячних колекторів з селективним покриттям.

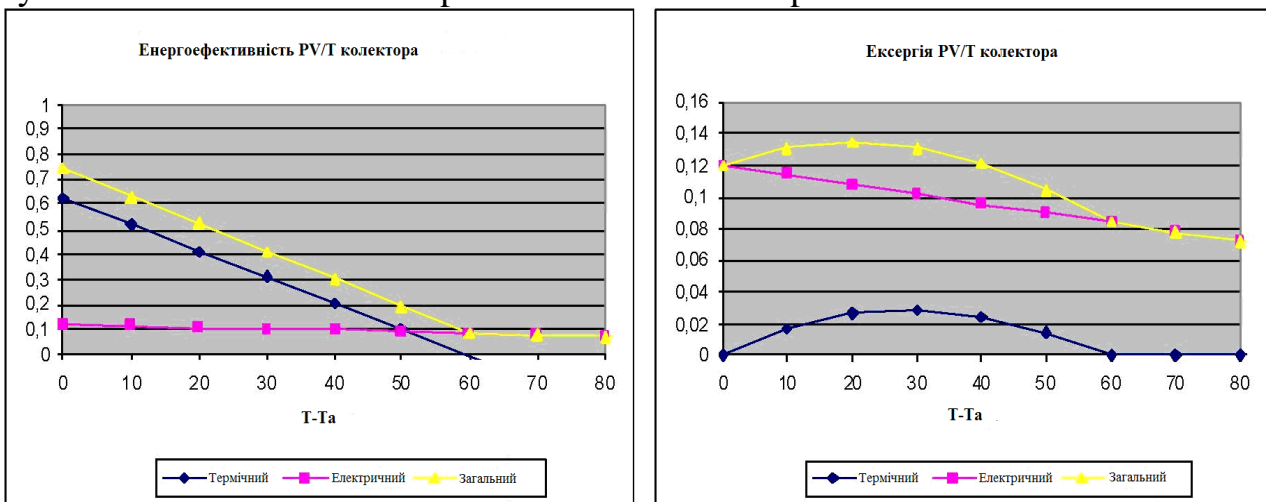


Рис. 1. Ефективність PV / T колектора з 15 мм акриловим склом і теплоізоляційним шаром між склом і фотоелектричними елементами

Моделювання роботи PV / T колектора нами було проведено в середовищі TRNSYS. Математичний апарат описано у ПЗ. В результаті аналізу отриманих залежностей зроблено висновки:

– Коефіцієнт поглинання фотоелементу впливає на оптичну ефективність колектора. При високому коефіцієнті поглинання колектор повинен бути більш ефективним, особливо коли зменшується температура. Коефіцієнт поглинання кристалічних кремнієвих сонячних елементів є задовільним, він приблизно дорівнює 0,9.

– Коефіцієнт випромінювання фотоелементу впливає на втрату тепла з колектора. При низькому коефіцієнті випромінювання фотоелементу, колектор

повинен бути більш ефективним, а при більш високому - зменшується температура. Коефіцієнт випромінювання кристалічних кремнієвих сонячних батарей приблизно дорівнює 0,9. Досягнення низького коефіцієнту випромінювання потребує особливо прозорих тонкоплівкових шарів, які повинні покривати передню поверхню фотоелектричних елементів.

– Теплопередача до теплоносія. Якісно вона відображає ступінь теплового контакту між абсорбером і водою, що циркулює в колекторі трубопроводу. У PV / T колектора, де фотоелементи вставлено в класичний металевий поглинач, теплопередача знижується, так як знижується тепловий контакт абсорбер-вода. Тепловий контакт між фотоелектричним елементом і поглиначем має дуже важливе значення для PV/T колектора так як впливає на тепловий ККД.

– Ефективність PV- елемента. Відповідні цифри показують вплив ефективності елемента на теплову ефективність: нижча ефективність фотоелементів - вища теплова ефективність - у відповідності з рівнянням балансу енергії.

– Товщина теплоізоляції. Товщина теплоізоляції впливає на втрати тепла при вищих робочих температурах.

