

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

Мазуркевич Олег Петрович

УДК 621.3

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНЦЕНТРАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СЕС

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

Рецензент кандидат технічних наук,
Габрусєва Ірина Юріївна
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. Застосування концентруючих систем - один з основних способів зниження вартості енергії, що виробляється сонячними модулями. Оскільки в багатьох областях з централізованим енергопостачанням гостро стоїть питання енергоефективності міської забудови, використання інтегрованих в будівлі концентраторних сонячних модулів дозволить знизити потребу в централізованому електро- і теплопостачанні. Інтегрованість традиційних концентруючих модулів на даху і фасади будівель значно ускладнена, так як їх робота вимагає постійної орієнтації на Сонце. Наслідуючі концентратори більший інтерес для інтеграції, оскільки їх порівняно велика кутова апертура дозволяє працювати без стеження за Сонцем, але тривалість їх роботи в літній період знижується до 2-4 годин на добу, в інші періоди року сонячні промені можуть зовсім не потрапляти в межі кутової апертури концентратора. Розширити часовий інтервал, протягом якого надходять на вхідну поверхню концентратора сонячні промені та потрапляють на приймач випромінювання, можна за допомогою розташованого на вхідній поверхні концентратора жалюзійного геліостата. Пристрій являє собою паралельні ряди синхронно працюючих вузьких дзеркальних смуг - пластин, що встановлюються під таким кутом до поверхні входу, щоб сонячні промені, що вийшли в результаті добового або річного руху Сонця за межі кутової апертури, після відбиття від дзеркальних пластин знову потрапили в межі апертури сонячного концентратора.

Таким чином, використання жалюзійних геліостатів може значно підвищити ефективність не слідкуючих сонячних концентраторів, в тому числі модулів, встановлених на фасадах адміністративних і житлових будівель, що особливо актуально в південних регіонах з великою часткою прямої сонячної радіації.

Предмет дослідження: енергоустановки із нерухомими концентраторами потоку, засновані на використанні сонячної енергії.

Об'єкт дослідження: процеси розподілу у просторі сонячної енергії та перетворення її на електричну.

Мета роботи. Підвищення енергоефективності не слідкуючого сонячного концентратора за рахунок установки на його вхідній поверхні жалюзійного геліостату.

Для досягнення мети були поставлені такі **задачі**:

1. Виконати аналіз сучасного стану і перспектив використання концентрованого сонячного випромінювання в сонячних енергетичних установках з різними типами фотоприймачів.

2. Розробити алгоритм управління лінійним жалюзійним геліостатом для підвищення ефективності параболоциліндричного концентратора.

3. Розробити алгоритм розрахунку потоку сонячного випромінювання на приймальній поверхні параболоциліндричного концентратора з жалюзійним геліостатом.

Наукова новизна отриманих результатів.

Запропоновано аналітичну залежність, яка пов'язує схилення Сонця, крок дзеркальних пластин геліостату і їх орієнтацію для забезпечення умови мінімальних втрат на блокування і затінення в геліостатах із концентраторами потоку та жалюзійним геліостатом.

Практичне значення отриманих результатів:

Розроблено оптичні схеми і конструкції чотирьох типів сонячних модулів з жалюзійними геліостатами і концентраторами, що мають близькі до нуля втрати на затінення і блокування сонячного випромінювання.

Апробація результатів роботи. Окремі результати роботи доповідались на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 27-28 листопада 2019 року. ТНТУ.

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 – 112 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 результатів роботи.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і містить аналіз перспективи розвитку геліоенергетики, типи систем стеження геліоустановок, конструкції механічної частини стежучих електроприводів геліоустановок, систем координат характеризують видимий рух Сонця.

У **другому розділі «Основна частина»** наведено основні результати дипломної роботи. Поведено аналіз одно та двоосьових систем стеження за Сонцем. Визначено, що це габаритні установки із значною затратою енергії на їх переміщення.

Запропоновано, що розширити часовий інтервал, протягом якого надходять на вхідну поверхню концентратора сонячні промені та потрапляють на приймач випромінювання, можна за допомогою розташованого на вхідній поверхні концентратора жалюзійного геліостата. Система керування геліостатом повинна коригувати нахил і відстань між дзеркальними пластинами, слідкуючи за переміщенням Сонця по небу з метою максимального зниження затінення між пластинами, які ведуть до втрат енергії.

При використанні жалюзійних геліостатів можливі пластинчасті ефекти такі як блокування, затінення і «пропускання» сонячного випромінювання. На основі розрахунків. нами визначено умови при яких відсутні негативні ефекти. Аналізуючи результати проведених розрахунків можна стверджувати, що:

- використання жалюзійного геліостату з постійним кроком пластин і з порівняно простим алгоритмом управління рівноцінно збільшенню кутової апертури концентратора з 26° до 70° ;
- при необхідності ще більше розширити час активної роботи концентратора слід використовувати геліостат зі змінним кроком дзеркальних пластин. Для запобігання блокування і затінення при кутах h менших 84° необхідно збільшувати крок пластин. Наприклад, перейти на ізолінію 1,0 (сл. 11), що перекриває інтервал $44^\circ < h < 98^\circ$

В результаті проходження сонячного випромінювання повз пластини жалюзійного геліостату появляються неосвітлені смуги, що може викликати зниження вихідної потужності модуля в результаті більшої нерівномірності сонячного випромінювання на поверхні приймача

Для встановлення умов запобігання вище перелічених ефектів нами запропоновано алгоритм розрахунку потоку сонячного випромінювання на поверхні параболо-циліндричного концентратора з жалюзійним геліостатом. Також розроблено алгоритм управління жалюзійним геліостатом.

