

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Управління енергетичними та економічними процесами»

Кафедра «Електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТЕМ

 /Андрій МУХА/
(підпис)

Дата 19.11.25

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Розробка системи вуличного освітлення на базі сонячних джерел енергії»
за освітньою програмою: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»
зі спеціальності: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: студент
групи «ЕЕ2321»


(підпис студента)

/Ярослав ГУК/
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/доц. Дмитро УСТИМЕНКО/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

/доц. Оксана КАРЗОВА/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу)

(підпис)

//

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

//

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

//

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

//

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2024 рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Факультет «Управління енергетичними та економічними процесами»

Кафедра: «Електротехніка та електромеханіка»

Рівень вищої освіти: магістр

Освітня програма: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»

Спеціальність: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра
студенту Гук Ярослав Геннадійович

1. Тема роботи: «Розробка системи вуличного освітлення на базі сонячних джерел енергії»

Керівник роботи: Устименко Дмитро Володимирович, доцент
затверджені наказом № 247 ст від 01.04.2024 р.

2. Строк подання студентом роботи: 05.01.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до систем зовнішнього освітлення міста.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Вступ. Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення. Потенціал відновлювальних джерел енергії в Україні.

4.2 Основна частина: Розробка організаційних і технічних заходів, що спрямовані на підвищення енергоефективності систем зовнішнього освітлення міста. Створення структури та функціональної схеми системи зовнішнього вуличного освітлення з використанням в якості джерела енергії сонячних панелей. Розробка принципової схеми освітлювального модуля та обґрунтування вибору компонентів для його реалізації.

4.3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: Утилізація відпрацьованих сонячних панелей та акумуляторів.

4.4 Економічна частина: –

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення; 2. Аналіз технічних заходів і рішень, що спрямовані на підвищення енергоефективності систем зовнішнього освітлення міста; 3. Структура та функціональна схема системи зовнішнього вуличного освітлення з використанням в якості джерела енергії сонячних панелей; 4. Освітлювальний модуль на базі сонячної палелі.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ.	11.11.2024 – 17.11.2024	
2	Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення. Потенціал відновлювальних джерел енергії в Україні.	18.11.2024 – 24.11.2024	
3	Розробка організаційних і технічних заходів, що спрямовані на підвищення енергоефективності систем зовнішнього освітлення міста. Створення структури та функціональної схеми системи зовнішнього вуличного освітлення з використанням в якості джерела енергії сонячних панелей.	25.11.2024 – 08.12.2024	
4	Розробка принципової схеми освітлювального модуля та обґрунтування вибору компонентів для його реалізації.	09.12.2024 – 22.12.2024	
5	Утилізація відпрацьованих сонячних панелей та акумуляторів.	23.12.2024 – 29.12.2024	
6	Висновки та рекомендації	30.12.2024 – 05.01.2025	
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	06.01.2025 – 26.01.2025	

Студент



(підпис)

Ярослав ГУК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи



(підпис)

доц. Дмитро УСТИМЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

№ рядка	Формат	Позначення	Назва	Кільк. арк.	№ еск.	Прим.
0			<u>Документація загальна</u>			
1			Заново розроблена			
2	A4	7.141.190039.ПЗ	Пояснювальна записка	52		
3						
4			Запозичена			
5						
6			<u>Графічна частина</u>			
7			Заново розроблена			
8	A4	7.141.190039.ПЗ	Сучасні тенденції у створенні			
9			енергоефективних та екологічних			
10			зовнішнього освітлення	1		
11	A4	7.141.190039.ПЗ	Аналіз технічних засобів і рішень			
12			що спрямовані на підвищення			
13			енергоефективності систем зовнішнього			
14			освітлення міста	1		
15	A4	7.141.190039.ПЗ	Структура та функціональна схема			
16			зовнішнього вуличного освітлення			
17			з використанням в якості джерела			
18			енергії сонячних панелей	1		
19	A4	7.141.190039.ПЗ	Освітлювальний модуль на базі			
20			сонячної панелі	6		
21			Запозичена			
22			<u>Електронна частина</u>			

					7.141.190039.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи		
Розроб		Гук Я.Г.	03.01.25				
Перевір		Устименко Д.В.	13.01.25		Український державний університет науки і технологій		
Н. Контр.		Карзова О.О.					
Зав.кафедри		Муха А.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
							62

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему: «Розробка системи вуличного освітлення на базі сонячних джерел енергії» складається з 4 розділів та містить: 63 сторінки основного тексту, 6 таблиць, 12 рисунків, 28 літературних джерел, додаток.

Мета роботи – аналіз , розробка та заміна існуючих систем зовнішнього освітлення на більш енергоефективну систему на базі сонячних джерел енергії.

У розділі 1 детально розібрано існуючі системи та тенденції у сфері енергоефективних систем зовнішнього освітлення.

В розділі 2 надана загальна інформація про концепції систем вуличного освітлення на базі сонячних джерел енергії, а також приведені структурна та функціональна схема такої системи.

У розділі 3 приведено проектування системи вуличного освітлення з використанням в якості джерела енергії сонячних панелей , функціональна та електрична принципові схеми.

У розділі 4 представлена охорона праці та безпеки життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях при експлуатації системи вуличного освітлення, а також методи утилізації сонячних панелей та акумуляторних батарей.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВУЛИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ, СОНЯЧНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, АКУМУЛЯТОНА БАТАРЕЯ, КОНТРОЛЛЕР ЗАРЯДУ, ДАТЧИК.

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1.....	11
СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В СТВОРЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ	11
1.1 Сучасні тенденції зовнішнього освітлення.....	11
1.2 Напрямки створення енергоефективних систем зовнішнього освітлення.....	13
1.3 Потенціал відновлювальних джерел енергії в Україні	15
РОЗДІЛ 2.....	19
СУЧАСНА СИСТЕМА ЗОВНІШНЬОГО ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА БАЗІ СОНЯЧНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	19
2.1 Концепція сучасної системи вуличного освітлення на базі сонячних джерел енергії.....	19
2.2 Структурна та функціональна схема системи зовнішнього вуличного освітлення з використанням в якості джерела енергії сонячних панелей	22
РОЗДІЛ 3.....	29
РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ОСВІТЛЮВАЛЬНОГО МОДУЛЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ	29
3.1. Розробка принципової схеми освітлювального модуля.....	29
3.2. Вибір компонентів для реалізації освітлювального модуля на базі сонячного джерела енергії.....	31
РОЗДІЛ 4.....	44
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44

					Пояснювальна записка			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи вуличного освітлення на базі сонячних джерел енергії	Літ.	Маса	Маштаб
Разраб	1	Гук Я.Г.	09.01.25	Гук				1:1
Перевірив		Устименко Д.	13.01.25	Устименко				
Т.контр.						Арк	7	Аркушів
Реценз.								
Н.контр		Карзова О.О.	15.01	Карзова	7.141.190039.ПЗ	Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321		
Затвердив		Муха А.М.	15.01	Муха				

4.1. Дія електричного струму на людину	44
4.2. Утилізація відпрацьованих сонячних панелей та акумуляторів....	46
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	50
СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ	53
ДОДАТОК А.....	54

					Пояснювальна записка			
					Розробка системи вуличного освітлення на базі сонячних джерел енергії	Літ.	Маса	Маштаб
Зми.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				1 : 1
Разраб		Гук Я.Г.	29.01.25	29.01.25				
Перевірив		Устименко Д.	13.01.25	13.01.25				
Т.контр.						Арк	8	Аркушів
Реценз.					7.141.190039.ПЗ	Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321		
Н.контр		Карзова О.О.		13.01				
Затвердив		Муха А.М.		13.01				

ВСТУП

Зростання попиту на електроенергію в усьому світі призвело до масової залежності від генераторів електроенергії, які постачають електроенергію споживачам. Однак негативний вплив на навколишнє середовище спалювання викопного палива для виробництва електроенергії викликав необхідність скорочення викидів парникових газів [1].

У 2015 році понад 190 країн підписали юридично зобов'язуючу угоду на Паризькій кліматичній конференції [2] щодо утримання підвищення середньої глобальної температури нижче 2 °C (вище доіндустріального рівня 20-го століття) [2]. Для досягнення цієї складної мети необхідна фундаментальна трансформація глобальної енергетичної системи, яка фактично і відбувається в останні десятиліття [2].

Результатом став перехід до більш екологічно чистих форм виробництва відновлюваної енергії, такі як сонячні та вітрові установки. Сонячна енергія — це енергетичний ресурс, який можна використовувати економічно конкурентоспроможними та надійними способами для виробництва електроенергії за допомогою фотоелектричної технології або термодинамічних циклів у системах концентрованої сонячної енергії (CSP), а також для цілей опалення чи охолодження [2]. Фотоелектричні технології - це варіант відновлюваної енергетики, який може забезпечити чистішу, стабільнішу, масштабованішу та економічно ефективнішу електроенергію на довгі роки.

В сучасному світі тенденція на відновлювальні джерела електроенергії стає все більш масштабною та важливою для планети. Використання таких технологій як LED лампи та інтелектуальні системи керування на ряду з сонячною генерацією створюють нові можливості для їх використання, особливо у вуличному освітленні.

В даний час вуличне освітлення становить близько 13-14% від річного виробництва електроенергії у світі, і ринок постійно зростає. Очікується, що до 2027 року у світі буде близько 363 мільйонів вуличних ліхтарів. Отже, вуличне освітлення споживає величезну кількість енергії, що робить нагальною

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

необхідність роботи над рішеннями щодо скорочення споживання вуличного освітлення [6].

Споживання системами вуличного освітлення може істотно вплинути на використання енергії в кожній області , на яку може припадати значна частина загального енергоспоживання міст. В останній час все більш популярним стає використання фотоелектричних технологій в системах вуличного освітлення

Впроваджувати фотоелектричні технології в системи вуличного освітлення нескладно, особливо в малих і середніх містах, де система знаходиться під безпосереднім контролем міста або міського підрядника. Потенціал економії енергії великий і забезпечує розумну рентабельність інвестицій. Така система позитивно впливає на екологію, а також такий варіант освітлення є більш доступний для встановлення в умовах, в яких неможливо використовувати звичайні засоби вуличного освітлення.

В Україні в останні роки є тенденція до значного збільшення виробництва електроенергії за допомогою альтернативних джерел. Хоча Україна має високий рівень енергетичної незалежності завдяки потужності ядерної генерації, розширення відновлюваної енергетики дозволить країні зменшити вплив імпорту з Росії та Білорусі. Збільшення використання вітрової та сонячної генерації дозволить значно зменшити частку вугільної та ядерної енергетики в країні , що збільшить не тільки екологічні, а й економічні показники країни в цілому.

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В СТВОРЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

1.1 Сучасні тенденції зовнішнього освітлення

Сучасні технології потребують все більше електроенергії, що призводить до значного збільшення попиту. Для утримання підвищення середньої глобальної температури, а також зменшення енергозатрат все міст почали впроваджувати більш екологічні системи зовнішнього освітлення де використовуються для виробництва електроенергії сонячні панелі.

Серед переваг таких систем зовнішнього освітлення насамперед пов'язані з сонячними панелями. Наприклад, переваги відносно вітра, полягають у їх більшій передбачуваності на річній та щоденній основі [2], низькій швидкості деградації компонентів сонячної установки протягом їх життєвого циклу, який зазвичай становить 20–25 років, і що ця технологія рідко дає недостатню продуктивність або виходить з ладу. Наприклад, довгострокові польові дані показують, що фотоелектричні панелі зазнають у середньому втрати вихідної потужності лише на 0,5% на рік, і лише 2% встановлених фотоелектричних панелей не відповідають гарантії виробника через 10 років [2].

На вуличне освітлення припадає невелика частка енергоспоживання всієї країни. Однак це має більший вплив на рахунки за електроенергію кожної області, де споживання енергії системою вуличного освітлення може становити значну частину загального споживання енергії в містах середнього розміру. Втручання в системи вуличного освітлення легко, особливо в малих і середніх містах, де система знаходиться під прямим контролем міста або міських підприємців. Потенціал економії енергії може бути значним, водночас забезпечуючи розумну віддачу від інвестицій.

Основні переваги, які слід шукати в більш енергоефективних системах зовнішнього освітлення:

- Зниження витрат

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

Зменшення або мінімізація споживання енергії вуличним освітленням є основним фактором скорочення витрат протягом усього терміну експлуатації такої системи. Дійсно, рахунок за електроенергію становить дуже велику частку вартості всього терміну експлуатації світильника [3].

Однак витрати на технічне обслуговування також є ключовим аспектом, який слід враховувати. Лампи мають обмежений термін служби, а також можуть вийти з ладу через систему або через нещасні випадки. Частота необхідності заміни є значним внеском у витрати на технічне обслуговування, хоча також слід враховувати необхідність чищення світильників або інших операцій. Витрати на технічне обслуговування включають не лише витрати на ремонт і чищення, а й витрати, пов'язані з перевіркою правильності роботи системи (наприклад, перевірка, чи/які лампи потрібно замінити)[3] .

