

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

Горський Вадим Вікторович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Аналіз та обґрунтування використання відновлювальних джерел енергії для
живлення систем освітлення в сільському господарстві
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Горський В. В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Фомін Миколаа Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

к.т.н., доцент кафедри прикладної та
вищої математики

(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Горський В. В. Аналіз та обґрунтування використання відновлювальних джерел енергії для живлення систем освітлення в сільському господарстві 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Мета роботи - підвищити енергоефективності сільськогосподарських електроосвітлювальних установок шляхом використання світлодіодів та відновлюваних джерел енергії.

Проведений аналіз вітчизняних і світових тенденцій розвитку електричного освітлення і обґрунтувати принципи побудови енергоефективних освітлювальних установок з урахуванням специфічних особливостей сільського господарства;

Ключові слова: освітлення, енергоефективність, освітлювальна установка.

ABSTRACT

Horsky V. V. Analysis and justification of the use of renewable energy sources for powering lighting systems in agriculture 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The purpose of the work is to increase the energy efficiency of agricultural electric lighting installations by using LEDs and renewable energy sources.

Conducted an analysis of domestic and global trends in the development of electric lighting and substantiated the principles of building energy-efficient lighting installations taking into account the specific features of agriculture;

Keywords: lighting, energy efficiency, lighting installation.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 4 |
| РОЗДІЛ 1. НАПРЯМИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ | 7 |
| 1.1 Напрями підвищення енергоефективності освітлення в сільському господарстві | 9 |
| 1.2 Перспективи використання поновлюваних джерел енергії для живлення систем освітлення на селі | 17 |
| Висновки по розділу 1 | 22 |
| РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРООСВІТЧЕННЯ З АВТОНОМНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЖИВЛЕННЯ | 23 |
| 2.1 Принцип побудови автономного вуличного світильника | 23 |
| Висновки по розділу 2 | 29 |
| РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ВУЛИЧНОГО СВІТИЛЬНИКА | 30 |
| 3.1 Оцінка очікуваної вироблення електроенергії на сонячному електрогенеруючому перетворювачі вуличного світильника | 30 |
| 3.2 Оцінка очікуваного вироблення електроенергії на вітрогенеруючому перетворювачі вуличного світильника | 34 |
| 3.3 Структурна схема вітросонячного автономного освітлювального приладу | 36 |
| Висновки по розділу 3 | 37 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 38 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 39 |

ВСТУП

Актуальність теми кваліфікаційної роботи. В даний час наростають проблеми в електроенергетиці, викликані постійним зростанням цін на органічне паливо, складною ситуацією навколо атомних електростанцій і супутніх їм об'єктів атомної енергетики. Після аварії на АЕС «Фукусіма 1» (Японія) у різних країнах пройшли численні протести населення проти зведення нових атомних електростанцій. Величезні масштаби забруднення навколишнього середовища тепловими електростанціями, що супроводжуються великими обсягами шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, і парникових газів .

У зв'язку з цим у світі збільшується вироблення електроенергії від екологічно чистих відновлюваних джерел енергії, незважаючи на їхню велику собівартість у порівнянні з традиційними джерелами .

Водночас частка електроенергії, що витрачається на організацію освітлення у місцях проживання людини, у різних країнах становить 13–20% від загального обсягу її виробництва. Вартість електроенергії для цілей освітлення є значною статтею видатків у бюджетах сільських муніципальних утворень та однією з важливих турбот їх адміністрацій . Глибокі кризові явища в енергетиці, промисловості, фінансових сферах призводять до постійного зростання тарифів на електроенергію а також до збільшення витрат на матеріали та послуги у сфері електроосвітлення . Висока матеріаломісткість та низька надійність традиційних систем освітлення також призводять до зростання експлуатаційних витрат. Все це, зрештою призводить до скорочення кількості освітлювальних приладів вуличного освітлення аж до повної відмови від вуличного освітлення в нічний час, що ми вже спостерігаємо в наших селах.

Для зниження енерговитрат у виробництві та соціальній сфері в Україні принята низка законів та постанов щодо енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності . Ряд статей зазначених документів передбачає поетапне зниження витрат електроенергії на освітлення шляхом відмови від

традиційних ламп розжарювання та переходу на енергозберігаючі джерела світла із залученням відновлюваних джерел енергії. Також рядом положень зазначених законів передбачає зниження споживання електроенергії на освітлення шляхом впровадження енергозберігаючих освітлювальних систем у виробництві та у побуті, у тому числі і на селі.

