

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

ГЕРЕГА СТЕПАН ІВАНОВИЧ

УДК 621.31;621.33

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ
ПАНЕЛІ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ТРЕКЕРА**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

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, доцент
кафедри «Енергозбереження та енергетичного менеджменту»
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
Зінь Мирослав Михайлович

Рецензент

кандидат технічних наук, доцент
кафедри «Світлотехніки та електротехніки»
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
Костик Любов Миколаївна

Захист відбудеться « 24 » _____ лютого _____ 2018 р. о 10:00 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 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 № 38

Коцюрко Р. В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. З розвитком цивілізації людство потребувало додаткової енергії. Причому чим далі, тим більше. В даний час люди хочуть освоювати все нові і нові джерела енергії. Одним з таких джерел є використання відновлювальних ресурсів: води, вітру та сонця.

Геліоенергетика є найбільш перспективним джерелом відновлюваної сонячної енергії, де ресурси безмежні. Розвиток сонячної енергетики у останні роки набув дуже великого поштовху у світі. Винятком не стала й Україна, де ми стаємо свідками позитивної динаміки розвитку цього сектору енергетики.

Є два прийоми, які можуть допомогти збільшити продуктивність сонячних батарей і дістати більше сонячної енергії. Перший прийом – це відстежувати точку максимальної потужності, а другий – відстеження розташування Сонця.

Вироблення енергії завдяки застосуванню сонячного трекера зростає, так як збільшує чисельність сонячної енергії, що потрапляє на модуль.

Так як найбільш ефективно використання сонячної енергії досягається завдяки попаданню променів перпендикулярно сонячній панелі, то необхідно обертати її в напрямку на Сонце залежно від часу доби. Для цього використовується сонячний трекер.

Все це вказує на **актуальність** даної роботи.

Мета й задачі дослідження. Метою дипломної роботи магістра є підвищення енергетичної ефективності технологічного процесу виробництва електричної енергії шляхом розробки автоматизованої системи управління, що забезпечує за рахунок спостереження за Сонцем максимальну енергетичну ефективність сонячних батарей при мінімізації енергоспоживання на стеження і управління при обліку збурюючих впливів, в тому числі вітрового навантаження.

Об'єкт дослідження – процес вироблення електричної енергії автономної сонячної фотоелектричної установки на базі кремнієвої сонячної фотоелектричної батареї при різній просторовій орієнтації сонячної фотоелектричної установки (СФУ).

Предмет дослідження – взаємозв'язок енергетичних характеристик СФУ з її просторовою орієнтацією з урахуванням тимчасових, географічних і кліматичних факторів.

Методи дослідження базуються на загальних положеннях теорії електричних кіл, теорії автоматичного управління, обчислювальних методах і використанні сучасних інструментальних систем і методів математичного моделювання. Перевірка основних теоретичних положень здійснювалася шляхом математичного моделювання та експериментальних досліджень на реальних фотоелектричних енергетичних установках.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Для підвищення енергетичної ефективності технологічного процесу виробництва електричної енергії розроблена автоматизована система стеження за Сонцем, в якій використовується розроблений алгоритм стеження з

регульованим дискретним кроком переміщення в функції поточної освітленості.

2. Розроблено спосіб і алгоритм управління електромеханічним виконавчим механізмом автономної фотоелектричної установки (АФЕУ), що працює в режимі позиціонування, що забезпечує мінімізацію споживання енергії на управління за рахунок використання нелінійного обмеження по швидкості і прискорення.

3. Розроблено функціональну схему і алгоритм стеження АФЕУ, що включає релейний регулятор положення з нелінійною характеристикою зони нечутливості, що змінюється в залежності від поточної освітленості, і корекцією заданої траєкторії позиціонування в залежності від помилки стеження, і підтримують її точності стеження при зміні поточної освітленості і зовнішніх впливів.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Розроблено структуру і алгоритми управління системи стеження фотоелектричних енергоустановок за Сонцем, що забезпечують задану точність спостереження при мінімізації споживання електричної енергії електромеханічним виконавчим механізмом.