- Покращення якості вуличного освітлення

Дуже часто є можливість покращити якість послуг громадського освітлення. Досягнення такої мети може значно полегшити схвалення громадськості для втручання в цю сферу. Між тим, краще громадське освітлення означає зменшення ризиків для безпеки, які воно вирішує, і, отже, опосередковано, рятує людські життя [3] .

- Надійність

Підвищення надійності системи вуличного освітлення, по суті, скорочує час, протягом якого система в цілому або окремі лампи не працюють. Одним з поширених прикладів виходу з ладу є перегорання лампи. Підвищення надійності означає здатність діяти якнайшвидше після такої несправності або, краще, передбачити несправність за допомогою моніторингу та мати можливість замінити лампу до того, як вона перегорить, та/або обмежити кількість таких невдач, напр. завдяки кращій якості електроенергії або вибору ламп із довшим терміном служби [3] .

- Рівномірність

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Людським очам потрібен певний час, щоб адаптуватися до різних умов освітлення. Тому слід уникати встановлення вуличного освітлення чергуванням більш світлих і темних зон.

З технічної точки зору, якщо ми називаємо E освітленістю (вимірюється в люксах), хорошим показником рівномірності є співвідношення $E_{\min}/E_{\text{average}}$. Збільшення коефіцієнта (тобто співвідношення ближче до 1) вказує на встановлення вуличного освітлення з вищою рівномірністю, тобто меншою різницею між освітленістю найтемніших ділянок ($E_{\min}$) і середньою освітленістю (E_{average}) [3].

1.2 Напрямки створення енергоефективних систем зовнішнього освітлення

На даний момент серед сучасних тенденцій до більш енергоефективного освітлення використовують такі методи:

- Використання більш енергоефективних ламп

Вибір правильної лампочки є першим ключем до створення енергоефективної системи освітлення. Крім того, враховуючи той факт, що дискомфорт пішохода та відблиски можуть призвести до смертельних аварій у міських містах, вибір типу освітлення є дуже критичним компонентом на всіх вулицях. Зараз у більшості міст досі використовуються традиційні лампи вуличного освітлення, які в основному складаються з натрієвих ламп високого тиску або металогалогенних. Ці типи лампочок вважаються неефективними, оскільки вони споживають багато енергії. Крім того, вони мають короткий термін служби порівняно зі світлодіодами (LED) і вимагають періодичного значного обслуговування, що, як наслідок, збільшує вартість [4].

На відміну від традиційних ламп, світлодіодні лампи мають такі особливості [4]:

- Пропонують довший термін служби від 50 000 до 100 000 годин роботи
- Виробляють 37-120 люмен/ват від джерела електроенергії
- Менше споживає електроенергію та виділяє менше тепла

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

- Вимагають меншої частоти обслуговування порівняно зі звичайними технологіями вуличного освітлення

- Вища довговічність, оскільки вони не містять скла, замість цього вони закріплені на друкованій платі [4].

Деякі з важливих факторів, які слід враховувати при визначенні придатності світлодіодного ліхтаря для вуличного освітлення, включають корельовану колірну температуру, мезопічну яскравість зору, адаптацію до темряви, сприйняття кольору, проникнення туману та забруднення неба [4].

- Заміна існуючих ламп на найбільш ефективні газорозрядні лампи

Це був найпоширеніший варіант протягом кількох десятиліть, і він досі дуже поширений. Наприклад, більшість модернізацій вуличного освітлення, які фінансуються за французькою схемою допомоги малим муніципалітетам у впровадженні енергоефективного вуличного освітлення, стосуються встановлення саме таких ламп. Вони є найпоширенішим вибором. Перевагами є: менші інвестиційні витрати, дуже перевірена та налагоджена технологія та досить висока світлова ефективність [3] .

- Регулювання світлового потоку.

Системи зовнішнього освітлення з можливістю регулювання світлового потоку дозволяють при необхідності змінювати параметри освітлення, створюючи додаткові можливості для підвищення енергоефективності системи і поліпшення візуального комфорту.

- Розумні механізми керування вуличним освітленням

Розумне вуличне освітлення визначається як мережева система вуличних ліхтарів, яка оснащена датчиками та приводами, що забезпечує широкий набір можливостей та інтерфейсів підключення. Штучний інтелект дає змогу завдяки комп'ютерній обробці розрізняти рух дерев, ідентифікувати тварин (кішок і собак) і вмикати освітлення лише для людей і транспортних засобів без розпізнавання облич. Для керування вуличним освітленням використовується набір датчиків [4] . Система автоматичного управління зовнішнього освітлення

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

включає в себе датчики присутності людей/автомобілів, світлочутливі елементи, контролери з функціями освітлення за розкладом, прив'язане до часу сходу і заходу сонця, забезпечує автоматичне включення/вимикання нічного освітлення. Використання світлочутливих елементів в поєднанні з датчиками присутності об'єктів в зоні дії ліхтаря дозволяє враховувати поточні умови роботи системи освітлення (погодні умови, інтенсивність дорожнього руху, присутність людей у відповідальній зоні і т.д.).

- Ліхтарі на сонячних батареях

Ліхтарі на сонячних батареях є чудовим варіантом для економічного та дешевого встановлення зовнішнього освітлення. Ці світильники використовують сонячні елементи, також відомі як фотоелектричні панелі, для перетворення сонячного світла в електроенергію, що зберігається в акумуляторних батареях. Коли сонце заходить, вбудовані датчики вмикають світло, забезпечуючи освітлення протягом ночі.

Однією з головних переваг світильників на сонячних батареях є простота їх установки. Оскільки вони не потребують проводки, їх можна розмістити практично будь-де, що робить їх універсальним варіантом освітлення. Вони також є економічно ефективними, оскільки не залежать від електроенергії з мережі та потребують мінімального обслуговування. Ліхтарі на сонячних батареях бувають різних конструкцій, від традиційних ліхтарів до сучасних ліхтарів на стовпах, що дозволяє значно збільшити їх можливості використання.

1.3 Потенціал відновлювальних джерел енергії в Україні

Структура енергетичних ресурсів України на сьогодні описується такими базовими показниками річного виробництва енергії [5] :

- атомні електростанції - біля 85 млрд кВт-год ;
- теплові електростанції - біля 50 млрд кВт-год ;
- теплові енергетичні центри та - біля 12 млрд кВт-год ;
- гідроелектростанції - біля 8 млрд кВт-год ;

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

- сонячні та вітрові електростанції - біля 3 млрд кВт-год,;
- мала гідроенергетика - біля 2 млрд кВт-год;
- інші енергетичні блок-станції - біля 1,5 млрд кВт-год [5] .

У сумі це складає біля 1 % від світового виробництва енергії. При цьому Україна займає біля 0,5 % всієї світової території і її населення складає теж біля 0,5 % світової популяції людства [5].

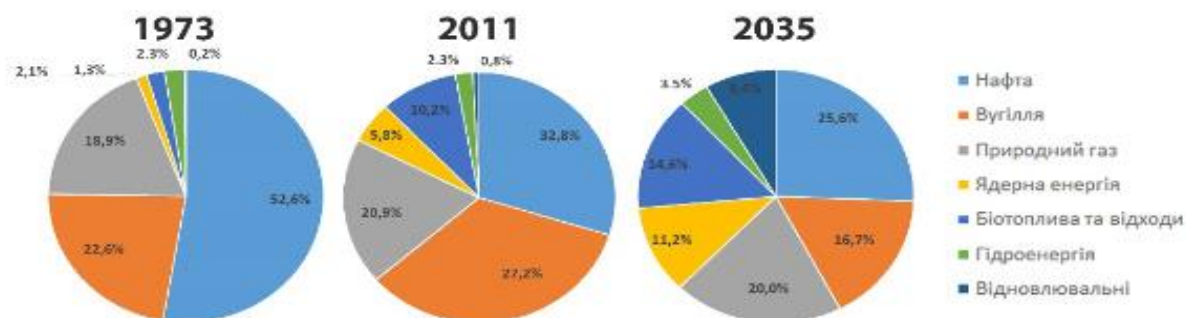


Рисунок 1 - Структура енергетичних ресурсів України

. Із цього можна зробити висновок, що наша країна повинна вирішувати глобальні енергетичні та екологічні проблеми світу на рівні із всіма іншими державами [5].

При цьому видно що у світі до 2035 року очікується суттєве зменшення використання нафти та зростання вкладу в енергетичний сектор ядерної енергетики й відновлювальних джерел енергії. Споживання ж інших енергетичних ресурсів залишається приблизно однакове [5].

Україна має значний потенціал основних видів відновлюваних джерел енергії, але на даний час вони становлять досить незначну частку в загальному енергобалансі держави.

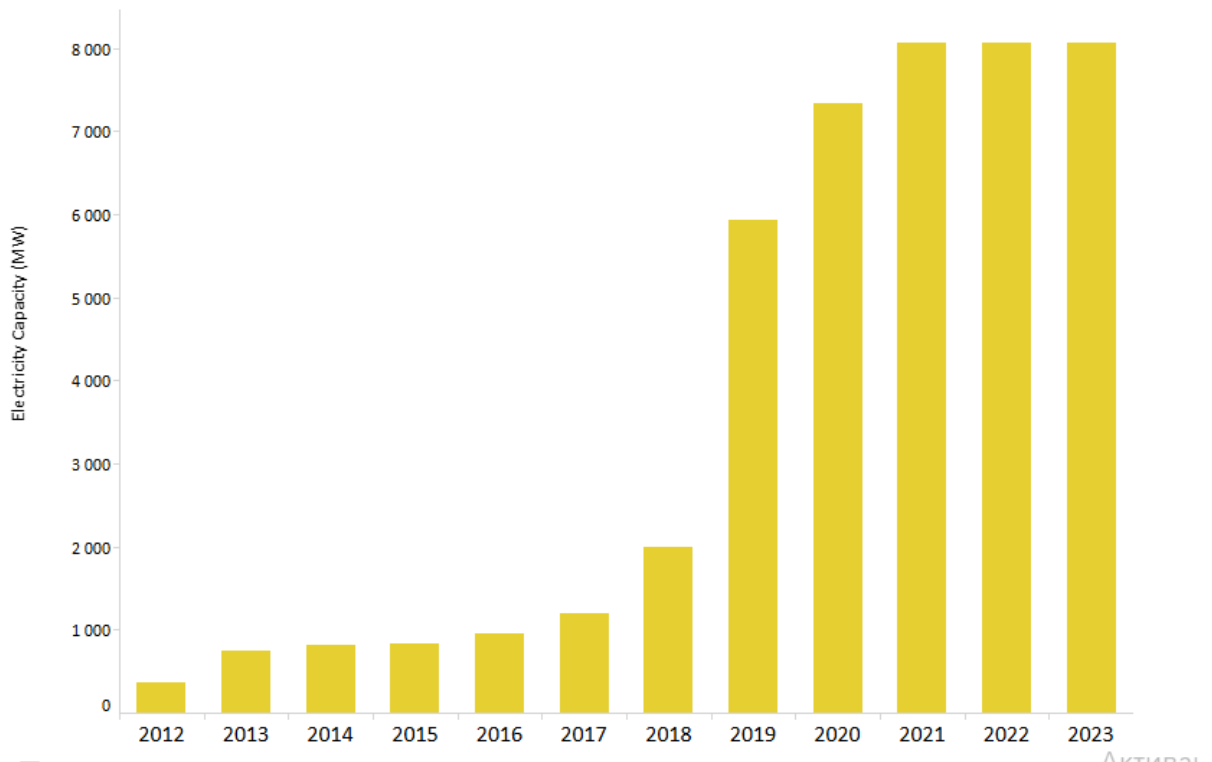


Рисунок 2 – Розвиток виробництва сонячної енергії в Україні

Сонячні можливості України були досить перспективними, і до 2030 року перед початком війни вони становили 60 ГВт потенціалу. До початку війни в Україні вже було встановлено 6,3 ГВт сонячної енергії. Наразі багато українських будинків і невеликих міст використовують сонячну енергію для підтримання електроенергії, оскільки інші системи електроенергії були відключені через військові дії Росії. Розвиток може продовжитися після завершення війни, і оскільки українські енергетичні компанії вже мають досвід у створенні та впровадженні сонячної енергії, це може бути найбільш доступним для України відновлюваним джерелом енергії для використання та експорту [6].

Стрімкі інвестиції в українську відновлювану енергетику можуть надати можливість для масштабного впровадження нових відновлюваних технологій, таких як раніше згадані сонячні панелі подвійного використання. Оскільки будівництво в Україні відбувається в той час, коли Європа починає швидко рухатися до відновлюваних джерел енергії, існує природна можливість для нових технологій відновлюваної енергетики отримати шанс на впровадження.

Додавання значних джерел зеленої енергії з України до енергетичного балансу ЄС також допомагає вирішити проблему погодних умов, які впливають на енергетичне виробництво [6].

					7.141.190039.ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНА СИСТЕМА ЗОВНІШНЬОГО ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА БАЗІ СОНЯЧНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

2.1 Концепція сучасної системи вуличного освітлення на базі сонячних джерел енергії

Системи вуличного освітлення на базі сонячних джерел є такими через використання в них сонячних панелей, які у свою чергу є основним джерелом енергії для такої системи освітлення.