У зв'язку з цим актуальність даної роботи полягає в необхідності розробки нових освітлювальних приладів з більш доскональшими характеристиками енергетичної ефективності.

Мета роботи - підвищити енергоефективності сільськогосподарських електроосвітлювальних установок шляхом використання світлодіодів та відновлюваних джерел енергії.

Завдання досліджень:

- провести аналіз вітчизняних і світових тенденцій розвитку електричного освітлення і обґрунтувати принципи побудови енергоефективних освітлювальних установок з урахуванням специфічних особливостей сільського господарства;

- розробити та обґрунтувати конструктивно-технологічну схему автономного освітлювального приладу для сільської місцевості з використанням відновлюваних джерел енергії.

Методологія та методи дослідження. У роботі використано загальнонаукові методи дослідження: метод статистичного аналізу та узагальнення технічних результатів, математичного моделювання.

Перелік публікацій автора за темою дослідження :

Фомін М. П., Гурський В. В. НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТЛЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Матеріали VII Міжнародна науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи» 15-17 листопада 2024 року. Житомир: Поліський національний університет, 2024.- С 47-49.

Фомін М. П., Гурський В. В. ПРИНЦИП ПОВБУДОВИ
АВТОНОМНОГО ВУЛИЧНОГО СВІТИЛЬНИКА

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інженерні процеси та системи» 14-15 червня 2024 року. Житомир: Поліський національний університет, 2024.- С 47-51.

Гурський В. В. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАНИХ
ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ НА СЕЛІ

Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «СТУДЕНТСЬКІ ЧИТАННЯ – 2024» 25 жовтня 2023 року. Житомир: Поліський національний університет, 2024.- С 72-73.

РОЗДІЛ 1

НАПРЯМИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

В даний час спостерігається бурхливе зростання систем зовнішнього освітлення у всьому світі. У регіонах України адміністрації уділяють все більшу увагу розробці стратегії розвитку зовнішнього освітлення, виділяючи великі фінансові засоби на його організацію [2].

Широкий часовий діапазон діяльності у сільгоспвиробництві по добам вимагає організації високоефективного освітлення як з точки зору забезпечення високих світлотехнічних характеристик, так і мінімізації витрат на його створення і експлуатацію.

Відповідно до класифікації [2], у випадку при виборі напрямки стратегії розвитку освітлення використовується 5 критеріїв:

1. Забезпечення нормальних зорових умов необхідного рівня ос- речовини об'єкта визначається нормативними документами в залежності від розряду зорової роботи, характеристик об'єкта, часу діб і астрономічної широти його розташування [5]. Електричне освітлення в Україні регламентується як державними, так і регіональними нормами і правилами. У даний час в нашої країні діє ДБН В 2.5–28- 2006 «Природне і штучне освітлення» [1]. У країнах Євросоюзу застосовується міжнародний стандарт ISO 8995.

2. Забезпечення безпеки, тобто. зниження ДТП та протиправних явищ в темний час діб [1,5].

3. Естетичність - задоволення естетичних запитів товариства.

4. Виконання суспільної функції, тобто. створення гармонійної світлового середовища.

5. Забезпечення економічної ефективності, тобто. мінімізація капітальних і експлуатаційних витрат на систему зовнішнього освітлення.

У більшості випадків економічний критерій є вирішальним фактором споживача. Витрати на організацію вуличного освітлення в основному

складаються з двох складових:

- витрати на створення системи вуличного освітлення, що включають проектно-вишукувальні роботи, вартість обладнання, будівельно-монтажних та пуско-налагоджувальних робіт;

- експлуатаційні витрати, що включають витрати на оплату покупної мережевої електроенергії та проведення профілактичного обслуговування та ремонту обладнання системи вуличного освітлення. Зазначені витрати складають 40% всіх витрат муніципалітетів на експлуатацію різного електротехнічного обладнання [8].

Витрати на електроенергію, вироблену з метою освітлення, стрімко зростають, у тому числі і на селі. У таблиці 1.1 наведено дані про споживання електроенергії сільгоспспоживачами за період з 2008 по 2012 мм [16].

Таблиця 1.1- Споживання електроенергії сільськогосподарськими споживачами України

| Найменування груп споживачів | Споживання електроенергії, тис. кВт·год | | | | |
|------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Сільгоспвиробництво | 340 132 | 334 531 | 318 686 | 183 341 | 178 990 |
| Сільське населення | 332 755 | 346 007 | 376 283 | 391 985 | 425 553 |
| Сільські муніципальні освіти | 102 020 | 96508 | 94 606 | 198 359 | 187 967 |
| Усього | 784 898 | 779 055 | 791 540 | 775 696 | 794 522 |

Динаміку споживання електроенергії можна простежити на графіках, представлених на рисунку 1.1.

