

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА СВІТЛОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

**КИБА АНДРІЙ ІВАНОВИЧ**

УДК 621.3

**ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ДЛЯ АВТОНОМНОГО  
ЖИВЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ**

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль2018

Роботу виконано на кафедрі світлотехніки та електротехніки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор кафедри світлотехніки та електротехніки  
**Андрійчук Володимир Андрійович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** Кандидат технічних наук, доцент кафедри енергозбереження і енергетичного менеджменту  
**Коваль Вадим Петрович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 19 лютого 2018 р. о 10 годині на засіданні екзаменаційної комісії №39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус №7, ауд. 504

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми роботи.** Використання енергії сонця є одним із найперспективніших напрямків енергетики, її можна використовувати для різних цілей. Одна з них – це вироблення електричної енергії, яке здійснюється за допомогою фотоелементів. Як показує світовий досвід, виробництво електроенергії за рахунок світлової енергії Сонця за допомогою фотоелементів, об'єднаних у сонячні батареї стає все більш популярним. Фотоелементи (фотоелектричні перетворювачі) – напівпровідникові пристрої прямого перетворення сонячної енергії в електричну. Сонячні батареї в даний час є найбільш перспективними серед нетрадиційних відновлювальних джерел енергії. Тому **актуальним** є аналіз та дослідження сучасних систем генерування та акумулювання електричної енергії та раціонального використання її в автономних системах живлення освітлювальних установках. Потреба в таких установках виникає в місцях де відсутні електричні мережі, а також у різного типу туристичних базах у гірських районах.

**Мета дослідження:** Розробка та дослідження автономної системи живлення зовнішнього освітлення населених пунктів.

**Методи дослідження:** Вимірювання світлових, темнових характеристик сонячних елементів, моделювання вольт-амперних характеристик сонячних елементів. Світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки.

**Об'єкт дослідження:** Альтернативні джерела енергії та їх раціональне використання в зовнішньому освітленні населених пунктів.

**Предмет дослідження:** Використання сонячних модулів та Li-ion акумуляторів, як первинного джерела енергії для систем зовнішнього освітлення та керування їх роботою.

### **Наукова новизна отриманих результатів дослідження:**

- Встановлено вплив зовнішніх факторів на вольт-амперну характеристику сонячних елементів;
- Удосконалено математичну модель фотоелектричного елемента автономного джерела живлення та експериментально визначено її параметри;
- Удосконалено систему керування роботою автономного живлення освітлювальної установки, використовуючи метод широтно-імпульсної модуляції.

### **Практичне значення отриманих результатів дослідження:**

- Розроблена методика та проведено вимірювання темнових і світлових вольт-амперних характеристик сонячних елементів, на основі яких визначено їх основні фотоелектричні параметри;
- Розроблена та апробована система автономного живлення освітлювальної установки зовнішнього освітлення на базі сонячної батареї АЛМ-160М та Li-ion акумуляторів типу 18650;
- Розроблена та апробована система балансування напруги на окремому елементі акумулюючої батареї;

- Запропонована система керування роботою блоку автономного живлення освітлювальної установки на основі контролера PWM SL-02A-20A з широтно-імпульсною модуляцією.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 16-17 листопада 2017. – с. 111.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 розділів, висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка –124 арк. формату А4, графічна частина 8 аркушів формату А4.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** дана характеристика актуальності тематики магістерської роботи, визначено об'єкт та предмет досліджень, сформульовано наукову новизну та практичну цінність роботи, її апробацію.

У **першому розділі** представлені результати аналізу літературних джерел по тематиці магістерської роботи. Приведено аналіз кліматичних умов Тернопільського регіону. Дана характеристика сонячним елементам. Приведено їх основні параметри та значення енергетичної ефективності. Представлені автономні фотоелектричні освітлювальні установки різних країн виробників.

У **другому розділі (Науково-дослідна частина)** приведено опис методик вимірювання вольт-амперних характеристик сонячних елементів та визначення їх основних параметрів. Представлена еквівалентна схема елемента сонячної батареї на основі моделі “одного діода”. Приведені результати експериментальних досліджень темнових та світлових вольт-амперних характеристик сонячних елементів. З даних результатів визначені  $V_{max}$ ,  $I_{max}$ , при яких відбувається максимальне значення споживаної потужності.

У **третьому розділі (Технічна частина)** представлено блок-схема освітлювальної установки з автономним живленням. Приведено характеристики сонячних батарей типу ALM-160M та Kvazar KV 150W/12/24, дано характеристику різних типів акумуляторів та приведено їх порівняльні характеристики. Для керування процесами накопичення електроенергії розглянуто можливість застосування контролерів заряду/розряду.