Такі фотоелектричні системи мають форму стовпів. Опори спроектовані як розбірні, тому їх можна легко встановлювати в міських ландшафтах. Таке рішення полегшує обслуговування компонентів обладнання та можливість заміни деталей на більш перспективні варіанти.

Вуличне освітлення на основі фотоелектричних систем має досить просту конструкцію. Воно живляться від нікель-кадмієвої батареї акумуляторного типу. Протягом дня саме в ній накопичується сонячна енергія. З настанням темряви вона автоматично вмикається. Світло відтворюють діоди LED-формату. Автономні вуличні світильники на сонячних батареях будуть працювати до тих пір, поки акумулятор досить заряджений. Якщо пристрій успішно накопичував енергію протягом світлового дня, то він буде успішно працювати протягом всієї ночі. Якщо ж на вулиці було мало сонячного світла, швидше за все, він вимкнеться, як тільки закінчиться заряд батареї. Тому дуже важливо приділити особливу увагу розташуванню вуличного освітлення на сонячних батареях, а також вибору правильної батареї [7].

Вуличні світильники на сонячних батареях можуть успішно працювати до 100 000 годин. Сучасні моделі такого обладнання мають захист від корозії, пилоутворення, а також атмосферних опадів і температурних перепадів. Кожен пристрій вуличного освітлення на сонячних батареях працює за індивідуальним принципом. Пристрої необхідно розмістити в місцях, де на них буде активно потрапляти сонячне світло. Це забезпечить успішну роботу на максимальну

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

кількість циклів. Також краще обирати такі світильники з наявністю датчика руху. З ним вони будуть включатися тільки в тому випадку, якщо біля приладу буде хтось проходити. У такий спосіб значно скорочується витрата енергії і продовжується цикл експлуатації світильників для вуличного освітлення на сонячних батареях [7].

Для приватного використання освітлення на сонячних батареях використовується в тих випадках, коли немає можливості провести стандартний провід. Або їх наявність псує зовнішній вигляд навколишнього оточення, тим самим порушуючи загальну естетику прилеглої території. Завдяки цим джерелам вуличного освітлення загальний зовнішній вигляд місця, де вони розташовані, може бути значно покращений, а пристрій вуличного освітлення може значно прикрасити ландшафтний дизайн.

Автономні світильники, які працюють від сонячних батарей, мають наступну конструкцію (рис. 3):

- безпосередньо сонячна батарея (здебільшого вона розташовується в спеціальний плафон, який захищає її від впливу пилу і води);
- блок освітлення;
- акумулятор ;
- кріплення ;
- корпус (виробляється з нержавіючої сталі);
- система контролю (аналізує освітлення навколо світильника та вмикає і вимикає пристрій за потреби).

Вуличні світильники з фотоелектричними системами стандартної конструкції цілком здатні впоратися з великими перепадами температур і можуть успішно працювати в діапазоні температур від -50°C до +40°C. Ємність батареї залежить від обраної моделі.

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

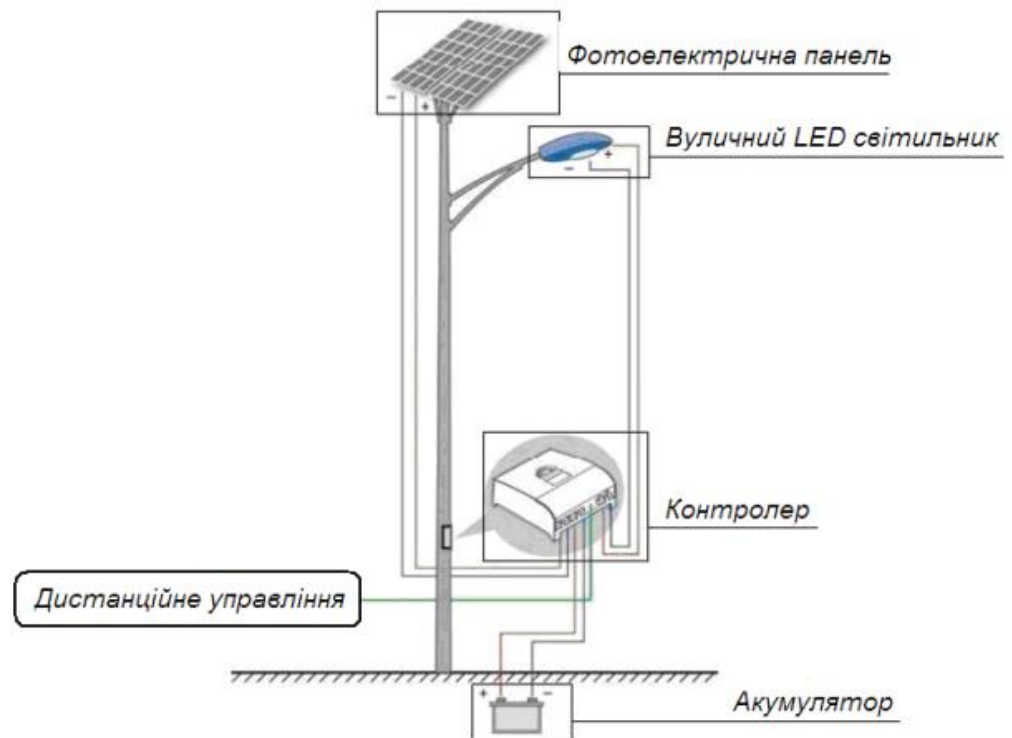


Рисунок 3 - Обладнання фотоелектричної системи освітлення

Настінні світильники вуличного освітлення на сонячних батареях розміщують на стінах у житлових і нежитлових будівлях. Підвісні світильники «підвішуються» на певних конструкціях. Найчастіше вони оснащені спеціальним датчиком, який реагує на рухи. Завдяки таким приладам роблять акцент на певних частинах фасаду або спрощують подолання проблемних місць у темну пору доби. Під час розміщення таких світильників особливу увагу варто приділити потраплянню на них сонячного світла. Якщо його недостатньо, то прилад вуличного освітлення на сонячних батареях не зможе якісно виконувати свої робочі функції й повноцінно заряджатися [3].

Варто зазначити, що сучасні моделі приладів для вуличного освітлення на сонячних батареях виготовляються з досить міцних і надійних матеріалів, не схильних до корозії і стандартного фізичного зносу.

Недоліки експлуатації світильників вуличного освітлення на сонячних батареях:

- висока ймовірність збою роботи за низьких температур;

- енергія не може успішно вироблятися за умови відсутності сонячного світла ;
- можлива крадіжка обладнання ;
- неможливість ремонту після виникнення несправності (в більшості випадків).

2.2 Структурна та функціональна схема системи зовнішнього вуличного освітлення з використанням в якості джерела енергії сонячних панелей

Автономні системи зовнішнього освітлення - це інженерні системи, що складаються з десятків компонентів (сонячних панелей, контролерів заряду, акумуляторів, інверторів , систем орієнтації на сонце, світлодіодних прожекторів, датчиків руху та комутаційного обладнання) . Тому дуже важливо, щоб сонячна система була належним чином спроектована і розроблена для забезпечення ефективної та безперебійної роботи.



Рисунок 4 – Структурна схема системи автономного зовнішнього освітлення на фотоелектричних перетворювачах

Структурна схема (рис. 4) такої системи складається з сонячної панелі, яка керує своє положення для більш ефективної роботи за допомогою системи стеження за сонцем, контролера заряду який забезпечує ефективне перетворення енергії у необхідну для живлення акумуляторної батареї та інвертора до якого під'єднаний світлодіодний прожектор та можуть бути під'єднані додаткові прилади.

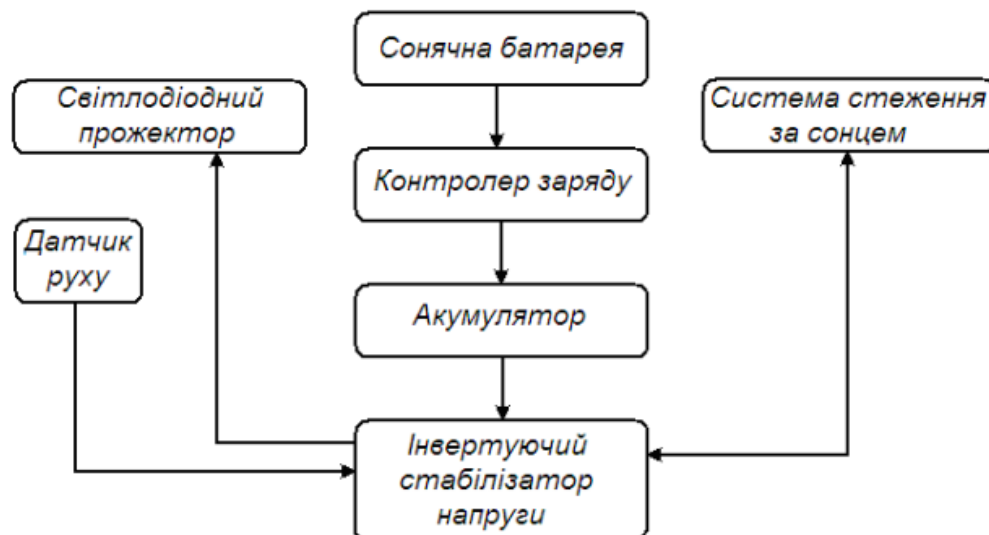


Рисунок 5 – Функціональна схема системи автономного зовнішнього освітлення на фотоелектричних перетворювачах

Сонячні панелі з полікристалічних фотоелектричних елементів найбільш поширені у зв'язку з оптимальним співвідношенням ціни і ККД серед сіх різновидів панелей. Їх ККД становить від 82 до 94%.

У елементів, які утворюють панель, характерний синій колір і кристалічна структура. Сонячні панелі з монокристалічних фотоелектричних елементів більш ефективні, але і більш дорогі в перерахунку на ват потужності. Їх ККД, як правило, в діапазоні 14...16% [8].

Сонячна батарея має свої експлуатаційні й технічні характеристики, які відрізняються для різних моделей, різних виробників, але з досить невеликою різницею.

При площі сонячної батареї приблизно 0,2м² потужність модуля становить приблизно 10Вт. Напруга при максимальному навантаженні – близько 25В. Приблизний ККД сонячної батареї – від 4 до 18%. Термін служби пластини не менше 25 років [8].

На даному етапі розвитку сонячної енергетики більше всього уваги слід приділити обладнанню фотомодулів та за **системою стеження за Сонцем**, що дає найкраще співвідношення вартість/ефективність виробляємої енергії.

Величиною, що робить вплив на вироблену потужність фотоелектричних модулів, є кут падіння сонячних променів на її поверхню, навіть при найефективнішій стаціонарній установці фотоелектричних модулів програш в виробленій потужності становить до 50%, ніж при безперервному орієнтуванні на Сонце [9].

За допомогою системи спостереження можна змінювати кут нахилу сонячного фотоелектричного модуля протягом дня таким чином, щоб підтримувати кут падіння сонячного світла на його поверхню.

Це обертання здійснюється механічною системою пристрою стеження. Для обертання сонячного елемента навколо своєї осі необхідний двигун. У будь-який момент добового руху Сонця площа сонячної панелі буде перпендикулярна напрямку сонячних променів.

Електронні компоненти пристрою, що стежить передають приводному механізму інформацію про місцезнаходження Сонця. По електронній команді панель встановлюється в потрібному напрямку. Як тільки сонце хилиться до заходу, електронний блок управління запускає електродвигун до тих пір, поки бажаний напрямок руху панелі під сонцем знову не відновиться.

Світлодіодні прожектори володіють рядом переваг перед традиційними галогенними прожекторами: надійність і економічність, компактність і висока ефективність. Світлодіодні прожектори не мерехтять, володіють тривалим терміном служби 100000 годин і більше, захищені від попадання вологи і пилу [10].

Світлодіодний прожектор сумарною потужністю від 18Вт з спеціальною оптикою, забезпечують світловий потік від 2400лм. Оптимальна висота установки прожектора від 4 метрів. Завдяки незалежному кріпленню прожектор можна направити в будь яку сторону і підняти на будь-яку висоту для досягнення бажаної освітлюваної площі [10].

Світлодіодний прожектор можна купити в Україні. На ринку України присутні одні з найнадійніших виробників електроніки, такі як Schneider та ін.

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

Сонячний контролер - це пульт управління енергетичною системою. Його основна мета - перетворювати сонячну енергію на електрику з параметрами, що підходять для живлення конкретних пристроїв та заряджання їх акумуляторів. Контролер не допускає перевантаження системи або зворотного струму в нічний час. Контролер заряду сонячної батареї має наступний принцип роботи: він з'єднує фотоелектричну панель з акумуляторною батареєю, забезпечуючи їй правильні параметри зарядки. Контролер захищає від занадто високої напруги, що протікає від панелі, так і від перерозряду. Він також блокує зворотний потік напруги від батареї до панелі у нічний час, коли установка "втрачає" джерело енергії [11]. Пристрій контролю напруги акумуляторної батареї дозволяє перевірити стан кола заряду. У нормальних умовах зарядна напруга не повинна перевищувати 15,5 В, інакше батарея може вийти зі строю. При заряді акумуляторної батареї нижче 10,5 В, можлива сульфатація пластин і їх руйнування. Можна підключити до сигналізації, також має 15-вольтовий вивід індикатора, щоб сигнал подавався і у випадку перезарядження батареї [11].