2. Розроблено дво-координатний електромеханічний виконавчий механізм для системи стеження фотоелектричної енергоустановки, що забезпечує стеження за Сонцем по азимуту від 0 градусів до 270 градусів і за кутом місця від 0 градусів до 90 градусів.

3. Розроблено програмне забезпечення для автоматизованої системи управління (АСУ), реалізоване на спеціалізованому контролері, який забезпечує стеження із заданою точністю і мінімізацією енергоспоживання системою.

4. Розроблено механічні конструкції АФЕУ; двокоординатний датчик положення Сонця для системи стеження; спеціалізований контролер стеження для АФЕУ; блок силових драйверів електромеханічного виконавчого механізму.

Апробація результатів дисертації. Окремі результати роботи доповідались на III Всеукраїнській науково-технічній конференції «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РАДІОТЕХНІКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ», Тернопіль, ТНТУ, 8 – 9 червня 2017 р.

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота магістра складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 116 листів машинописного тексту і 20 слайдів графічного матеріалу. При розробці було використано 35 формул, побудовано 40 рисунків і 14 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень. Сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний

характер і висвітлює основні тенденції по досліджуваним проблемним питанням. Висвітлено результати аналізу чинників, які роблять сонячну енергетику більш вигіднішою за інші нетрадиційні відновлювані джерела енергії. Проаналізовано умови, яких потрібно дотримуватися для ефективної роботи сонячних елементів

Було визначено, що при використанні різних типів фотоелектричних перетворювачів, потрібна врахувати також їхній ККД. Порівняння умовних активних площ фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) різних типів, що необхідні для вироблення 1000 Вт електроенергії наведено на рис. 1.

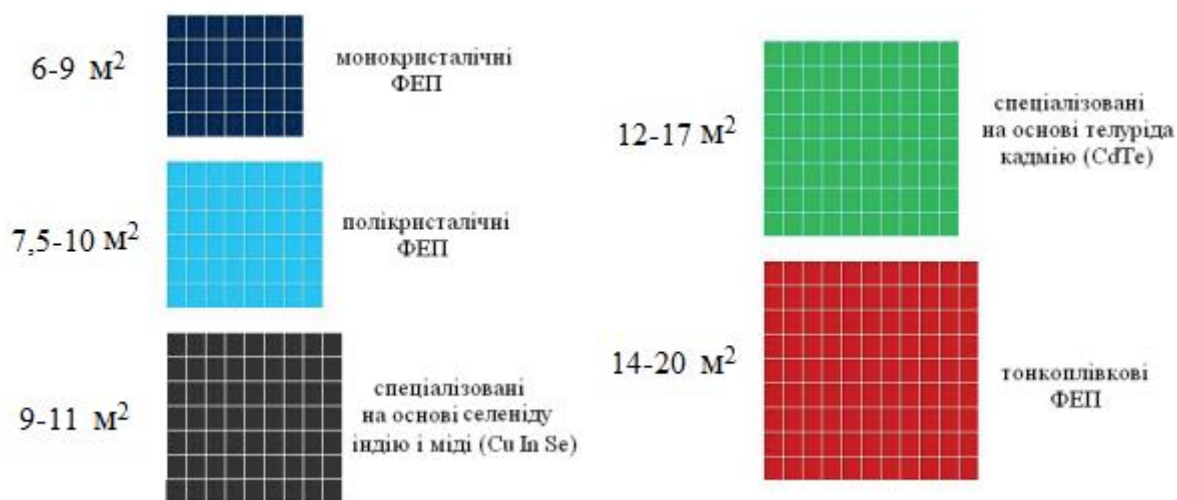


Рис. 1. Порівняння площ різних типів ФЕП для отримання 1 кВт

Виявлено, що для більшості кристалічних та тонкоплівкових ФЕП, потрібна значна площа поверхні для отримання однакового значення енергії, через невисокий ККД. Це обмежує їх використання за геометричними розмірами в деяких задачах, в тому числі і у вузлах інформаційних мереж. Для промислового і локального використання найчастіше застосовуються модулі з полікристалічного чи монокристалічного кремнію. Тонкоплівкові батареї, в процесі роботи краще сприймають розсіяне випромінювання та мають менші втрати потужності при затемненні окремих областей. Також вони краще функціонують при вищих робочих температурах, однак через низький ККД значно поступаються кристалічним та концентраторним ФЕП.

