

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

Ковалевський Владислав Володимирович

УДК 621.3

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СФЕРИЧНИХ ТА
ЦИЛІНДРОВИХ МОДУЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ФОТО-
ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ**

141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи магістра на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2019

Дипломною роботою магістра є рукопис

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

Науковий керівник д.т.н. професор,
Лупенко Анатолій Миколайович,
професор кафедри електричної інженерії
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат фізико-математичних наук,
Габрусєв Григорій Валерійович
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "28" 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 роботи. Одна з важливих проблем людства в ХХІ столітті є зміна клімату. За прогнозами учених очікується подальше підвищення середньої температури повітря в порівнянні з даними минулого століття на 1–2 °С, до 2025 року – на 2–3 °С, до 2050 року – на 3–5 °С.

Традиційна енергетика, заснована на використанні органічного палива, завдає значного збитку довкіллю. При виробництві енергії за рахунок спалювання палива щорік в атмосферу Землі викидається 150 млн. т золи, 100 млн. т діоксиду сірки, 60 млн. т оксидів азоту, 300 млн. т оксидів вуглецю, вуглекислого газу і багатьох інших речовин, які поглинають довгохвильове випромінювання, що йде від поверхні Землі. Знаходження в атмосфері цих домішок триває до 120 років (двоокис сірки - 3 дні, вуглекислий газ - 5 років, фреон - 50 - 70 років, закис азоту - 120 років), а довгострокове знаходження їх може привести до небажаних глобальних змін клімату.

Одним з основних забрудників (до 50 %) є енергетичний комплекс, енергоносієм якого служить органічне паливо. Накопичення CO₂ та інших газів антропогенного походження, викликає «парниковий ефект», який впливає на зміну клімату.

Поновлювані джерела енергії за останні десятиліття отримали значний розвиток в світі. Світовий сонячний фотоелектричний ринок розвивається з темпами зростання більше 30 % у рік, а обсяг виробництва сонячних фотоелектричних установок склав в 2006 р. - 2,4 ГВт, в 2010 р. досягнув практично 10 ГВт.

У зв'язку з вищевикладеним, проблема використання поновлюваних джерел енергії (ПДЕ), в першу чергу для сонячних енергетичних установок, є актуальною. Впровадження сонячної енергетики в цілому допоможе стійкому розвитку економіки, малого бізнесу і створенню нових робочих місць в регіонах України і сприятиме виконанню «Національної програми по Енергозбереженню».

Враховуючи вищевикладене, були визначені мета і завдання дипломної роботи.

Об'єкт дослідження: процес перетворення сонячної променевої енергії у електричну.

Предмет дослідження: ефективність поглинання сонячної променевої енергії криволінійними поверхнями фотоелектричних панелей (батареї).

Мета роботи: теоретичне дослідження параметрів і перспектив використання сонячних фотоелектричних установок (СФЕУ) у формі сфери та циліндра у сонячних електричних станціях (СЕС).

Для поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання.

- проаналізувати будову та принцип дії сонячних батарей;
- проаналізувати структуру СЕС автономних об'єктів та сполучених із мережею;
- розглянути енергетичні втрати у СЕС;
- провести аналіз автономних міні СЕС;

- провести моделювання режиму роботи сонячного перетворювача для автономного споживача;
- провести розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок не плоскої форми.

опис конструкції виготовленої міні СЕС для живлення портативних приладів із гнучкою фотоелектричною батареєю.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Отримано аналітичні рівняння для розрахунку вольт-амперних характеристик реального сонячного (фотовольтаїчного) модуля.
2. Встановлено аналітичний взаємозв'язок між струмом сонячного модуля та інтенсивністю сонячного випромінювання при якому його енергоефективність найвища. Для цього використано метод інтерполяції експериментальних даних, поліномом 1-го порядку.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Запропоновано систему регулювання, що забезпечує віддачу оптимального значення потужності від батареї при будь-якому її освітленні.
2. Розроблено та виготовлено фізичну модель зарядного пристрою для портативних приладів на основі гнучкого фотоелектричного модуля, якому надається циліндрична форма.