Акумулятор-це електричний пристрій, який накопичує електричну енергію при зарядці від джерела постійного струму і подає її споживачеві при розрядці, в даному випадку від джерела постійного струму.

Акумулятор являє собою хімічне джерело струму, що складається з позитивних і негативних електродів і електролітів, дія яких заснована на використанні оборотних електрохімічних систем.

В деяких випадках використання таких систем може знадобитися інвертор. **Інвертор** перетворює постійну напругу 12В, яка генерується сонячними батареями, в змінну напругу 220В (рис. 6). Така напруга може бути необхідна для живлення світлодіодного прожектора, системи позиціонування, датчика руху, ІЧ камери відеоспостереження.

Для всіх типів інверторів ключовий параметр - ККД (який має бути більш 90%). Вихідна напруга автономних інверторів як правило складає 220 В (50/60

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

Гц) . Всі автономні інвертори трансформують постійний струм акумуляторних батарей. Внаслідок цього вхідна напруга вибирається з ряду 12, 24, 48 і 120 В [8].

Тому, до автономного інвертора пред'являються наступні вимоги [8]:

- здатність переносити без наслідків перевантаження (як короточасні, так і тривалі);
- маленькі втрати при малих навантаженнях і на неодруженому ходу; - стабілізація вихідної напруги;
- низький коефіцієнт гармонік;
- високий ККД;
- відсутність перешкод на радіочастотах [8].

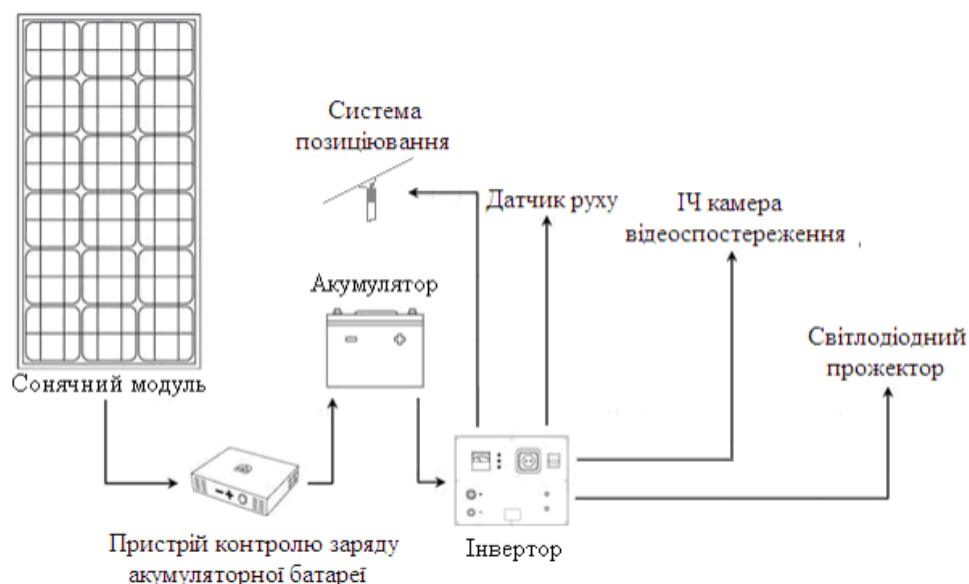


Рисунок 6 - Система автономного зовнішнього освітлення з інвертором та додатковим обладнанням

Детектори руху призначені для виявлення руху теплового об'єкта в зоні, яка освітлюється або охороняється. Пристрій працює, використовуючи різні види хвильового випромінювання: ультразвукове, інфрачервоне, радіохвилі. Постійно аналізуючи зону покриття на наявність цих хвиль, при їх виявленні

датчик спрацьовує. Робота приладу полягає в змиканні або розмиканні контактів в мережі, де він встановлений [12].

За принципом дії вони поділяються на пасивні і активні. У наш час перші знаходять більш широке застосування. Вони мають регульовані зони виявлення, захист від помилкових спрацьовувань, викликаних тваринами і комахами. Розрізняються пасивні детектори розміром зони виявлення ($20...360^\circ$), методами обробки сигналу, конструкцією і т. п. Активні детектори використовуються, як правило, для охорони периметрів об'єктів.

Інфрачервоні моделі можна безпомилково налаштувати, виставивши бажану дальність і кут виявлення рухомих об'єктів, що важливо при організації авто підсвічування. Така модель підходить для вулиці, адже спрацьовує тільки на «теплі» об'єкти з власної температурою. Безпечний для людей, тварин, рослин, так як не виробляє ніякого випромінювання [12].

Ультразвукова модель також оптимальна для «зовнішнього» (на вулиці) монтажу, адже вони безвідмовно працюють в умовах сильно запиленої, підвищеної вологості і на морозі. Такі сенсори бюджетні, тому популярні на ринку [12].

Радіохвильові, або як їх ще називають, мікрохвильові сенсори можуть виявити об'єкт навіть за тонкою стіною, склом або дверима. На його роботу ніяк не впливає температура навколишнього середовища, переносить коливання зовнішніх температур. Компактний розмір дозволяє встановити детектор в самих важкодоступних місцях [12].

Комбіновані пристрої продуктивніше інших сенсорів. Ці пристрої здатні виявити важковловимий сигнали, а також у них відсутня помилкове спрацьовування. Завдяки більш точного налаштування - це найоптимальніший для забезпечення безпеки в приміщенні [12].

Недоліком найпростіших і дешевих детекторів руху є низька завадостійкість - вони спрацьовують при виникненні будь якого теплового потоку. Більш досконалі детектори позбавлені цього недоліку. Їх надійність і

стійкість до теплових перешкод забезпечується багатоканальними елементами і складною електронною обробкою сигналу в самому детекторі. У простих моделях обробка сигналів здійснюється аналоговими методами, а в складніших - цифровими, наприклад, за допомогою вбудованого процесора.

					7.141.190039.ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ОСВІТЛЮВАЛЬНОГО МОДУЛЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

3.1. Розробка принципової схеми освітлювального модуля

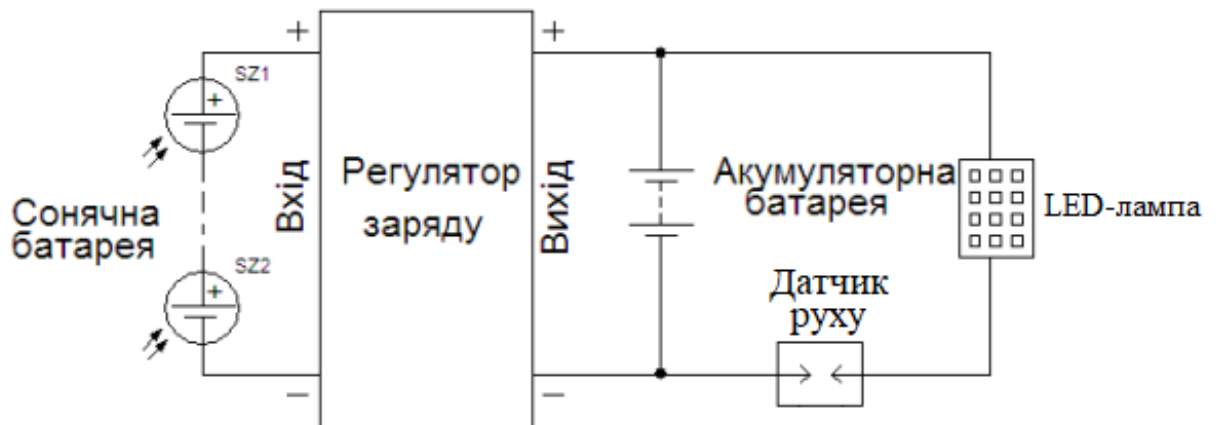


Рисунок 7 –Принципова схема пристрою автономного вуличного освітлення

Електрична принципова схема системи зовнішнього вуличного освітлення побудована за принципом сумісності елементів з встановлювальними регулятором заряду та сонячною батареєю.

Сонячна батарея керується регулятором заряду який за потреби може автоматично вимикати або вмикати панель.

Позитивні та негативні клеми контролера заряду підключаються до позитивного та негативного полюсів акумулятора відповідно. Ці електричні з'єднання є постійними і не потребують увімкнення в ланцюг додаткового обладнання. У разі необхідності контролер заряду подасть на батарею зарядний струм, якщо в цей час світить сонце.

Для більш ефективного використання енергії в схемі присутній датчик руху за допомогою якого можливо більш ефективне використання енергії особливо у нічний час.

Конструктивно вона має такі елементи:

- сам світильник - блок, оснащений світлодіодами, контакти від яких ведуть до акумулятора [13];
- джерело живлення - невеликий акумулятор, у який безпосередньо від панелі відбувається передача трансформованої енергії [13];
- сонячна панель;
- регулятор заряду, який регулює ступінь заряду батареї та показники енергії отримуваної безпосередньо від панелі;
- датчик руху, який регулює світильник ніччю в залежності від необхідності в освітленні.

Вуличні світильники сконструйовані таким чином, що перепади температури на низ не впливають, тому вони можуть цілий рік працювати безперебійно і при будь-якій погоді. Підтримуваний діапазон температур від - 50 до +40 градусів за Цельсієм. Ємність батареї можна підібрати різну, але зазвичай чим потужніший світильник, чим більше світлодіодів він має, тим вище ємність його акумулятора [13].

Розрахунковий ресурс будь-якого світильника вуличного типу з сонячною батареєю виглядає таким чином:

- саме освітлювальне обладнання здатне працювати близько 80 тисяч годин (якщо розраховувати виходячи з щоденного світіння по 11-12 годин на день, то виходить 20 років експлуатації) [13];
- сонячна панель при належному догляді здатна прослужити близько 25 років (в залежності від бренду, технології виробництва та інших характеристик) [13];
- система контролю розрахована на роботу протягом 12 років, при цьому продуктивність залишається колишньою протягом усього терміну служби [13];
- акумулятор - працює 5-7 років, тривалість визначається умовами експлуатації [13];
- опора - більше 25 років [13].

Ці цифри мають пряме відношення до реальності, але тільки в тому випадку, якщо експлуатація пристрою здійснюється у відповідності з усіма правилами [13].

3.2. Вибір компонентів для реалізації освітлювального модуля на базі сонячного джерела енергії

1. Сонячна батарея автономної системи освітлення

Сонячні батареї - це фотоелектричні генератори постійного струму, які використовують ефект перетворення променевої енергії в електричну.

Продуктивність сонячної батареї залежить не тільки від її площі, але й від інтенсивності та кута падіння сонячного світла.

Україна розташована на широтах, що отримують достатню кількість сонячної радіації для продуктивної роботи сонячних електростанцій. Україна має значні відмінності в кількості сонячної радіації між регіонами, що впливає на ефективність сонячних установок. На півдні країни, рівень інсоляції найвищий, що забезпечує максимальну ефективність роботи панелей. Тут сонячні станції можуть генерувати близько 1200-1500 кВт·год електроенергії на 1 кВт встановленої потужності на рік [14]. У центральних регіонах України цей показник дещо нижчий і становить близько 1000-1200 кВт·год на рік. У західних областях, де хмарність вища і кількість сонячних днів менша, цей показник може знижуватися до 900-1000 кВт·год на рік. Найкращі показники сонячної інсоляції спостерігаються на півдні країни, зокрема в Одеській, Херсонській та Запорізькій областях, де річна сонячна інсоляція сягає 1400-1500 кВт·год/м². Для порівняння, у центральних та західних регіонах цей показник може бути на 20-30% нижчим, однак залишається достатнім для успішної роботи сонячних станцій [14].

Технології сонячних панелей постійно вдосконалюються, що дозволяє підвищувати їх ефективність і знижувати витрати на виробництво електроенергії. На ринку України присутні три основні типи панелей: монокристалічні, полікристалічні та тонкоплівкові [14].

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

- Монокристалічні панелі є найефективнішими, оскільки вони здатні перетворювати до 22% сонячного світла на електроенергію. Цей тип панелей вирізняється високою стабільністю роботи за різних погодних умов та довгим терміном служби [14].

- Полікристалічні панелі мають трохи нижчу ефективність, близько 15-18%, але вони дешевші у виробництві, що робить їх популярними серед домашніх користувачів та малих сонячних станцій [14]. Їх ККД становить приблизно від 82 до 94%. У елементів, які використовуються в панелі, характерний синій колір.

- Тонкоплівкові панелі характеризуються найнижчою ефективністю (близько 10-12%), але вони дешеві і легкі, що дозволяє їх використовувати на великих промислових об'єктах із значними площами для встановлення [14].