У **четвертому розділі (Проектно-конструкторська частина)** проведено аналіз енергетичного потенціалу сонячного випромінювання Тернопільського регіону для можливості використання сонячної енергетики у зовнішнього освітлення м. Тернополя. Представлено світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки типу ДСУ05У-25-1-325. Приведені результати розрахунку освітлення дорожнього покриття. Проведено розрахунок елементів установки з автономним живленням для зовнішнього освітлення. Представлено систему автономного живлення зібраного із сонячного модуля АЛМ-160М з кремнієвими монокристалічними сонячними елементами електричною потужністю 160 Вт з максимальним струмом навантаження  $I_{max}=9,1$  А при напрузі  $U_{max.}=17.6$  В. Зарядний пристрій зібраний із Li-ion акумуляторів та ШІМ-

контролера типу SL02-20A призначеного для керування процесами заряду-розряду акумуляючого блоку.

**У п'ятому розділі (Спеціальна частина)** дано характеристику програмному забезпеченню для світлотехнічних розрахунків. Детально розглянуто особливості розрахунку в програмі DIALux.

**У шостому розділі (Організаційно-економічна частина)** представлено розрахунок економії витрат на впровадження систем автономного живлення ОУ зовнішнього освітлення з використанням сонячних батарей.

**У сьомому розділі (Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях)** розглянуто питання захисту електроустановок від короткого замикання. Розглянуто протипожежні вимоги до освітлення і представлена перша допомога людині, яка уражена електричним струмом. Дано характеристику радіаційному та хімічному захисту. Дано аналіз протирадіаційним укриттям.

**У восьмому розділі (Екологія)** розглянуто питання екологічних проблем в світлотехнічній галузі. Проведено аналіз електромагнітного забруднення навколишнього середовища та його вплив на організм людини

### **Висновки**

Розроблена методика та проведено вимірювання темнових і світлових вольт-амперних характеристик сонячних елементів, на основі яких визначено їх основні фотоелектричні параметри.

Запропонована модель сонячного елемента у вигляді еквівалентної схеми "одного діода", яка підтверджена експериментально визначеними параметрами.

Показано, що при узгодженому навантаженні, коли  $R_n = R_{вн}$  сонячної батареї в опорі навантаження буде виділятися максимальна потужність. Визначено  $P_{max}$  і коефіцієнт корисної дії автономної системи живлення.

Із зворотної вітки темної ВАХ сонячної батареї АЛМ-50М визначено струм насичення р-п- переходу  $I_0 = 20$  мкА. Із світлової ВАХ визначено умови передачі максимальної потужності від СБ до навантаження: струм навантаження  $I_{max} = 2,87$  А при напрузі  $U_{max.} = 17,4$  В.

Проведено розрахунок автономної системи живлення освітлювальної установки, що складається із сонячного модуля АЛМ-160М зібраного із монокристалічних сонячних елементів електричною потужністю 160 Вт, максимальним струмом навантаження  $I_{max} = 9,1$  А при напрузі  $U_{max.} = 17,6$  В та зарядного пристрою зібраного із Li-ion акумуляторів типу 18650 з системою керування процесів заряду-розряду на основі контролера типу SL02-20A і пристрою балансування напруги на кожному елементі блоку акумуляторів.

Для освітлювальної установки зовнішнього освітлення запропоновано світловий прилад типу ДСУ05У-25-1-325з світлодіодними джерелами світла. Проведено світлотехнічний розрахунок освітлення проїжджої частини та побудовано криві освітлення.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Киба А. І. Використання сонячних батарей для автономного живлення зовнішнього освітлення населених пунктів / А. І. Киба, Я. О. Філюк // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 3. — С. 111.

### АНОТАЦІЯ

В дипломній роботі магістра запропонована модель сонячного елемента у вигляді еквівалентної схеми “одного діода”. Показано, що при узгодженому навантаженні, коли  $R_n = R_{vn}$  сонячної батареї в опорі навантаження буде виділятися максимальна потужність. Проведено розрахунок автономної системи живлення ОУ, що складається із сонячного модуля АЛМ-160М та зарядного пристрою зібраного із Li-ion акумуляторів з системою керування процесів заряду-розряду на основі контролера типу SL02-20A і пристрою балансування напруги на кожному елементі блоку акумуляторів

**Ключові слова:** Сонячні батареї, освітлювальна установка, контролер заряду/розряду.

### Abstract

In the Master's thesis work the model of the solar element in the form of an equivalent circuit of "one diode" is proposed. It is shown that for a coordinated load, when  $R_n = R_{vn}$  solar battery in the load bearing will be allocated maximum power. The calculation of autonomous power supply system of a lighting installation consisting of a solar module ALM-160M and a charger collected from Li-ion accumulators with a system of control of charge-discharge processes based on a controller type SL02-20A and a voltage balancing device on each element of the battery pack

**Key words:** solar batteries, lighting systems, controller charge/discharge.