Як випливає з наведених даних, споживання електроенергії на селі залишається практично незмінним вже досить тривалий період. При цьому спостерігається стійке зростання споживання електроенергії сільським населенням і зниження електроспоживання с/г виробництвом.

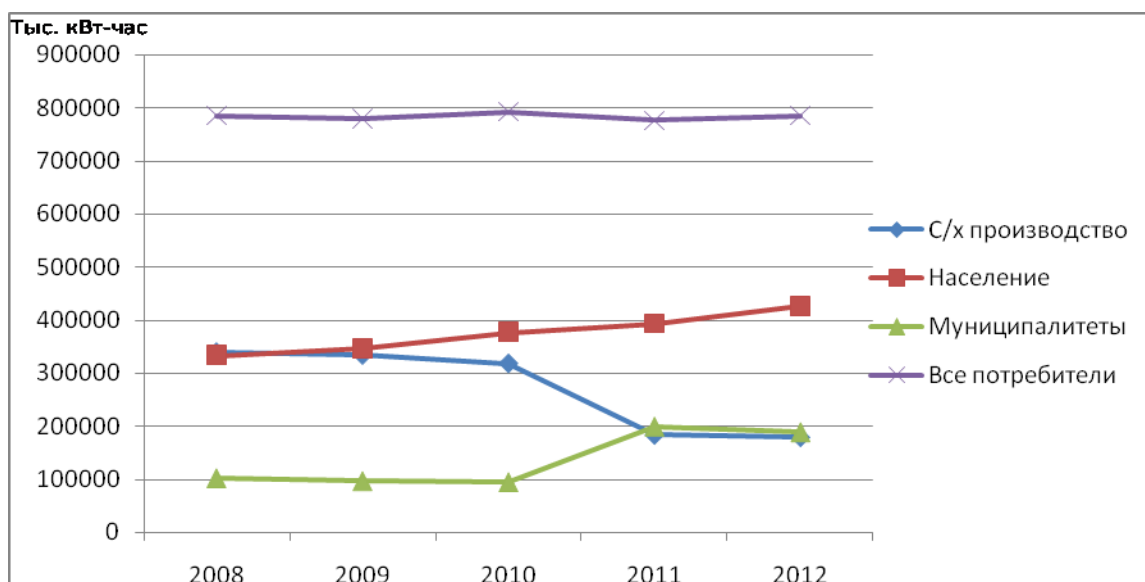


Рисунок 1.1 Динаміка споживання електроенергії на селі

Водночас витрати на оплату покупної електроенергії на селі зростають, і пов'язано це насамперед із безперервним зростанням тарифів на неї. При цьому зростання тарифів на електроенергію майже вдвічі перевищує інфляцію

1.1 Напрями підвищення енергоефективності освітлення в сільському господарстві

Енергетична ефективність освітлювального приладу у значній ступені залежить від встановленого в ньому джерела світла та стану світлотехнічної арматури світильника. Підвищення енергетичної ефективності освітлювального приладу і, як наслідок, забезпечення енергозбереження мають ряд напрямів [4,5].

Найпростіший спосіб організації енергозбереження – це перехід у вуличному освітленні від ламп розжарювання та дугових ртутних ламп (ДРЛ) на дугові натрієві лампи типу ДНаТ та ДНаО. Внаслідок такої заміни середня потужність одного світильника зовнішнього освітлення знижується більш ніж на 20%. При цьому світловіддача залишається на колишньому рівні або навіть підвищується. У сільському побуті і в сільгоспвиробництві при проведенні заходів по енергозбереженню у світильниках загального освітлення замінюють лампи накалювання на енергозберігаючі.

Світлотехнічні характеристики різних джерел світла представлені в таблиці 1.2 [8].

Таблиця 1.2- Світлотехнічні характеристики джерел світла

| Тип джереласвітла | Середній термін служби, тис. год | Індекс кольоропередачі, Ra | Світлова віддача, лм/Вт | Питома світлова енергія, що виробляється за термін служби (Середнє значення), млн. Вт·час |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|---|
| Лампи розжарювання (ЛН) | 1 | 100 | 8-17 | 0,013 |
| Люмінесцентні лампи (ЛЛ) | 10-20 | 57-92 | 48-104 | 1,140 |
| Компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) | 5-15 | 80-85 | 65-87 | 0,780 |
| Дугові ртутні лампи (ДРЛ) | 12-24 | 40-57 | 19-63 | 0,738 |
| Натрієві лампи високого тиску(НЛВС) | 10-28 | 21-60 | 66-150 | 2,050 |
| Металогалогенні лампи (МГЛ) | 3,5-20 | 65-93 | 68-105 | 1,020 |

Вибір джерела світла обумовлений, перш за все, вимогами економічної міцності освітлювальної установки і правильною кольоропередачі. Витрати на експлуатацію того чи іншого джерела світла визначаються його вартістю та терміном служби (Таблиця 1.3).