Сонячна полікристалічна панель АХІОМА energy АХ-150Р є одним з найкращих варіантів для встановлення у потужну 12-вольтову сонячну систему. Така СЕС буде чудовим варіантом для основного живлення вуличних ліхтарів. Сонячна панель має потужність 150 Вт, тип фотоелемента - полікристал. Оснащена 3 струмоз'ємними доріжками для перенесення струму з фотоелемента. Оснащена захисними діодами Шоттки для захисту панелі від можливого затінення [15].

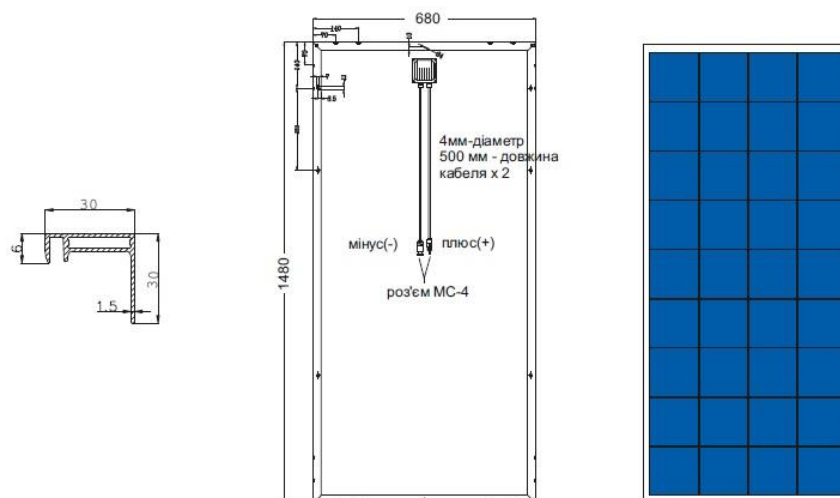


Рисунок 8 - Сонячна панель АХІОМА АХ-150Р

Основні технічні характеристики сонячної панелі AXIOMA AX-150P показані в табл. 1

Таблиця 1 – Технічні характеристики AXIOMA AX-150P

Параметр	Велечина
Потужність, Вт:	150
Напруга при макс. потужності, В:	18.3
Струм при макс. потужності, А:	8.20
Струм короткого замикання, А:	8.81
Напруга холостого ходу, В:	22.3
Запас потужності, Вт:	0...+3
Робоча температура, °С:	-40...+85
Габарити, Д*Ш*Т, мм:	1480x680x30
Вага, кг:	11

Така панель дозволить повністю задовільнити потреби у електроенергії систему навіть під час хмарної погоди.

2. Система стеження за сонцем

На сучасному етапі розвитку сонячної енергетики увагу також слід приділити оснащенню фотомодулів системами стеження за сонцем.

Енергія, вироблена будь-якою сонячною системою, залежить головним чином від зібраної сонячної енергії. Однак, щоб мати можливість зібрати максимум сонячної енергії, найбільш часто використовуваною схемою в плоских сонячних панелях є фіксована поверхня, орієнтована на південь і зазвичай нахилена відповідно до річного, сезонного або місячного оптимального нахилу. Крім того, залежно від стану неба, сонячні панелі поглинають максимум глобального сонячного випромінювання близько полудня за сонячним часом, де випромінювання сонячного променя досягає максимальних значень [16].

Величиною, що робить вплив на вироблену потужність фотоелектричних модулів, є кут падіння сонячних променів на її поверхню, навіть при

найефективніший стаціонарній установці фотоелектричних модулів програш в виробленій потужності становить до 50%, ніж при безперервному орієнтуванні на Сонце [9]

Підвищення продуктивності сонячної системи полягає в використанні систем відстеження сонця. Це рішення застосовується виключно до сонячних концентруючих систем, які використовують переважно сонячне випромінювання, у випадку, коли додаткові витрати на механічну систему та оптичні елементи значно компенсуються підвищенням продуктивності цих систем. Крім того, використання систем відстеження сонця в сонячних панелях дозволяє поверхні панелі постійно стежити за сонцем, отже, збирати максимум сонячної енергії протягом усього дня [16].

За допомогою системи спостереження можна змінювати протягом дня кут нахилу фотоелектричного модуля, щоб підтримувати кут, під яким сонячне світло безпосередньо падає на його поверхню. Кут нахилу визначається географічним розташуванням і відповідає широті місця, де встановлено пристрій. Географічна координата Дніпра відповідає 48° південної широти. Тоді вісь слідкуючого пристрою буде повернута на кут 48° до горизонту. На Північному полюсі вона перпендикулярна поверхні Землі.

Ці системи будуть економічно вигідними лише в тому випадку, якщо додаткові витрати, пов'язані з механізмом відстеження сонця, будуть нижчими за вартість додаткових панелей, що призведе до такого ж виробництва електроенергії з системою, що має фіксовану структуру. Крім того, було виконано багато дослідницьких робіт з метою демонстрації потенційних переваг від використання системи відстеження сонця в програмах для перетворення сонячної енергії на плоскі пластини, наприклад Gay [9], який встановив, що статична фотоелектрична система повинна мати 40 відсотків додаткових фотоелектричних модулів щоб бути в змозі виробляти таку ж річну енергію, як фотоелектрична система, обладнана механізмом відстеження сонця [16].

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

Один з варіантів таких трекерів може буди сонячний трекер ST1000.

Сонячний трекер ST1000 - це електромеханічний прилад, мета якого - відслідковувати переміщення джерела світла. Основне застосування - зміна положення фотоелектричних модулів (сонячних батарей) з метою отримання максимального ККД [17].

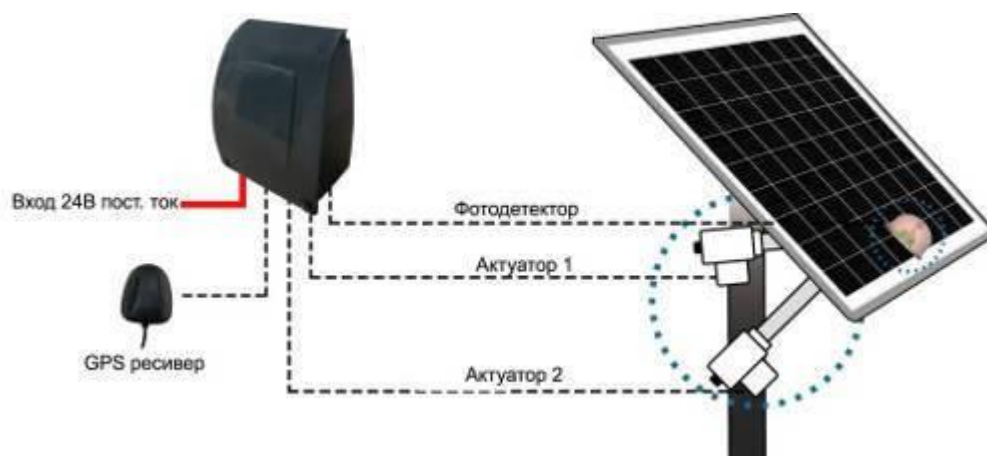


Рисунок 9 - Сонячний трекер ST1000

Характеристики трекера:

Напруга	до 1400 Вт
Кут повороту	180 градусів
Площини обертання	2
Збільшення вироблення потужності	до 40%
Споживає макс струм	2А
Проведений макс струм	10А
Робоча напруга	12 В / 24 В / 36 В / 48 В
Робоча температура	від -40 до + 60 °С
Власне споживання	незначне
Оснащений світло-датчиком	
Розміри	1500x1000x40

[17].

Такі системи в деяких випадках не доцільно використовувати через їхню дороговизну та додаткові технічні витрати.

3. Контролер заряду

Сонячні панелі можуть підключатися напряму до акумуляторів. Наприклад, сонячна панель 100Вт, 18В(це пов'язано з компенсацією втрат) та 5,55А підключається до свинцевого АКБ 12В 100 Аг. Коли акумулятор розряджений до 10,8 В, підключивши до нього сонячні панелі, вона починає працювати на тій самій напрузі – 10,8В. Потім напруга, по мірі заряду АКБ, поступово зростає до 14,4В [19].

Фактично сонячна панель працює з напругою 10,8-14,4В. Це призводить до зниження виробітку від неї – замість 100Вт ми отримуємо 60-80Вт, що є не дуже ефективно [19].

Ще одною проблемою є **перезаряд** АКБ. Якщо ви підключите багато сонячних батарей до маленького акумулятора, то може статися так, що за сонячний день вони заряджать його до напруги вищої ніж 14,4В. В такому випадку акумулятор може вийти з ладу і навіть вибухнути! Потрібно контролювати напругу на АКБ або збільшувати їх сумарну ємність [19].

Сонячний контролер - це пульт управління енергетичною системою. Контролер не допускає перевантаження системи або зворотного струму в нічний час. Пристрій контролю напруги акумуляторної батареї дозволяє перевірити стан кола заряду. У нормальних умовах зарядна напруга не повинна перевищувати 15,5 В, інакше батарея може вийти зі строю. При заряді акумуляторної батареї нижче 10,5 В, можлива сульфатація пластин і їх руйнування [18].

Сонячний контролер заряду BlueSolar PWM-Light 12/24V-10A SCC010010000 Victron Energy 12-24В 10А – сонячний контролер на основі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) призначений для заряду акумуляторних батарей від сонячних модулів, який працює з двома рівнями напруги - 12В и 24В з автоматичним вибором, тому при зміні напруги системи немає необхідності купувати новий контролер заряду [20].



Рисунок 10 - Контролер заряду BlueSolar PWM-Light

Особливості серії BlueSolar PWM-Light [20] :

- Вихід навантаження з функцією відключення при низькій напрузі батареї.
- Функція керування освітленням, тільки один таймер.
- Двозначний семисегментний дисплей для швидкої і простої установки функції виходу навантаження, включаючи налаштування таймера.
- Треступенева зарядка батареї (інтенсивна, абсорбційна, плаваюча), не програмована.
- Вихід навантаження захищений від перевантаження і короткого замикання.
- Захищений від зворотної полярності підключення сонячної мережі та/або батареї.
- Варіанти часу дня / ночі [20].

Сонячний контролер заряду BlueSolar PWM-Light 12/24V-10A SCC010010000 Victron Energy 12-24В 10А забезпечує треступеневий заряд акумулятора: наповнення - поглинання - плаваючий. Така характеристика забезпечує максимальний термін служби акумуляторних батарей AGM та GEL VRLA типів [20].

Таблиця 2 – Технічні характеристики BlueSolar PWM-Light

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

Параметр	Велечина
Напруга батареї (В)	12/24В з автоматичним визначенням напруги мережі
Номінальний струм заряду(А)	10
Автоматичне відключення	Так
Максимальна напруга сонячної мережі	28 / 55 В
Автономне споживання	< 10 мА
Вихід для навантажень	Ручне управління + відключення за низ. напруги
Захист від перевантаження	Вимкнення через 60 сек. при навантаженні 130% Відключення через 5 сек. при навантаженні 160% Коротке замикання: миттєве відключення
Заземлення	Загальне позитивне
Напруга «абсорбційного» заряду	14,2 В / 28,4 В
Напруга 'плаваючий' заряду	13,8 В / 27,6 В
Відключення навантаження при низькій напрузі	11,2 В / 22,4 В
Підключення раніше відключення навантаження	12,6 В / 25,2 В (вручну) В 13,1 / 26,2 В (авто)
Захист	Зворотній полярності батареї (запобіжник) / Коротке замикання на виході / Перегрів
Робоча температура	-20°C...+50°C (при повному навантаженні)
Вага (кг)	0,15
Розміри (В x Ш x Г в мм)	70x133x33,5

4. Акумуляторна батарея

Акумулятором називається електричний пристрій, який призряді від джерел постійного струму накопичує електричну енергію, а при розряді віддає її споживачам.

Акумулятори - це хімічні джерела струму, що складаються з позитивного і негативного електродів та електроліту, а їхня робота ґрунтується на використанні оборотної електрохімічної системи. У промисловості виробники в основному використовують літій-кобальт-оксид, літій-марганець, як елементи літієвих батарей [28]. Свинцево-кислотні акумулятори є оборотними, тобто мають здатність накопичувати електричну енергію від зовнішнього джерела струму під час заряджання, зберігати її деякий час і віддавати під час розряджання [27].

Для контролерів серії BlueSolar PWM-Light підходить тільки свинцево-кислотні акумулятори (AGM, гелеві, залиті). Прикладом такого акумулятора є акумулятор мультигелевий LogicPower LPM-MG 12 В- 55 . Він здатен забезпечити LED – лампи електроенергією на протязі більше 8 годин [21].



Рисунок 10 - Акумулятор мультигелевий LogicPower LPM-MG

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

Характеристики акумулятора LogicPower LPM-MG 12V – 55 [21] :

- Зарядна напруга (буферний режим): 13.5-13.8 В
- Зарядна напруга (циклічний режим): 14.7-15.0 В
- Ємність при 20 год. розряді: 56.3 Аг
- Ємність при 10 год. розряді: 55 Аг [21].

