

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ  
(назва факультету)

КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ І ФІЗИКИ  
(повна назва кафедри)

## **Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи магістра

другого (магістерського) рівня освіти

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження впливу внутрішнього опору  
на світлові вольт-амперні характеристики сонячних елементів

Виконав: студент 2 курсу групи БЕЛ  
спеціальності 141. Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

освітньо- Нетрадиційні та відновлювані

професійної джерела енергії

програми (назва ОПП)

Мельник М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Курак В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доц. Мешков Ю.Є.

(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2023 р.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра на тему «Дослідження впливу внутрішнього опору на світлові вольт-амперні характеристики сонячних елементів» включає в себе пояснювальну записку та графічну частину. Пояснювальна записка містить 99 сторінок формату А4, 38 рисунків, 10 таблиць, 23 використаних джерела, 15 слайдів електронної презентації, 1 додаток.

Ключові слова: сонячний елемент, вольт-амперна характеристика, внутрішній опір, імітаційне моделювання.

Створено комп'ютерну модель, що дозволяє побудувати вольт-амперні характеристики сонячних елементів та дослідити вплив величини внутрішнього послідовного опору. В середовищі Matlab/Simulink здійснено моделювання вольт-амперних характеристик сонячних елементів на основі кристалічного кремнію в залежності від внутрішнього послідовного опору. Показано, що збільшення внутрішнього послідовного опору сонячного елемента призводить до значного погіршення форми світлової вольт-амперної характеристики, суттєво зменшуючи ефективність перетворення сонячного випромінювання. Комп'ютерна модель, що запропонована в даній дипломній роботі, може бути використана при розробці комплексу віртуальних лабораторних робіт з дисципліни «Основи сонячної електроенергетики» для студентів, що навчаються за спеціальністю 141. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

У розділі «Економічна частина» представлено розрахунок витрат на проведення дослідження, оцінено економічну ефективність науково-дослідної роботи.

У розділі «Охорона праці» розглянуто питання виробничої санітарії, заходи боротьби зі шкідливими факторами. Розраховано штучне освітлення приміщення, визначено ефективність заходів щодо поліпшення умов праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА.....	6
1.1 Конструкції сонячних елементів.....	6
1.2 Втрати в сонячних елементах.....	12
1.3 Вплив компонент внутрішнього опору на параметри сонячних елементів.....	16
1.4 Висновки.....	18
2 МЕТОДИЧНА ЧАСТИНА.....	19
2.1 Опис блоків Matlab/Simulink, використаних в моделі сонячного елемента.....	19
2.2 Модель сонячного елемента.....	27
2.3 Методика визначення вхідних параметрів для моделі сонячного елемента.....	30
2.4 Методика проведення моделювання світлових вольт- амперних характеристик.....	32
2.5 Висновки.....	35
3 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Результати тестування моделі сонячного елемента.....	37
3.2 Вольт-амперні характеристики сонячного елемента при різних значеннях внутрішнього послідовного опору.....	41
3.3 Залежність параметрів сонячного елемента від внутрішнього послідовного опору.....	45
3.4 Висновки.....	50
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	52

4.1	Методика визначення економічної ефективності науково-дослідної роботи.....	52
4.2	Розрахунок витрат на проведення дослідження та економічної ефективності науково-дослідної роботи.....	57
4.3	Висновки.....	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
5.1	Виробнича санітарія та вибір оптимальних метеоумов .....	62
5.2	Виробниче освітлення .....	63
5.3	Заходи з боротьби із запиленістю та загазованістю виробничих приміщень.....	73
5.4	Захист від шуму та вібрацій.....	73
5.5	Техніко-економічний розрахунок освітлення виробничих приміщень.....	74
5.6	Визначення ефективності заходів, спрямованих на поліпшення умов праці.....	76
5.7	Висновки.....	79
	ВИСНОВКИ.....	80
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
	ДОДАТОК А Результати апробації роботи .....	85

## ВСТУП

Фотоелектричний спосіб перетворення енергії сонячного випромінювання є на сьогоднішній день одним з найбільш застосованих серед інших способів отримання електричної енергії від нетрадиційних джерел. Головними його перевагами є відсутність необхідності отримання механічної або теплової енергії в якості проміжних форм, що відкриває шляхи до досягнення високих ефективностей фотоелектричних систем та забезпечує високу їх надійність з погляду на відсутність рухомих частин.

Втім, на ефективність сонячних елементів, що є головними складовими будь-якої фотоелектричної системи, впливає ціла низка чинників, зокрема, значення внутрішнього опору фотоелектричного перетворювача.

Метою даної роботи є розробка комп'ютерної моделі сонячного елемента, яка б враховувала внутрішній послідовний опір та дозволяла дослідити його вплив на світлові вольт-амперні характеристики та параметри фотоелектричних перетворювачів.

Об'єктом дослідження є комп'ютерна модель сонячного елемента.

Предметом дослідження є світлові вольт-амперні характеристики та параметри сонячного елемента при різних значеннях внутрішнього послідовного опору.

Задачі дослідження:

- Проаналізувати відомі закономірності щодо впливу компонент внутрішнього опору на вольт-амперні характеристики та параметри сонячних елементів.
- Розробити в середовищі Matlab/Simulink комп'ютерну модель сонячного елемента, що дозволяла б досліджувати світлові вольт-амперні характеристики в залежності від величини внутрішнього послідовного опору.
- Використовуючи розроблену комп'ютерну модель, дослідити вплив внутрішнього послідовного опору на світлові вольт-амперні характеристики та параметри сонячного елемента.

- Проаналізувати результати, отримані на основі моделювання, щодо їх відповідності відомим закономірностям.

Методи дослідження: імітаційне моделювання, аналіз отриманих результатів та їх узагальнення.

За результатами роботи розроблено комп'ютерну модель сонячного елемента в середовищі Matlab/Simulink, здійснено моделювання світлових вольт-амперних характеристик, спираючись на параметри реальних фотоелектричних перетворювачів, а також досліджено вплив величини внутрішнього послідовного опору на вольт-амперні характеристики та параметри цих сонячних елементів. Показано, що величина внутрішнього послідовного опору суттєво погіршує фактор заповнення та ефективність сонячного елемента. Комп'ютерна модель, що запропонована в даній дипломній роботі, може бути використана при розробці комплексу віртуальних лабораторних робіт з дисципліни «Основи сонячної електроенергетики» для студентів, що навчаються за спеціальністю 141. Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Частина результатів, представлених в даній дипломній роботі, опублікована в збірках наукових праць X Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої Дню ракетно-космічної галузі України (Херсон-Хмельницький, 12 квітня 2023 р.), VII Всеукраїнської науково - практичної інтернет - конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики» (Хмельницький, 25 травня 2023 р.), а також у науковому журналі «Вісник Херсонського національного технічного університету» (№1(84), 2023 р.). Копії цих публікацій представлено в додатку А.