Апробація результатів 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 – 101 арк. формату А4, графічна частина – 24 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 аналіз сучасного стану світової геліоенергетики, батарей на основі різних елементів, електричне з'єднання сонячних батарей, сонячних батарей на гнучких фотоелементах 4/6/8/11/15 Вт.

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

Світовий сонячний фотоелектричний ринок розвивається з темпами зростання більше 30 % у рік. Масово встановлюються сонячні фотовольтаїчні панелі чи як ще їх називають батареї. Одним із їх недоліків є значна площа, що вони займають, що особливо важливо у тісно заселених містах та селищах. Тому сонячні батареї при монтажі суміщають із конструкційними елементами будівель – найчастіше, дах та стіни. Якщо вони плоскі, то монтаж не важкий та

зорієнтувати світло поглинаючу площину на Сонце просто. Проте не усі власники будинків, хочуть «захарашувати» свої «архітектурні споруди» плоскими, чорними панелями. Тому зростає попит на монтаж сонячних батарей на дахах (поверхнях) різної форми. Наприклад черепиці. Найбільш «архітектурними» є форми поверхні монтажу у вигляді сфери та циліндра.

При зміні форми світлочутливої поверхні обов'язково зміниться енергоефективність перетворення сонячного випромінювання, яка залежить від багатьох факторів: форма поверхні, орієнтація, розмір світлочутливих модулів. При інтегруванні сонячних батарей у будівлю змінити перші два дуже складно, а вплив розміру модулів залишається досі не встановленим. Особливої актуальності форма та розмір модулів набирають при конструюванні пересувних сонячних міні електростанцій для автономних. Вони мають різні розміри, орієнтацію, положення в просторі, а це все впливає на ККД перетворення сонячного випромінювання.

Типові схеми сонячних енергетичних систем складаються із сонячної панелі, контролера, акумулятора, інвертора, споживача змінного та постійного струмів. Кожен із цих елементів вносить свій вклад у зменшення ККД системи в цілому, що видно на енергетичній діаграмі перетворення сонячного випромінювання (рис.1). Найбільш значуще зменшують ККД самі сонячні батареї, ККД яких не перевищує 20 % при найкращих умовах експлуатації. Саме тому основну увагу слід звертати саме на коректність розробки та монтажу сонячних батарей.