Особливості та переваги мультигелевого акумулятора LogicPower [21]:

- Оптимальне рішення для джерел безперебійного живлення
- Тривалий термін служби
- Підвищена енерговіддача
- Можливість монтажу та експлуатації в горизонтальному положенні
- Оптимізовані для роботи в циклічному режимі
- Стійкі до внутрішніх коротких замикань.
- Виключені витоки кислоти, гарантується безпечна експлуатація з іншим обладнанням
- Відсутнє газовиділення, достатньо природної вентиляції, технологія AGM дає змогу рекомбінувати 99% газу, що виділяється
- Низький саморозряд, стійкість до глибоких розрядів
- Немає потреби в контролі рівня та доливання води
- Система внутрішньої рекомбінації газів, немає потреби в обслуговуванні
- Корпус акумулятора виконано з негорючого пластику ABS [21].

5. LED - лампа

Як вже було сказано LED – лампи мають ряд переваг серед яких [4]:

- Пропонують довший термін служби від 50 000 до 100 000 годин роботи
- Виробляють 37-120 люмен/ват від джерела електроенергії
- Менше споживає електроенергію та виділяє менше тепла
- Вимагають меншої частоти обслуговування порівняно зі звичайними

технологіями вуличного освітлення [4].

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 3 – Основні характеристики різних типів ламп

	Luminous efficacy	Average lifetime	Light colour (CTT)	CRI	Notes
Incandescent	12-20 lm/W	1000-1500 h	Warm white (2700-3000 K)	100	Almost phased out because of the very low luminous efficacy.
Halogen	15-33 lm/W	2000-4000 h	White		
Fluorescent	50-92 lm/W	10,000-20,000 h	Cold white	5-82	
High-pressure mercury (HPM)	34-70 lm/W	10,000-20,000 h	Cold/blueish white (2900-4200 K)	45	About 4 minutes needed to switch on and off. Not dimmable. Relatively low luminous efficacy.
Low-pressure sodium (LPS)	68-177 lm/W	16,000 h	Orange monochromatic light (1807 K)		8-15 minutes to reach full power. Not dimmable. Extremely bad colour rendering.
High-pressure sodium (HPS)	59-150 lm/W (average 100-110 lm/W)	12,000-22,000 h	Yellow/orange (2000-2500 K)	7-32	5 minutes to reach full power.
Metal halide (MH)	62-100 lm/W	5000-10,000 h	White (2874-4600 K)	64-100	Higher sensibility to tension fluctuations.
Light emitting diodes (LED)	28-100 lm/W		White (1739-8357 K)	65-100	

Показник, який використовується для опису ефективності різних освітлювальних технологій у генеруванні світла з певною витратою енергії (або, іншими словами, у генеруванні такого самого освітлення з меншою потужністю), називається світловою віддачею та вимірюється в люменах на ват. (лм/Вт). Як видно з таблиці, він суттєво відрізняється між різними технологіями. У той час як використання ламп розжарювання для вуличного освітлення сьогодні є досить обмеженим і скорочується, ртутні лампи, одні з найбільш неефективних, все ще становлять значну частку установок громадського освітлення (наприклад, приблизно третина всіх точок освітлення у Франції). Крім того, люмінесцентні лампи та старі натрієві лампи можуть мати досить низький ККД [3] .

Прикладом такого світильника може бути вуличний LED-світильник Eurosvet SKYHIGH-30-040 [22]



Рисунок 11 - LED-світильник Eurosvet SKYHIGH-30-040

Таблиця 4 – Основні характеристики LED-світильника Eurosvet SKYHIGH-30-040 [22].

Параметр	Велечина
Тип	лампи LED
Потужність	30 Вт
Матеріал основи	Алюміній
Захист	IP65
Світловий потік	2700 Лм

6. Датчик руху

В деяких системах датчики руху можуть бути оснащені безпосередньо у лампу або бути окремим блоком. Прикладом окремого рішення є Sonoff CT60M.

Цей датчик руху призначений для виявлення руху людини. Сенсор ігнорує тварин середнього розміру (до 25 кг). Обробка вхідного сигналу мікропроцесором - забезпечує додаткову перевірку на рух і масу, для виключення помилкових спрацьовувань від тварин, якщо впаде предмет, або кіт пробіжить, датчик не спрацює [23].



Рисунок 12 – Датчик руху Sonoff CT60M

Таблиця 5 – Основні характеристики датчика руху Sonoff CT60M

Параметр	Велечина
Дальність виявлення	до 12 метрів
Кут виявлення	110°
Імунітет від тварин	до 25 кг
Тип установки	Настінне кріплення
Висота установки	2 м - 2,5 м
Частота передачі	433 МГц
Протокол зв'язку	EV1527
Споживання в режимі очікування	8мА
Споживання в режимі тривоги	15 мА
Робоча температура	-10°C - +50°C
Робоча вологість	95%
Розміри	105*57,8*42,8 мм

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Дія електричного струму на людину

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики [25].

Особливості електротравматизму:

- людина не в змозі дистанційно, без спеціальних приладів, визначити наявність електричного струму, а тому його дія раптовою і захисна реакція організму проявляється лише після впливу струму [25];
- струм діє на органи не лише в місцях контакту зі струмопровідними частинами, але як надзвичайно сильний подразник, впливає на весь організм, що призводить до порушення функціонування життєво важливих систем організму: нервової, дихальної, серцево-судинної [25];
- електротравми можливі без дотику людини до струмопровідних частин (внаслідок утворення електричної дуги під час пробією повітряного проміжку між струмопровідними частинами і людиною чи землею) [25].

Відомо, що проходячи через організм людини, електричний струм проявляє термічну, електролітичну і біологічну дію [24].

Дії електричного струму на людину бувають різних видів [25]:

Термічна дія струму виявляється в опіках ділянок тіла, нагріванні до високої температури кровоносних судин, нервових закінчень, серця, мозку, що є причиною серйозних функціональних розладів [25].

Електролітична дія струму виявляється в розкладанні органічної речовини та крові, що призводить до істотних змін їх фізико-хімічного складу [25].

Біологічна дія струму виявляється у подразненні збудливих тканин організму, яке супроводжується мимовільним скороченням м'язів [25].

					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

Електротравми - це важкі локальні пошкодження тканин і органів людини, спричинені електричним струмом або електричною дугою.

До локальних ушкоджень відносяться електричні опіки, електричні знаки, електроофтальмію, механічні ушкодження та металізація шкіри.

До загальних електротравм відноситься електрошок, який руйнує різні групи м'язів і може призвести до конвульсій, зупинки дихання та серцебиття.

Поширеним видом електротравми є електрошок - сильна нервово-рефлекторна реакція організму на ураження електричним струмом, яка спричиняє серйозні пошкодження нервової системи, що призводить до порушення дихання, кровообігу, метаболізму та загальних функцій організму. Цей фізичний стан може тривати від 10 хвилин до доби і може бути зворотним за умови агресивного лікування або призвести до смерті потерпілого.

Фактори, що впливають на наслідки ураження електричним струмом: величина і шлях проходження струму, вид струму, частота, тривалість дії, особисті характеристики і стан людини, умови виробничого середовища.

Характер впливу на організм людини постійного та змінного струму частотою 50 Гц наведено у табл. 6 [24].

Таблиця 6 – Характер впливу струму на людину (шлях струму рука-нога)

Величина струму, мА	Змінний струм частотою 50 Гц	Постійний струм
0,6...1,5	Початок відчуття, легке тремтіння пальців	Відчуття немає
2,0...2,5	Початок больового відчуття	Відчуття немає
5,0...7,0	Початок судом у руках	Сверблячка, відчуття нагріву
8,0...10,0	Судоми в руках, важко, але можна відірватися від електродів	Посилення відчуття нагріву
20,0...25,0	Сильні судоми і біль, утримуючий струм, утруднення дихання	Судоми рук, ускладнене дихання
50,0...80,0	Параліч дихання	Судоми рук, ускладнене дихання

90,0...100,0	Зупинка серця при дії струму протягом 2...3 с., параліч дихання	Параліч дихання при тривалому протіканні струму
300	Теж саме, за менший час	Зупинка серця через 2...3 с, параліч дихання

Через природу своєї дії, струм у 100 мА вважається смертельним.

Людина, яка постраждала від ураження електричним струмом, потребує негайної допомоги. Успіх цієї допомоги залежить від швидкості звільнення потерпілого від дії струму та ефективності вжитих заходів.

Послідовність надання першої допомоги [24]:

- звільнити потерпілого від дії електричного струму;
- оцінити стан потерпілого та визначити тяжкість та характер травми;
- виконати заходи з рятування потерпілого (відновити дихання, зовнішній масаж серця);
- викликати швидку медичну допомогу та підтримувати основні життєві функції потерпілого до прибуття медичного працівника.

Щоб звільнити потерпілого від дії електричного струму, слід негайно вимкнути електрообладнання, до якого він торкається, за допомогою вимикача, рубильника або іншого комутаційного апарату.

Якщо немає ні дихання, ні пульсу, життєдіяльність організму відновлюється штучним шляхом. Якщо є тільки порушення дихання, основним методом допомоги є штучне дихання.

Непрямий масаж серця і штучне дихання проводять до тих пір, поки у потерпілого не відновиться дихання і серцебиття. Ознакою того, що серцебиття відновилося, є поява пульсу у постраждалого.

4.2. Утилізація відпрацьованих сонячних панелей та акумуляторів.

Міжнародне агентство з відновлювальних джерел енергії прогнозує, що до 2050 року у світі накопичиться до 78 мільйонів метричних

тонн відпрацьованих сонячних панелей. На сьогодні 90% всіх встановлених сонячних модулів зроблено на основі кремнію [26].

Для вторинного використання з панелі зазвичай береться лише переднє скло як склобій, алюміній з рами та мідь з кабелю. Ці компоненти складають 84,6% від загальної ваги модуля, але лише 34,3% видобутого матеріалу з 60-коміркового алюмінієвого модуля забезпечують потенційний прибуток [26].

Дослідження можливостей утилізації кремнієвих модулів ведеться у трьох напрямках [26]:

- Повторне використання модуля
- Вилучення компонентів (аналогічно поточним комерційним процесам)
- Видобуток всього можливого матеріалу для повторного використання

Повторне використання прострочених сонячних панелей - це швидкий і простий процес, який вимагає лише очищення, візуального огляду та тесту на придатність панелей до використання. Якщо все йде добре, ці використані модулі можна перепродати. Але, звичайно, з часом вони перестануть функціонувати, і їх все одно потрібно буде утилізувати.

Якщо переробка сонячних модулів не почнеться в цьому десятилітті, це може призвести до екологічного колапсу через 20 років. Окрім нешкідливих алюмінію та кремнію, модулі також містять кілька токсичних сполук. Наразі переробці підлягає близько 80% усіх матеріалів, але в майбутньому цілком реальними будуть показники переробки до 99%.

На відміну від звичайних продуктів, несправна батарея - це не просто відходи, а небезпечні відходи. Іншими словами, це відходи, які становлять або можуть становити значний ризик для довкілля та здоров'я людей.

Переробка відходів, до складу яких входять елементи, які можуть завдати серйозної шкоди навколишньому середовищу та забруднювати його, залежить від якості впроваджених рішень. Утилізація старих використаних батарей наймовірно позитивно впливає на екологічну та економічну ситуацію. На сьогоднішній день багато країн Європи законодавчо заборонили викидати

використані батарейки в сміттєві баки через негативну шкоду навколишньому середовищу [27].

Якщо літій-іонні батареї утилізувати звичайними методами утилізації відходів (наприклад, на звалище, спалювання, компостування), відбудеться забруднення металами, органічними речовинами і пилом, що містяться в батареях, такими як кобальт, нікель, літій і марганець, а також різними органічними і неорганічними сполуками.

Наразі відходи переробка літій-іонних акумуляторів переробку та утилізацію можна умовно розділити на чотири етапи: переробка, попередня обробка, відокремлення активних матеріалів та повторне використання активних матеріалів батареї; серед яких Процеси переробки та попередньої обробки в основному однакові [28].

Усі частини свинцевмісних акумуляторів і використаних акумуляторів підлягають переробці, причому цей процес обов'язково включає збір акумуляторів, які відпрацювали відведений термін служби, транспортування на підприємство, яке здійснює таку переробку, а також розділення компонентів акумулятора з подальшим розплавлення свинцевих елементів і очищення[27].

Основними етапами переробки використаних батарей і свинцевмісних батарей є злив електроліту, розділення акумуляторних батарей на компоненти, аналіз свинцевих компонентів, спалювання або утилізація пластикових і ебонітових відходів, транспортування розібраних батарей. на плавильний цех, плавлення та очищення, збір і транспортування акумуляторних батарей [27].

Електроліт є найбільш забруднюючою речовиною в використаних батареях, тому однією з цілей обробки використаних батарей є нешкідлива обробка електроліту в використаних батареях; сучасний метод обробки електролітів у використаних батареях в основному включає: механічний метод, метод екстракції тощо [28].