Як впливає з наведеної таблиці, існує значний розкид експлуатаційних характеристиках та цінах для різних джерел світла. Питома вартість над повною мірою відбиває витрати споживача на організацію освітлення, тому для точнішої оцінки різних джерел світла у цій роботі введено новий показник – комплексний критерій, що враховує витрати на покупну електроенергію, витрати на обслуговування джерел світла та ін. Крім того, люмінесцентні ртутні лампи представляють екологічно небезпечний об'єкт та їх заміна на металогалогенові лампи або світлодіодні джерела світла істотно зменшує цю небезпеку. [5,10]. У таблиці 1.4 наведено експлуатаційні характеристики тимчасових джерел світла.

Таблиця 1.4- Експлуатаційні характеристики джерел світла

| Джерела світла | Споживана потужність,Вт | Створений світловий потік, лм | Парковий термін служби, година | Середня ціна, грн. /шт. | Питома вартість, грн/лм |
|---------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Світлодіодна лампа | 7 | 950 | 50 000 | 400 | 0,421 |
| Лампа розжарювання | 100 | 1080 | 1000 | 12 | 0,011 |
| Люмінесцентна лампа | 40 | 3000 | 10 000 | 60 | 0.02 |
| ДРЛ | 125 | 6000 | 8000 | 350 | 0,058 |
| ДНАТ | 100 | 9200 | 8000 | 450 | 0,048 |

Швидке розвиток напівпровідникових технологій і оптоелектроніки призвело до створення приладів, в яких реалізуються нові принципи генерації світла на основі світловипромінюючих діодів [3,4, 11].

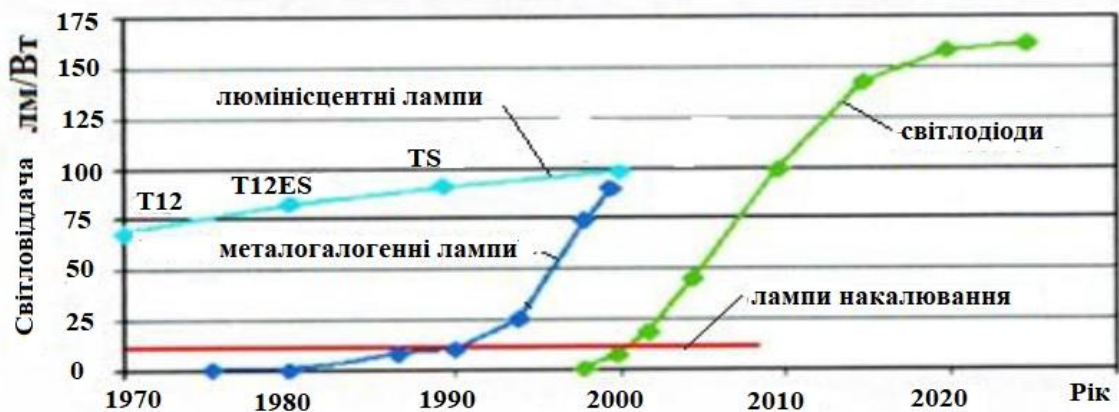


Рисунок 1.3 Прогноз зміни характеристик джерел світла

Поява настільки ефективного джерела світла, як світлодіод, приведе найближчими роками до радикальної зміни ситуації в організації освітлення на сільських територіях і в сільгоспвиробництві.

Частина сільгосппродукції виготовляється в умовах регульованого клімату, зокрема у теплицях, де крім підтримки температурних режимів необхідно забезпечувати відповідні умови для фотосинтезу. Фотосинтез є основою життєдіяльності рослин, у тому числі і вирощуваних у штучних кліматичних умовах.

Режими освітленості рослин, що забезпечують процеси фотосинтезу,

повинні бути відтворені в теплиці максимально наближеними до освітленості на відкритому ґрунті. А це суттєво енерговитратна електротехнології. Тому завдання організації енергоефективного освітлення теплиці розпадається на ряд самостійних складових, а саме:

1. Спектральний склад випромінювання тепличних джерел світла має бути максимально наближений до спектру сонячного випромінювання.