Проведений аналіз відноситься тільки до теплової ефективності. Тому важливо провести аналіз при ефективному використанні енергії в реальних умовах експлуатації. Були прийняті до уваги наступні параметри:

- коефіцієнт поглинання фотоелемента (PV);
- ефективність PV- елемента;
- швидкість теплоносія;
- температура теплоносія на вході.

Для того, щоб провести аналіз параметрів, був вибраний PV/T колектор.

Результати моделювання показані на рис. 2

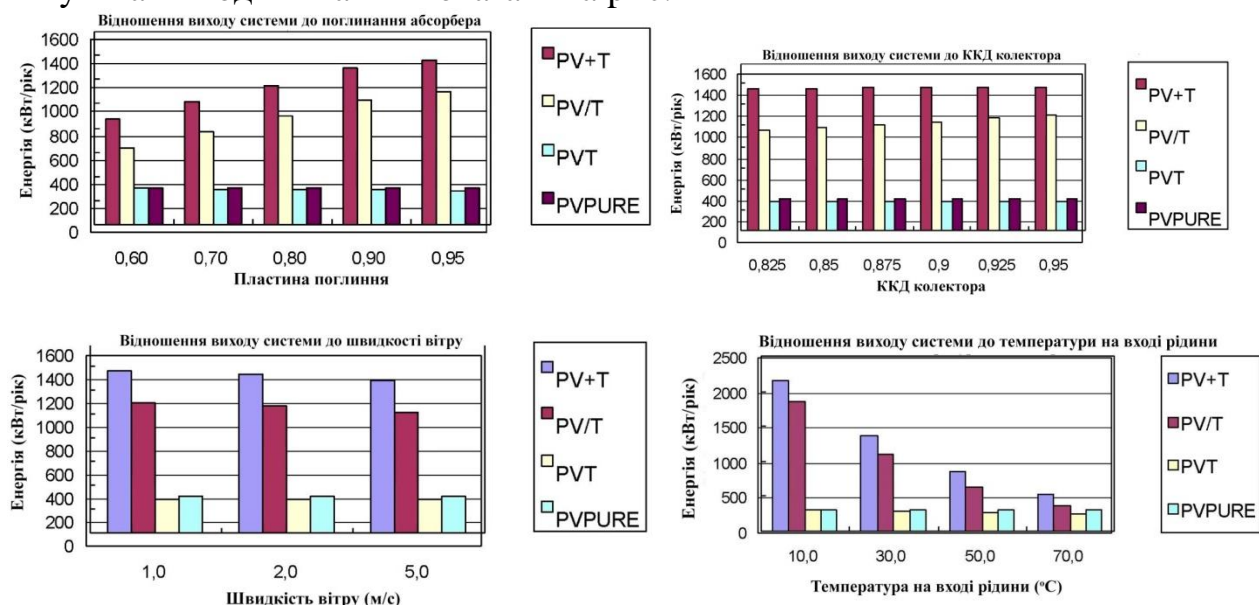


Рис. 2. Вплив параметрів системи на вихід енергії при стандартних умовах

На основі проведеної роботи нами вдосконалено трубчастий PV/T колектор шляхом зменшення теплових втрат (рис.3)



Рис. 3. Вдосконалена фізична модель PV/T колектора трубчастої форми

У третьому розділі «Спеціальна частина» на основі теоретичної моделі, наведеної в попередньому розділі представлено алгоритм та програмне моделювання у програмі TRNSYS. Результати програмного моделювання мають хорошу збіжність із експериментом.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведено розрахунок енергозберігаючих заходів по установці PV/T панелі і порівняння її ефективності із цінами на традиційні джерела енергії. Термін окупності проекту виявився 4 роки і 5 місяців, що з економічних міркувань є прийнятним показником.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз наступних питань: класифікація приміщень за небезпекою електротравм, причини електротравм, напруга кроку, запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах електроенергетики.

У шостому розділі «Екологія» наведено екологічні аспекти нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та проведено аналіз методів прогнозування стану навколишнього природного середовища.