Проаналізовано основні відомі способи підвищення ефективності сонячної батареї (СБ), а саме: розробка прогресивних технологій виготовлення сонячних елементів (СЕ), направлених на зменшення їх вартості та збільшення ККД; використання концентраторів сонячного випромінювання; застосування систем стеження за Сонцем. Виявлено що найкращим і найдешевшим способом підвищення ефективності СБ є використання систем стеження за Сонцем.

У другому розділі «Основна частина» наведено основні результати дипломної роботи. Представлено результати розрахунків, їх аналіз. Описано запропоновану конструкцію системи стеження за Сонцем з використанням крокових двигунів, монокристалічної сонячної панелі та гелевої акумуляторної

батареї.

Для забезпечення точності системи стеження було проаналізовано види датчиків розташування Сонця. Встановлено, що найбільш доцільним, дешевим і в свою чергу точним буде використання розробленого геліотрекера з використанням фоторезисторів.

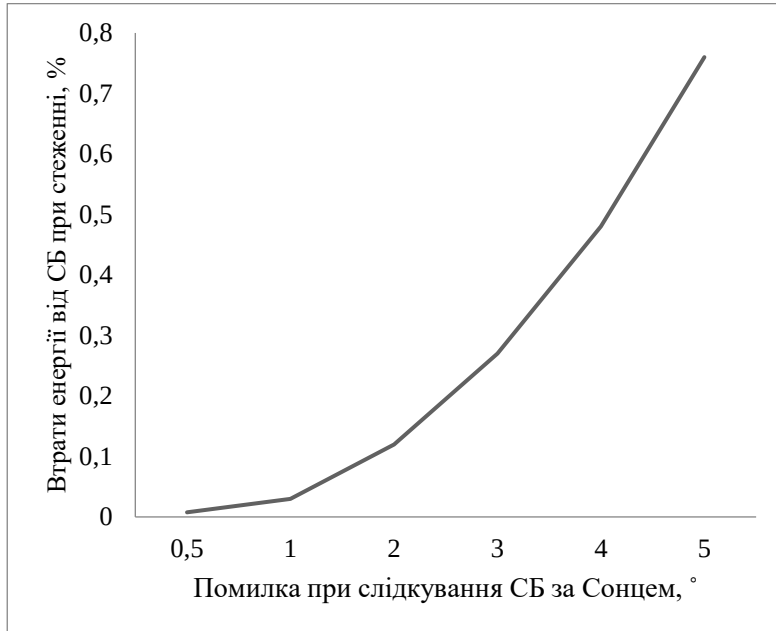


Рис. 2. Графік втрат енергії від помилки стеження

Проведено аналіз вимог щодо точності стеження в автоматизованих фотоелектричних енергетичних установках. На графіку (рис. 2) видно, що зменшувати помилку (підвищувати точність) менше трьох градусів під час стеження СБ за Сонцем немає необхідності, так як підвищення точності забезпечує незначне зменшення втрати потужності за рахунок помилки стеження.

При дослідженні факторів, які впливають на роботу системи стеження за

Сонцем виявлено, що найбільший вплив на сонячну панель має вітрове навантаження. Також було розраховано додатковий момент навантаження на виконавчий механізм при дії вітру.

Розрахунок показав, що при використанні двигуна NEMA 17, який має номінальний момент 0,04 Н·м, в установці системи стеження за Сонцем при швидкості вітру 20 м/с момент від дії вітрового навантаження в системі переміщення по азимуту перевищує максимальний момент КД в 1,2 рази, а при швидкості 25 м/с – в 1,9 рази. В системі переміщення по куту місця момент дії вітрового навантаження при швидкості вітру 30 м/с не перевищує номінального моменту на валу крокового двигуна. (рис. 3).