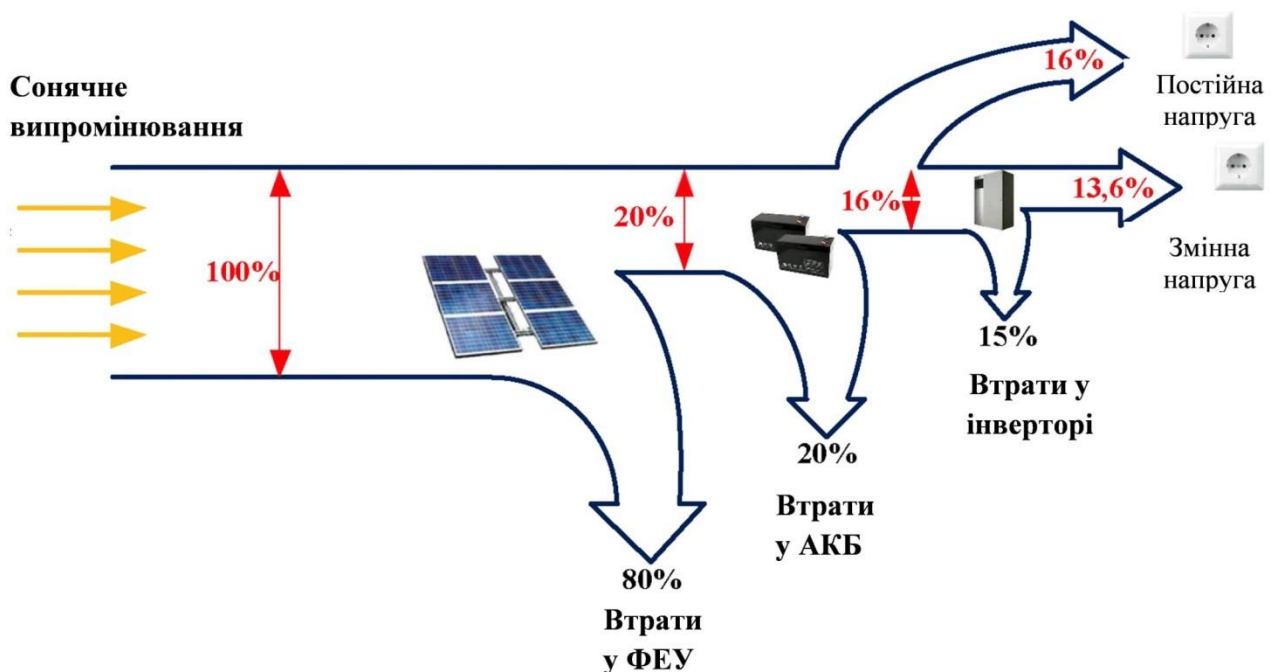


Рис. 1. Енергетична діаграма перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію

З метою підвищення ефективності конструювання сонячних енергетичних систем, нами розроблено модель сонячного модуля,. На основі неї розраховані: Воль-амперна характеристика ідеального СЕ та основні залежності параметрів

сонячного модуля від падаючого випромінювання E . В результаті дослідження режимів роботи сонячних батарей, Експериментально встановлено Сімейство зовнішніх вольт-амперних характеристик модуля KV 30/12M (рис. 2.), Сімейство характеристик залежності потужності модуля KV 30/12M при інтенсивностях випромінювання E (рис.3). Це дало змогу отримати залежність оптимального струмового навантаження сонячного модуля від інтенсивності сонячного випромінювання (рис.4) та встановлено принципи роботи системи управління сонячною батареєю, що забезпечують оптимальні параметри вироблення електроенергії.

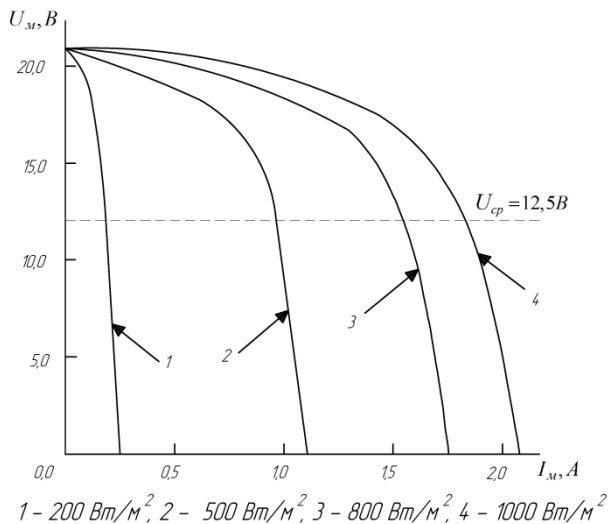


Рис. 2. Сімейство вольт-амперних характеристик модуля при середніх та максимальних інтенсивностях випромінювання E

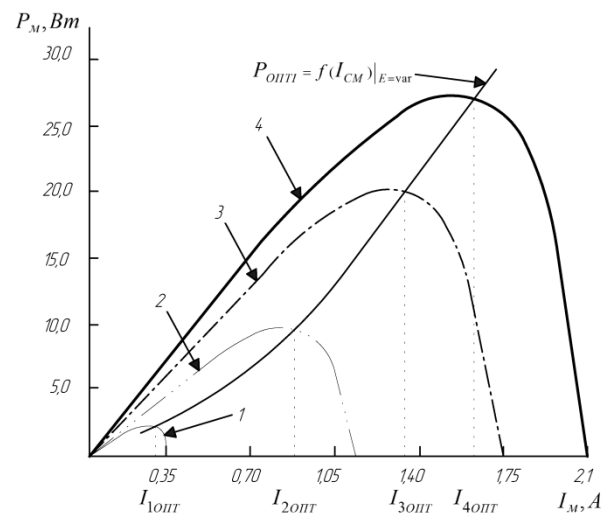


Рис. 3. Сімейство залежностей потужності модуля від інтенсивності випромінювання E