В процесі дослідження різних форм концентраторів, запропоновано варіанти конструкцій сонячних модулів з різними типами концентраторів і відхиляючими оптичними системами. Застосування кожного з перерахованих варіантів має свої особливості.

Завданням системи управління поворотом жалюзійних геліостатів є здійснення спостереження за Сонцем по зенітальному параметру впродовж світлового дня з використанням одного електродвигуна.

Запропоновано рекомендації для розробки системи управління жалюзійним геліостатом не слідкуючого концентратора на базі попередньо сервоприводу (або крокової двигуна).

У третьому розділі «Спеціальна частина» описано використані у роботі можливості програми Microsoft Excel для створення формул, використані при проведенні обрахунків.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведено розрахунок капітальних витрат, розрахунок експлуатаційних витрат, визначення річної економії, визначення та аналіз показників економічної ефективності.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз наступних питань: інструктажі з охорони праці, можливість виникнення статичної електрики та заходи боротьби з нею, фізичні основи електробезпеки, зонування територій за ступенем небезпеки.

У шостому розділі «Екологія» наведено розкрито питання традиційної та нетрадиційної енергетики і їх вплив на навколишнє середовище,

ВИСНОВКИ

1. Використання розробленого алгоритму управління дзеркальними пластинами жалюзійного геліостату, значно підвищує ефективність роботи сонячного концентратора. Річна сума сонячної радіації збільшується в два рази.

2. Розроблено алгоритм управління дзеркальними пластинами жалюзійного геліостату, який значно підвищує ефективність роботи сонячного концентратора - використання жалюзійного геліостату з постійним кроком пластин рівноцінно збільшенню кутової апертури концентратора з 26° до 70° без зниження коефіцієнта концентрації.

3. Розроблено оптичні схеми і конструкції чотирьох типів сонячних модулів з жалюзійними геліостатами і концентраторами, що мають нульові втрати на затінення і блокування сонячного випромінювання.

4. Запропоновано рекомендації для розробки системи управління жалюзійним геліостатом не слідкуючого концентратора на базі попередньо сервоприводу (або крокової двигуна), в якості матеріалу для виготовлення пластин системи жалюзійного геліостату рекомендується використовувати дзеркальний анодований алюміній Alanod - маса системи жалюзійного геліостату з дзеркального алюмінію в 8 разів нижче в порівнянні з системою із дзеркала, при цьому вартість такої системи (без урахування вартості сервоприводу) на 11% нижче, ніж у системи з скляним дзеркалом.

5. Більшій інвестиційну привабливість мають концентруючі модулі з PVT - приймачем: для енергопостачання адміністративної будівлі термін окупності системи складає 7 років, індекс прибутковості інвестицій 3,1.

6. Використання неслідкуючих концентруючих модулів з жалюзійним геліостатом дозволяє знизити вартість виробленої електроенергії в порівнянні з концентраторними модулями без жалюзей на 40-60 %.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. **Мазуркевич О.П.** Підвищення енергоефективності систем концентрації сонячної енергії в сес / Мазуркевич О.П. // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019 — Т. 3. – С.47.

АНОТАЦІЯ

Мазуркевич О.П. Підвищення енергоефективності систем концентрації сонячної енергії в СЕС. – Рукопис.

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

Розглянуто різні типи геліоустановок, що перетворюють сонячну енергію в електричну і теплову. Зроблено висновок про перспективу широкого

розповсюдження фотоелектричних перетворювачів.

Виконано аналіз сучасного стану і перспектив використання концентрованого сонячного випромінювання в сонячних енергетичних установках з різними типами фотоприймачів. Запропоновано алгоритм управління лінійним жалюзійним геліостатом для підвищення ефективності параболоциліндричного концентратора. запропоновано алгоритм розрахунку потоку сонячного випромінювання на приймальній поверхні параболоциліндричного концентратора з жалюзійним геліостатом.

Сформульовано рекомендації для розробки системи управління жалюзійним геліостатом не слідкуючого концентратора на базі крокового двигуна чи сервоприводу.

Ключові слова: сонячна батарея, концентратор, геліостат, відбивач, випромінювання.

ANNOTATION

Mazurkevych O.P. Improving the energy efficiency of solar energy concentration systems in the SPP. - **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.

Various types of solar installations that convert solar energy into electrical and thermal are considered. The conclusion is made about the prospect of widespread distribution of photoelectric converters.

The analysis of the current state and prospects of the use of concentrated solar radiation in solar power plants with different types of photodetectors is performed. An algorithm for controlling a linear louvered heliostat to improve the efficiency of a parabolic cylinder concentrator is proposed. an algorithm for calculating the flux of solar radiation on the receiving surface of a parabolic-cylindrical concentrator with a louvered heliostat is proposed.

Recommendations for the development of a control system for the louvered heliostat of the non-monitoring concentrator based on a stepper motor or servo are formulated.

Key words: solar panel, concentrator, heliostat, reflector, radiation.