В основу системи стеження за Сонцем, що проектується в рамках цієї роботи були закладені наступні компоненти:

- контролер керування системою стеження за Сонцем – Arduino UNO;
- крокові двигуни NEMA 17;
- силові драйвери ТВ 6560 для керування кроковими двигунами;
- розроблений каркас системи стеження за Сонцем;
- розроблено механізм повороту сонячної панелі: один за допомогою шестерень, інший – актуатора.



Рис. 3. Наведений момент від дії вітрового навантаження

Сонцем. Визначено економію при модернізації сонячної фотоелектричної установки, а також розраховано її термін окупності.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуті питання безпеки при виготовленні друкованих плат, наведено техніку безпеки при експлуатації електрообладнання та електромереж. Описано проведення планування заходів цивільного захисту на підприємстві електротехнічної та світлотехнічної галузі у випадку надзвичайних ситуацій, досліджено стійкість роботи у надзвичайних ситуаціях підприємств електротехнічної та світлотехнічної галузі.

У шостому розділі «Екологія» розглянуто енергопостачання та екологічна ситуація в Україні. Проаналізовано екологічні аспекти нетрадиційної енергетики.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз наземних СФУ, систем стеження, датчиків положення Сонця, дозволив сформулювати технічні вимоги, що пред'являються АСУ до функціональної схеми системи стеження з двохкоординатним електромеханічним виконавчим механізмом, датчикам положення Сонця, спеціалізованому контролеру стеження. В результаті вивченого матеріалу була вибрана монокристалічна панель з гелевим акумулятором.

2. Досліджено, що для точного стеження найкращим датчиком положення Сонця є геліотрекер, який був розроблений на базі чотирьох фоторезисторів.

3. Для системи стеження за Сонцем розроблено нові механічні поворотні конструкції вибрано двигуни, силові драйвери до них та контролер керування системою стеження.

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлено опис власного та ліцензійного програмного забезпечення, яке використано для написання, компіляції та програмування контролера керування системи стеження за Сонцем.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» було розраховано ефективність при заміні стаціонарної фотоелектричної установки розробленою установкою з системою стеження за

4. Розроблено програмне забезпечення мовою програмування C++ з урахуванням повороту панелі у «ранкове» положення.

5. Доведено за допомогою розрахунків, що вибраний двигун є доцільним для розробленої установки з урахуванням вітрового навантаження на сонячну панель.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Герега С. І., Коваль В. П., Філюк Я. О. Забезпечення ефективності використання сонячних панелей / Герега С. І., Коваль В. П., Філюк Я. О. // Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування. Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції, 8-9 червня 2017 року: збірник тез доповідей. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2017. – 244 с.

АНОТАЦІЯ

Гергега С. І. Підвищення енергоефективності фотоелектричної панелі шляхом використання трекера. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломна робота присвячена дослідженню ефективності використання фотоелектричних панелей. Проведено порівняльний аналіз відомих способів підвищення ефективності сонячних батарей і виявлено, що найкращим способом підвищення ефективності фотоелектричної панелі є використання системи стеження за Сонцем.

Запропоновано конструкцію системи стеження за Сонцем з використанням крокових двигунів. Здійснено оцінку ефекту збільшення виробленої енергії при використанні розробленої установки.

Ключові слова: енергоефективність, фотоелектричний перетворювач, система стеження за Сонцем, кроковий двигун.

ANNOTATION

Hereha S. I. Increase the energy efficiency of the photoelectric panel by using a tracker. – 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, 2018.

Diploma paper is devoted to the study of the effectiveness of the use of photovoltaic panels. A comparative analysis of known methods for increasing the efficiency of solar cells has been carried out and it has been found that the best way to increase the efficiency of a photovoltaic panel is to use the solar tracking system.

The construction of the solar surveillance system using stepper motors is

proposed. An estimation of the effect of increasing the energy produced using the developed installation has been carried out.

Keywords: energy efficiency, photoelectric converter, solar tracking system, stepper motor.