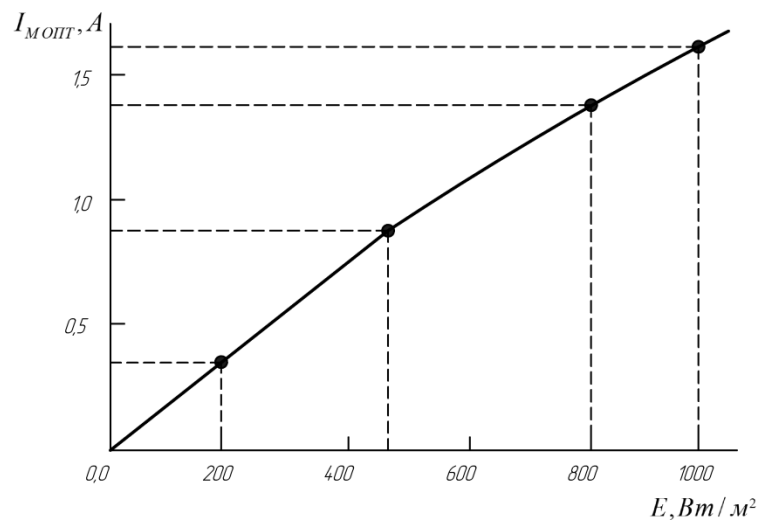


Рис. 4. Залежність оптимального струму модуля від інтенсивності випромінювання E

Останніми роками велика увага приділяється створенню сонячних будинків, виконаних у вигляді півсфери або напівциліндра. Також

розробляються гібридні сонячно-вітрові установки, в яких сонячні елементи (СЕ) встановлюють на циліндричних опорах вітрових електростанцій.

При установці сонячних фотоелектричних модулів (СФМ) на неплоскій поверхні отримуємо об'ємну конструкцію сонячної фотоелектричної станції (СФС), освітлювану паралельним потоком випромінювання з густиною E_0 . Потужність СФМ змінюється від нуля до $P_{\text{макс}}$ залежно від орієнтації на Сонце. Електрична потужність СФМ з послідовною комутацією СЕ визначається електричною потужністю найменш освітленого СЕ. Все це впливає на компоновку та структуру СФС. Саме тому нами, шляхом моделювання та розрахунків визначено залежності електричної потужності СФС від розмірів СФМ.

На підставі теоретичних досліджень електричних параметрів сонячної фотоелектричної установки при нерівномірному освітленні показано, що для сферичної сонячної фотоелектричної установки з модулями на основі сонячних елементів малої площі при однаковому ККД модулів матиме потужність на 32 % більше, ніж для модулів з СЕ великої площі. При використанні циліндричної сонячної фотоелектричної установки малої площі збільшує її потужність на 19 %. Ці розрахунки можуть бути використані при проектуванні сонячних будинків і інших об'єктів енергопостачання.

На основі виконаної роботи по встановленню ефективності використання сферичних та циліндричних світлопоглинаючих поверхонь нами розроблена та виготовлена сонячна фотоелектрична установка для зарядки мобільних пристроїв. Вона складається із гнучкого сонячного модуля потужністю 7 Вт. Напруга на його затискачах змінюється в межах від 0 до 2,5 В у залежності від навантаження. Для отримання наружи достатньої для живлення мобільних пристроїв використано підвищуючий DC-DC перетворювач MT3608, який дозволяє отримати вихідну напругу від 2 до 28 В при вхідній від 1,7 В.

Для підвищення ефективності поглинання сонячного випромінювання при русі Сонці по небосхилу гнучкому сонячному модулю надається форма циліндра.

Використання запропонованого пристрою дозволить жити портативні пристрої напругою від 2 до 20 В та струмом до 2 А.