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В роботі проаналізовано специфіку зовнішнього вуличного освітлення на основі фотоелектричних систем та задачі які вирішуються такими системами. Встановлено, що витрати на освітлення вулиць в населених пунктах середнього та великого розміру складають значну від усіх муніципальних витрат на електроенергію. Знизити витрати на зовнішнє освітлення можна використовуючи енергоефективні світильники на основі сонячних джерел енергії. Потенціал сучасних фотоелектричних систем та досягнення в сфері напівпровідникових джерел світла дозволяють вирішувати такі задачі.

Автором розроблено систему зовнішнього вуличного освітлення, що включає в себе застосування енергоефективних джерел світла (LED технологія), системи автономної генерації енергії та автоматичний контроль і керування освітленням.

Запропонована система визначається як автономна функції входить автономне вироблення енергії з її подальшим збереженням та використанням для освітлення. Також в таку систему включені система автоматичного регулювання положення панелі, та системи для визначення часу увімкнення та вимкнення за необхідністю.

Для забезпечення високих енергетичних показників систему обладнано акумулятором, контролером заряду та датчиком руху.

В роботі розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, а саме дію електричного струму на людину та першу допомогу при електротравмах. Також робота включає методи утилізації та переробки відпрацьованих батарей та сонячних панелей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A Review of Solar Photovoltaic Technologies /International Journal of Engineering and Research / E. Kenu , 2020 – 9 с.
2. A review of solar hybrid photovoltaic-thermal (PV-T) collectors and systems. Progress in Energy and Combustion Science./ M. Herrando , K. Wang , G. Huang , T. Otanicar , 2023 – 74 с.
3. Implementing energy-efficient street lighting [Електрон. ресурс]/Режим доступу: <https://greenbestpractice.jrc.ec.europa.eu/print/pdf/node/378>
4. Smart City: Recent Advances in Intelligent Street Lighting Systems Based on IoT [Електрон. ресурс]/ Режим доступу: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2022/5249187>
5. Енергоменеджмент та енергоаудит / М.О. Лендшел , В.П. Іваницький , А.Ю. Гичка , 2021 – 56 с.
6. Renewable Energy in Ukraine: A Solution for European Energy Security and for Shifting the EU GND Eastward [Електрон. ресурс]/ Режим доступу: <https://www.globsec.org/what-we-do/publications/renewable-energy-ukraine-solution-european-energy-security-and-shifting-eu>
7. Наумов А.В., Плеханов С.І. Розвиток сонячної енергетики на основі тонкоплівкових CIGS-елементів. – М.: Енергія: економіка, техніка, екологія. - № 7, 2013. – 14 с.
8. Photovoltaic Systems Engineering / R. A. Messenger, A. Abtahi , 2017 – 504 с.
9. Performance advantages of two-axis tracking for large flat-plate photovoltaic energy systems. / Conf. Rec. IEEE Photovoltaic Spec. Conf 16 / Gay , Wilson , Yerkes ,1982. – 69-73 с.
10. Вуличне освітлення за допомогою високоефективної та економічної серії світлодіодних світильників [Електрон. ресурс]/ Режим доступу: <https://ua.schreder.com/uk/produktsiya/avento-led-vulychnyy-svitylnyk>

11. Принципи роботи контролера заряду для сонячної батареї [Електрон. ресурс]/ Режим доступу: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull-info/articles/398-printsipy-raboty-kontrollera-zaryada-dlya-solnechnoj-batarei>
12. Датчики руху: принцип роботи та можливості [Електрон. ресурс]/ Режим доступу: https://svetum.com.ua/ua/blog/sovety-pokupatelyam/datchiki-dvizheniya-printsip-raboty-i-vozmozhnosti-/?srsltid=AfmBOOpWt2J5-jwPC4p5AGf_MsB3aou_-OrzWjIjQ4zSfs-duOQBLzy4
13. Як працює автономне вуличне освітлення на сонячних батареях [Електрон. ресурс]/ Режим доступу: <https://svetum.com.ua/ua/blog/sovety-pokupatelyam/kak-rabotaet-avtonomnoe-ulichnoe-osveshchenie-na-solnechnykh-batareyakh/>
14. Ефективність сонячних панелей в Україні [Електрон. ресурс]/ Режим доступу: <https://ua.setevoe.com.ua/efektivnist-sonyachnih-panelej-v-ukrayini.html>
15. Сонячна панель AXIOMA energy AX-150P [Електрон. ресурс]/ Режим доступу: https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-panels/axiomaenergy_ax-150p?srsltid=AfmBOorZJAEsvIUqj4yQLn2k7TZwROiUFm6U2c6-LmUz-dZyNRgehzn
16. Sun Tracking Mechanism Effects on Flat Plate Photovoltaic System Performances for Different Step Time and Main Parameters Affecting the Obtained Gains: Case of North Africa and Mediterranean Site / Energy Procedia /
М. Koussa , М. Haddadi , D. Saheb , А. Malek , 2012 – 817-838 с.
17. Сонячний трекер ST1000 [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://vaulttec.org.ua/ua/p2069611583-solnechnyj-treker-st1000.html>
18. An active solar tracking system. / HomeBrew Magazine / Damm J. , 1990. – 96 с.
19. Контролер заряду сонячних батарей [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://trueelectro.com.ua/2019/02/12/how-to-choose-solar-charge-controller/>

20. Сонячний контролер заряду BlueSolar PWM-Light 12/24V-10A [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://i-energy.com.ua/ua/p1370126595-solnechnyj-kontroller-zaryada.html>
21. Акумулятор мультигелевий LogicPower LPM-MG 12 - 55 АН [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://eco-system.com.ua/uk/akkumulyator-multigelevyi-logicpower-lpm-mg-12-55-ah-emkost-55-ah-12-v.html>
22. Вуличний LED-світильник Eurosvet SKYHIGH-30-040 [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://eco-system.com.ua/uk/eurosvet-000039351.html>
23. Датчик руху Sonoff CT60M [Електрон. ресурс] / Режим доступу: https://diyshop.com.ua/en/besprovodnoj-wifi-datchik-dvizheniya-sonoff-ct60m-s-immunitetom-k-zhivotnym-pir-detector?srsId=AfmBOooA3r9Y4wD-vPu4QBc2AxArdAfnE4f_CjnnY2zR56mFYaBF9LOy
24. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
25. Електробезпека [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://pidru4niki.com/92796/bzhd/elektrobezpeka?>
26. Утилізація чи переробка? Що чекає відпрацьовані сонячні панелі в майбутньому [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://solarity.eu/ua/blog/what-is-the-situation-regarding-silicon-based-solar-panel-recycling/>
27. Розробка системи утилізації відпрацьованих батарейок та свинцевих акумуляторів: оцінка економічного ефекту з мінімізацією шкоди довкіллю / І.А. Дмитрієв, І.Ю. Шевченко, В.М. Кудрявцев, О.М. Шершенюк, Н.В. Прокопенко / Наукові горизонти, Том 25, № 3, 2022 – 98-104 с.
28. Вступ до технології утилізації та переробки використаних літієвих батарейок [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://www.huntkeyenergystorage.com/uk/used-lithium-batteries/>

СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ

1. Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення;
2. Аналіз технічних заходів і рішень, що спрямовані на підвищення енергоефективності систем зовнішнього освітлення міста;
3. Структура та функціональна схема системи зовнішнього вуличного освітлення з використанням в якості джерела енергії сонячних панелей;
4. Освітлювальний модуль на базі сонячної палелі.

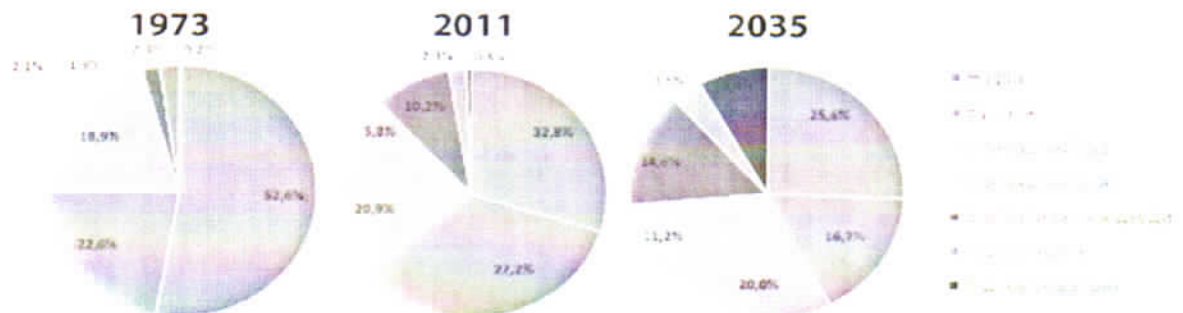
					7.141.190039.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

ДОДАТОК А
Графічні роботи

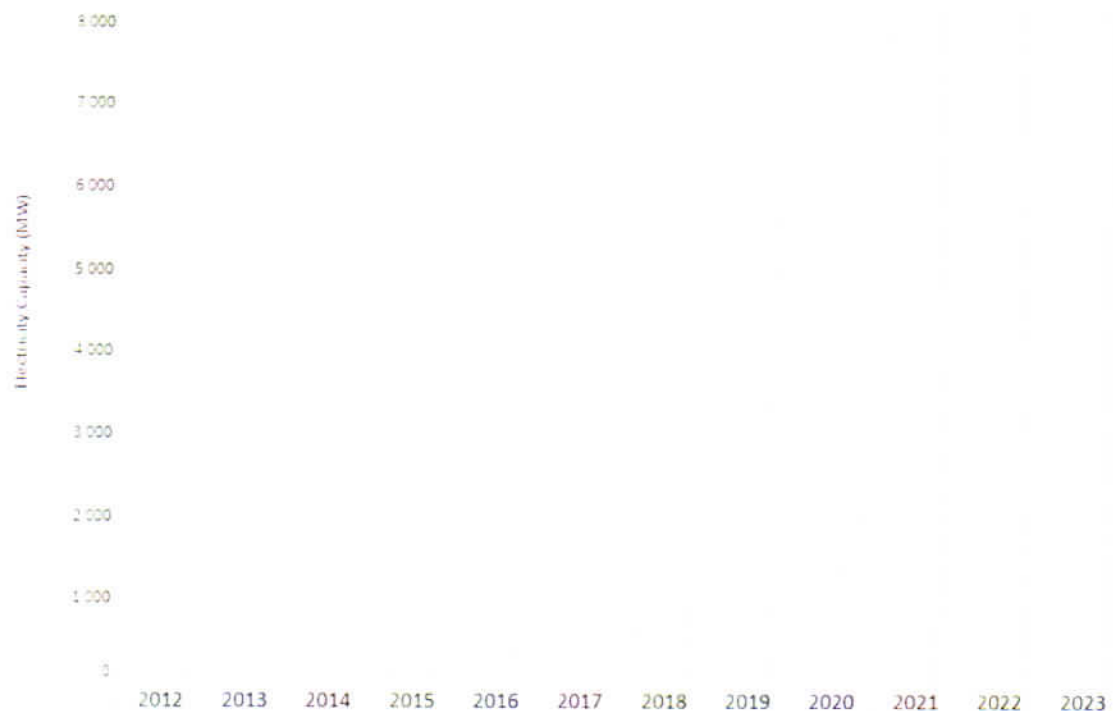
					7.141.190039.ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення

Структура енергетичних ресурсів України



Розвиток виробництва сонячної енергії в Україні

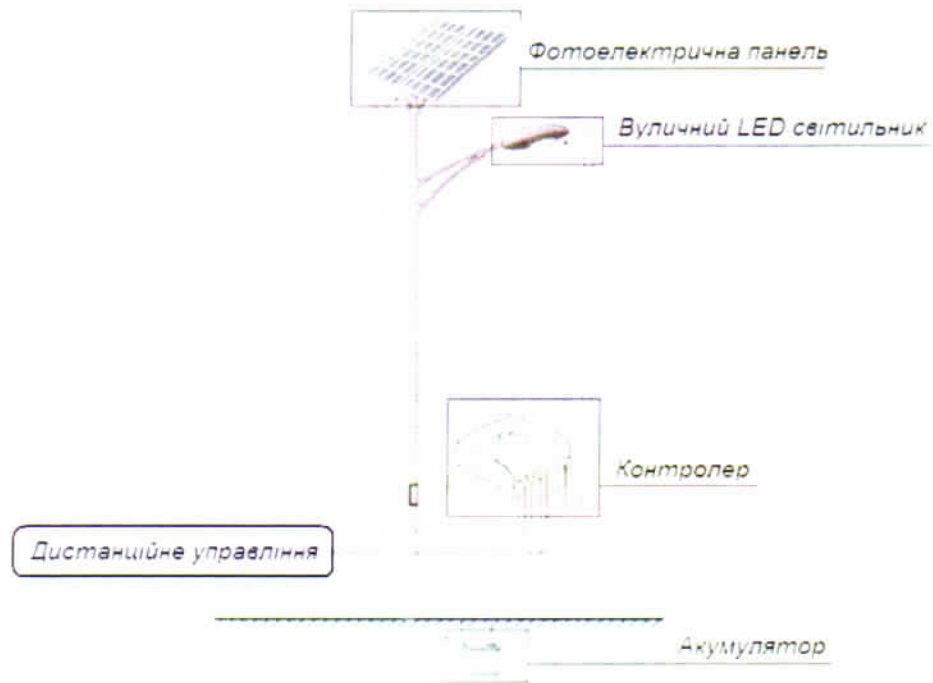


Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення					Літ.		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Арк.		
Зав.кафедри	Муха А.М.				Аркушів		
Н.Контр.	Карзова О.О.				55		
Осн.керів	Устименко Д.В.	13.01.25			62		
Розробив	Гук Я.Г.	22.01.25			Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321		