ВИСНОВКИ

1. Сонячні електростанції використовують для отримання електроенергії за допомогою вловлювання сонячних променів. Це екологічно чистий спосіб отримання електричної та теплової енергії, при цьому не завдаючи шкоди навколишньому середовищу. Сьогодні сонячні електростанції будують там, де інші джерела електроенергії відсутні, але їх відсутність економічно компенсуються достатком сонячного випромінювання.

2. Серед проблем використання сонячних фотоелементів – їх вартість та

утилізація. Проблема вартості поступово вирішується – ціни на фотоелементи знижуються приблизно на 4 % в рік. З утилізацією проблемніше, так як сонячні елементи містять отруйні речовини (свинець, галій, кадмій і миш'як) і виробництво їх споживає ще більше шкідливих речовин. Через недовгий термін служби, поставити виробництво сонячних батарей на потік неможливо, оскільки поки що немає прийняттого, з екологічної точки зору, способу їх утилізації.

3. Наведено опис методики розрахунку термодинамічної частини PV/Т колектора та вихідні дані до розрахунку; графіки енергоефективності колекторів різного виконання, проведено аналіз оптимальної конструкції PV / Т колекторів; енергетичний баланс PV / Т колектора, який складається із фотоелектричного елемента та системи нагрівання води.

4. Здійснено моделювання електричних та теплових параметрів у програмі TRNSYS. Встановлено, що на сьогодні день такі типи колекторів є найбільш ефективними.

5. Запропоновано власну конструкцію гібридного PV/Т колектора, який володіє високими показниками продуктивності. За рахунок сонячної енергії розроблена система дозволить в не опалювальний період зекономити до 80 % теплової енергії і до 20 % – в опалювальний період. Термін окупності одного модуля дещо більше 4-х років.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Невідомий О.І. Суміщення фотогальванічного модуля та сонячного колектора в одному пристрої / Невідомий О.І. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 3. — С. 99. — (Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

АНОТАЦІЯ

Невідомий О.І. Енергоефективність суміщення фотогальванічного модуля та сонячного колектора для спільного вироблення електричної та теплової енергії. – **Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Поряд із електричною, із енергії сонця можна отримувати і теплову. Поєднання у одному пристрої перетворювача сонячної енергії на електричну та теплову є актуальним, так як дозволить підвищити ефективність використання площі. У роботі визначено фактори, які впливають на ефективність роботи сонячних колекторів; запропонована методика розрахунку для PV/Т колекторів; проведено моделювання енергоефективності PV/Т колектора; розраховано економічну ефективність PV/Т колектора; представлена фізична модель гібридної PV/Т сонячної панелі.

Оскільки коефіцієнт випромінювання Si фотоелектричних елементів

складає приблизно 0,9, то такий PV/T колектор буде працювати краще при роботі із низькими температурами на вході теплоносія. Завдяки цій властивості PV/T колектор можна використати в якості підігрівачого колектора який з'єднаний послідовно з іншим колектором. Другий колектор більш ефективний, при більш високих температурах, може бути колектором з поглиначем з селективним покриття, вакуумним колектором.

Ключові слова: PV/T колектор, сонячна енергія, електроенергія, теплова енергія.

ANNOTATION

Nevidomyi O.I.. Energy efficiency of photovoltaic module and solar collector in a coincidence for co-generation of electric and thermal energy. - **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics . – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2019.

Like electric, solar energy can be obtained from thermal energy. The combination of a solar and an electrical and thermal energy converter in one device is relevant, as it will increase the area efficiency. The paper determines the factors that influence the efficiency of solar collectors; proposed calculation method for PV / T collectors; simulation of PV / T collector energy efficiency; economic efficiency of PV / T collector is calculated; presents a physical model of a hybrid PV / T solar panel.

Since the Si emission factor of photovoltaic cells is approximately 0.9, such a PV / T collector will work better when operating at low temperatures at the inlet of the coolant. Due to this property, the PV / T collector can be used as a heating manifold that is connected in series with another manifold. The second collector is more efficient, at higher temperatures, may be a collector with a selector-coated absorber, a vacuum collector.

Key words: PV / T collector, solar energy, electricity, thermal energy