У третьому розділі «Спеціальна частина» наведено способи створення формул в Microsoft Excel, використані при проведенні обрахунків дипломного проектування, використання функцій. Робота з майстром функцій.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» розгорнуто поняття техніко – економічного аналізу, визначення собівартості спроектованого приладу, визначення терміну служби спроектованого приладу, визначення економічного ефекту в умовах експлуатації приладу та висновки про економічну ефективність спроектованого пристрою.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз наступних питань: заходи безпеки при монтажі електроустановок, допомога при ураженні електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 в, підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики у воєнний час.

У шостому розділі «Екологія» проаналізовано забруднення довкілля, що виникають при виробництві електроенергії тепловими електростанціями.

ВИСНОВКИ

1. В результаті виконання поставленої мети: провести теоретичне дослідження параметрів і перспектив використання сонячних фотоелектричних панелей (СФЕУ) у формі сфери та циліндра у сонячних електричних станцій (СЕС) автономних об'єктів виконано наступне:

- проаналізовано будову та принцип дії сонячних батарей;
- проаналізовано структуру СЕС автономних об'єктів та сполучених із мережею;
- проведено аналіз енергетичних втрат у СЕС;
- проведено моделювання режиму роботи сонячного перетворювача для автономного споживача;
- проведено розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок не плоскої форми.
- запропоновано конструкцію та виготовлено міні СЕС для живлення портативних приладів із гнучкою фотоелектричною батареєю.

2. Запропоновано еквівалентну схему та аналітичні залежності (2.3) і (2.4), які дозволяють розрахувати ВАХ сонячного модуля.

3. Запропоновано принцип регулювання, що забезпечує віддачу оптимального значення потужності від батареї при будь-якому її освітленні.

4. Встановлено, що сферична сонячна фотоелектрична установка на основі сонячних елементів малої площі матиме потужність на 32 % більшу, ніж така ж із сонячних елементів великої площі при однаковому ККД.

5. Встановлено, що при використанні циліндричної сонячної фотоелектричної установки на основі сонячних елементів малої площі отримаємо потужність на 19 % більшу ніж із сонячних елементів великої площі.

6. Виготовлено фізичну модель циліндричної фотовольтаїчної панелі на основі гнучкого модуля із DC/DC перетворювачем для підвищення та стабілізації вихідної напруги.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Ковалевський В. Сферичні та циліндрові модульні поверхні фотоелектричних панелей / Ковалевський В. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 3. — С. 98. — (Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

АНОТАЦІЯ

Ковалевський В. В. Енергоефективність сферичних та циліндрових модульних поверхонь фото-електричних панелей. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 - електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Проаналізовано особливості функціонування СЕС автономного об'єкту. Встановлено, що в нашому кліматі ці електростанції здатні забезпечити електропостачання будинку в потрібному обсязі та ефект від застосування сонячних батарей підвищується, якщо використовуються економічніші споживачі енергії, спеціально розроблені для роботи з фотомодулями.

У роботі розглянуто: склад і способи підключення фотоелектричної системи, проаналізувати структуру СЕС автономних об'єктів та сполучених із мережею, розглянути енергетичні втрати у СЕС, проведено моделювання режиму роботи сонячного перетворювача для автономного споживача; проведено розрахунок енергетичних параметрів сонячних фотоелектричних установок не плоскої форми, запропоновано конструкцію міні СЕС для живлення портативних приладів із гнучкою фотоелектричною батареєю.

Ключові слова: енергоефективність, сонячна батарея, сонячний модуль, криволінійна поверхня.

ANNOTATION

Kovalevskiy V.V. Energy efficiency of spherical and cylindrical modular surfaces of photovoltaic panels. - 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.

The peculiarities of the autonomous object SES functioning are analyzed. In our climate, these power plants have been found to be capable of providing the home with the right amount of power and the effect of using solar panels is enhanced when using more economical energy consumers specifically designed to work with photomodules.

The paper deals with: composition and methods of connection of the photovoltaic system, to analyze the structure of the SES of autonomous objects and connected to the network, to consider the energy losses in the SES, to simulate the mode of operation of the solar converter for the autonomous consumer; the calculation of the energy parameters of solar photovoltaic plants is not flat, the design of mini SES for the supply of portable devices with a flexible photoelectric battery is proposed.

Key words: energy efficiency, solar panel, solar module, curved surface.