Дотаток А
7.141.190039.ПЗ

Аналіз технічних заходів і рішень, що спрямовані на підвищення енергоефективності систем зовнішнього освітлення міста

Обладнання фотоелектричної системи освітлення



Система автономного зовнішнього освітлення з інвертором та додатковим обладнанням



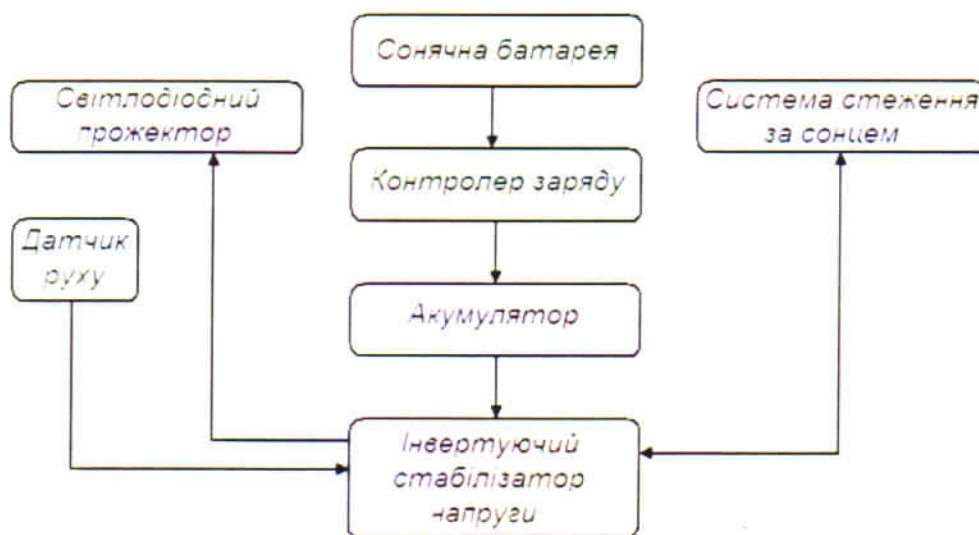
Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення							
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Зав.кафедри	Муха А.М.			13.01.25		56	62
Н.Контр.	Карзова О.О.			13.01.25	Дотаток А 7.141.190039.ПЗ		
Осн.керів	Устименко Д.В.	13.01.25		13.01.25			
Розробив	Гук Я.Г.	09.01.25		13.01.25	Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321		

Структура та функціональна схема системи зовнішнього вуличного освітлення з використанням в якості джерела енергії сонячних панелей

Структурна схема системи автономного зовнішнього освітлення на фотоелектричних перетворювачах



Функціональна схема системи автономного зовнішнього освітлення на фотоелектричних перетворювачах



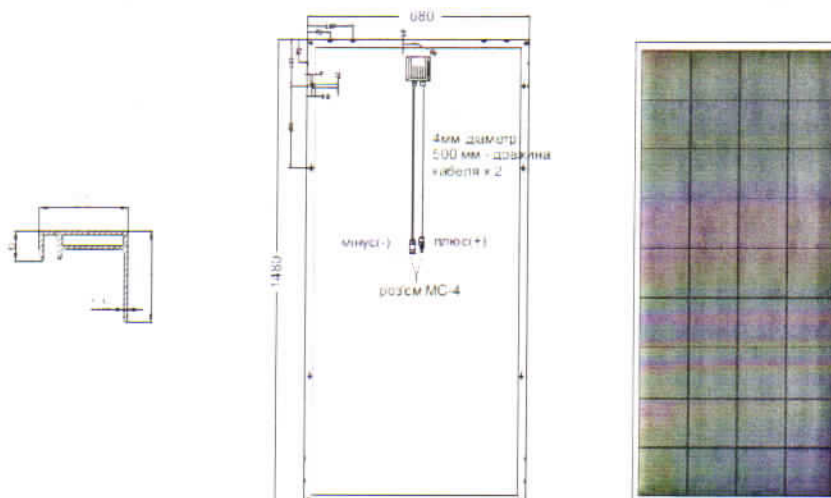
Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення							
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Зав.кафедри	Муха А.М.			13.01.25		57	62
Н.Контр.	Карзова О.О.			13.01.25			
Осн.керів	Устименко Д.В.	11.01.25		13.01.25			
Розробив	Гук Я.Г.	09.01.25		13.01.25			

Дотаток А
7.141.190039.ПЗ

Український державний
університет науки і технологій
група ЕЕ 2321

Освітлювальний модуль на базі сонячної палелі

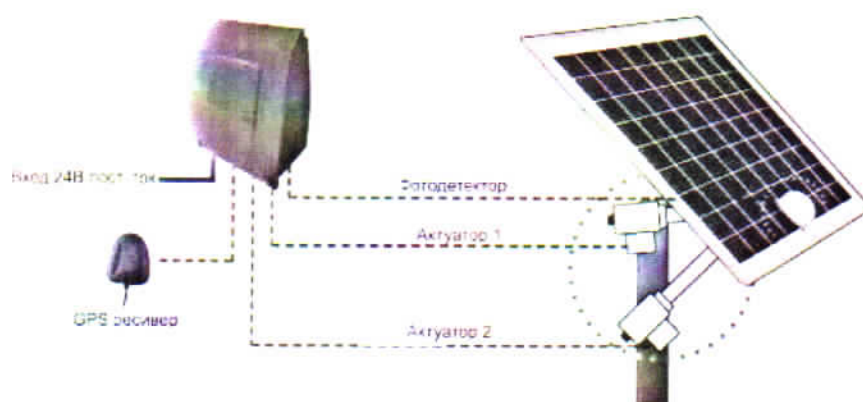
Сонячна панель AXIOMA AX-150P



Технічні характеристики AXIOMA AX-150P

Параметр	Велечина
Потужність, Вт:	150
Напруга при макс. потужності, В:	18.3
Струм при макс. потужності, А:	8.20
Струм короткого замикання, А:	8.81
Напруга холостого ходу, В:	22.3
Запас потужності, Вт:	0...+3
Робоча температура, °С:	-40...+85
Габарити, Д*Ш*Т, мм:	1480x680x30
Вага, кг:	11

Сонячний трекер ST1000



Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення

Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Зав.кафедри	Муха А.М.			13.01.25	Дотаток А 7.141.190039.ПЗ		
Н.Контр.	Карзова О.О.			13.01.25			
Осн.керів	Устименко Д.В.			13.01.25			
Розробив	Гук Я.Г.			22.01.25			
					Літ.	Арк.	Аркушів
						58	62
					Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321		

Характеристики трекера ST1000

Напруга	до 1400 Вт
Кут повороту	180 градусів
Площини обертання	2
Збільшення вироблення потужності	до 40%
Споживає макс струм	2А
Проведений макс струм	10А
Робоча напруга	12 В / 24 В /36 В / 48 В
Робоча температура	від -40 до + 60 °С
Власне споживання	незначне
Оснащений світло-датчиком	
Розміри	1500x1000x40

Контролер заряду BlueSolar PWM-Light



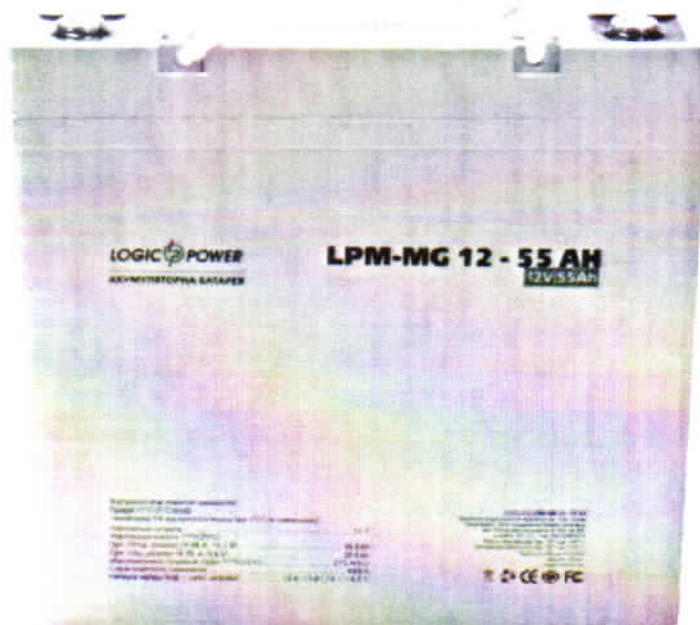
Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення					Літ.		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		Арк.	Аркушів
Зав.кафедри	Муха А.М.					59	62
Н.Контр.	Карзова О.О.				Дотаток А 7.141.190039.ПЗ		
Осн.керів	Устименко Д.В.	13.01.25					
Розробив	Гук Я.Г.	09.01.25					
					Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321		

Технічні характеристики BlueSolar PWM-Light

Параметр	Велечина
Напруга батареї (В)	12/24В з автоматичним визначенням напруги мережі
Номинальний струм заряду(А)	10
Автоматичне відключення	Так
Максимальна напруга сонячної мережі	28 / 55 В
Автономне споживання	< 10 мА
Вихід для навантажень	Ручне управління + відключення за низ. напруги
Захист від перевантаження	Вимкнення через 60 сек. при навантаженні 130% Відключення через 5 сек. при навантаженні 160% Коротке замикання: миттєве відключення
Заземлення	Загальне позитивне
Напруга «абсорбційного» заряду	14,2 В / 28,4 В
Напруга 'плаваючий' заряду	13,8 В / 27,6 В
Відключення навантаження при низькій напрузі	11,2 В / 22,4 В
Підключення раніше відключення навантаження	12,6 В / 25,2 В (вручну) В 13,1 / 26,2 В (авто)
Захист	Зворотній полярності батареї (запобіжник) / Коротке замикання на виході / Перегрів
Робоча температура	-20°C...+50°C
Вага (кг)	0,15
Розміри (В x Ш x Г в мм)	70x133x33,5

Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення							
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Зав.кафедри	Муха А.М.			13.01.25		60	62
Н.Контр.	Карзова О.О.			13.01.25	Дотаток А 7.141.190039.ПЗ Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321		
Осн.керів	Устименко Д.В.			13.01.25			
Розробив	Гук Я.Г.			13.01.25			

Акумулятор мультигелевий LogicPower LPM-MG



Характеристики акумулятора LogicPower LPM-MG 12V – 55 :

- Зарядна напруга (буферний режим): 13.5-13.8 В
- Зарядна напруга (циклічний режим): 14.7-15.0 В
- Ємність при 20 год. розряді: 56.3 Аг
- Ємність при 10 год. розряді: 55 Аг [21].

					Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення								
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата									
					Дотаток А 7.141.190039.ПЗ					Літ.	Арк.	Аркушів	
Зав.кафедри	Муха А.М.			13.01.25								61	62
Н.Контр.	Карзова О.О.												
Осн.керів	Устименко Д.В.		13.01.25										
Розробив	Гук Я.Г.		03.01.25										
					Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321								

Параметр	Велечина
Тип	лампи LED
Потужність	30 Вт
Матеріал основи	Алюміній
Захист	IP65
Світловий потік	2700 Лм

					Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення				
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		Літ.	Арк.	Аркушів	
					Дотаток А 7.141.190039.ПЗ		62	62	
Зав.кафедри	Муха А.М.					Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321			
Н.Контр.	Карзова О.О.								
Осн.керів	Устименко Д.В.	13.01.25							
Розробив	Гук Я.Г.	09.01.25							

Датчик руху Sonoff CT60M



Основні характеристики датчика руху Sonoff CT60M

Параметр	Велечина
Дальність виявлення	до 12 метрів
Кут виявлення	110°
Імунітет від тварин	до 25 кг
Тип установки	Настінне кріплення
Висота установки	2 м - 2,5 м
Частота передачі	433 МГц
Протокол зв'язку	EV1527
Споживання в режимі очікування	8мА
Споживання в режимі тривоги	15 мА
Робоча температура	-10°C - +50°C
Робоча вологість	95%
Розміри	105*57,8*42,8 мм

Сучасні тенденції в створенні енергоефективних та екологічних систем зовнішнього освітлення							
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Зав.кафедри	Муха А.М.			13.01		63	62
Н.Контр.	Карзова О.О.			13.01			
Осн.керів	Устименко Д.В.	13.01.25					
Розробив	Гук Я.Г.	09.01.25					
Дотаток А 7.141.190039.ПЗ					Український державний університет науки і технологій група ЕЕ 2321		