2. Освітлювальні прилади повинні споживати мінімальну кількість електроенергії, тобто. мати найвищу світловіддачу.

3. В освітлювальних мережах теплиці має бути встановлене обладнання, що автоматично підтримує заданий режим освітлення по часу діб з обліком фактичної природної освітленості теплиці.

Всі зазначені напрямки взаємопов'язані економічно та можуть бути вирішені тільки в симбіозі аграрних і технічних знань. Істотно поліпшити техніко-економічні показники систем освітлення теплиць ляє застосування світлодіодних джерел світла із заданим спектром випромінювання.

Спектральний склад світлодіодних джерел світла різноманітний і цілеспрямовано може бути сформовано на стадії виготовлення світлодіода. Відомо, що комплексний вплив світла на рослини визначається спектральним діапазоном довжин хвиль 280-750 нм. На малюнку 1.4 наведено графік спектральної залежності ефективності фотосинтезу від довжини хвилі світлового випромінювання [18].

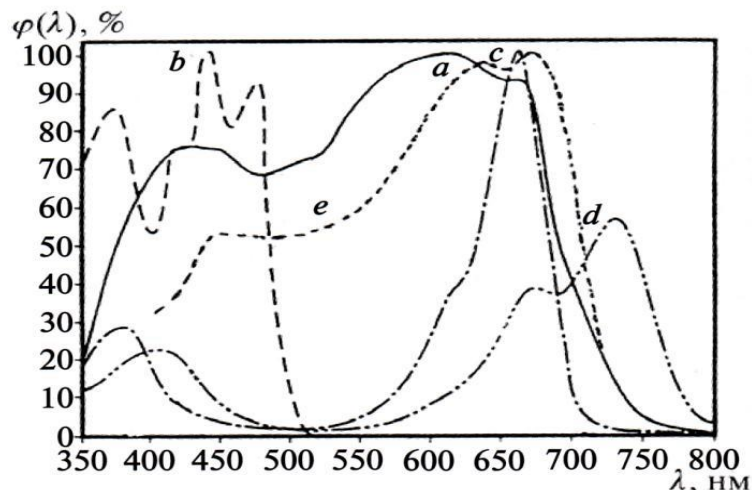


Рисунок 1.4 Відносні спектральні криві впливу оптичного випромінювання на фотосинтез

випромінювання на рослини:

a – поглинання фоторецепторами рослин; b – поглинання короткохвильового фотопігменту; c - поглинання червоної форми фотохрому; d - поглинання долі червоної форми фотохрому; e - ефективність фотосинтезу рослин

Світлодіоди за своєю фізичною природою – монохроматичні джерела світла. Однак застосовуючи поєднання світлодіодів різних напівпровідникових систем та використовуючи люмінофори, можна виготовити джерело світла заданого спектрального складу, включаючи і отримання білого світла [18,19].

Світлодіодні джерела червоного світла з'явилися одними з перших в результаті планомірних робіт з напівпровідниковими з'єднаннями типу АІІВ. На основі системи GaAs створюються світлодіоди інфрачервоного діапазону оптичного спектру із довжиною хвилі випромінювання 870 нм. Світлодіоди червоного свічення видимої частини оптичного спектру виготовляють на основі напівпровідникових з'єднань AsP/GaAs. Система AlInGaP/GaAs дозволяє виконувати світлодіоди яскравого свічення в червоному (626 нм), оранжевому (610) та жовтому (590) спектральних діапазонах.

Світлодіодні джерела червоного світла з'явилися одними з перших в результаті планомірних робіт з напівпровідниковими з'єднаннями типу АІІВ. На основі системи GaAs створюються світлодіоди інфрачервоного діапазону оптичного спектру із довжиною хвилі випромінювання 870 нм. Світлодіоди червоного свічення видимої частини оптичного спектру виготовляють на основі напівпровідникових з'єднань AsP/GaAs. Система AlInGaP/GaAs дозволяє виконувати світлодіоди яскравого свічення в червоному (626 нм), оранжевому (610) та жовтому (590) спектральних діапазонах.

Світлодіодні джерела зеленого світіння виготовляють на основі GaN структур з гомогенним p-n переходом, зокрема структура InGaN/GaN дозволяє створити світлодіодне джерело світла зеленого світіння, щий високою яскравістю [19]. Світлодіодні джерела світла блакитний та синій частини спектру оптичного діапазону створюються на базі твердих розчинів In- GaN.

Спектри випромінювання найбільш поширених напівпровідникових світлодіодних систем наведено на рисунку 1.5 [19].

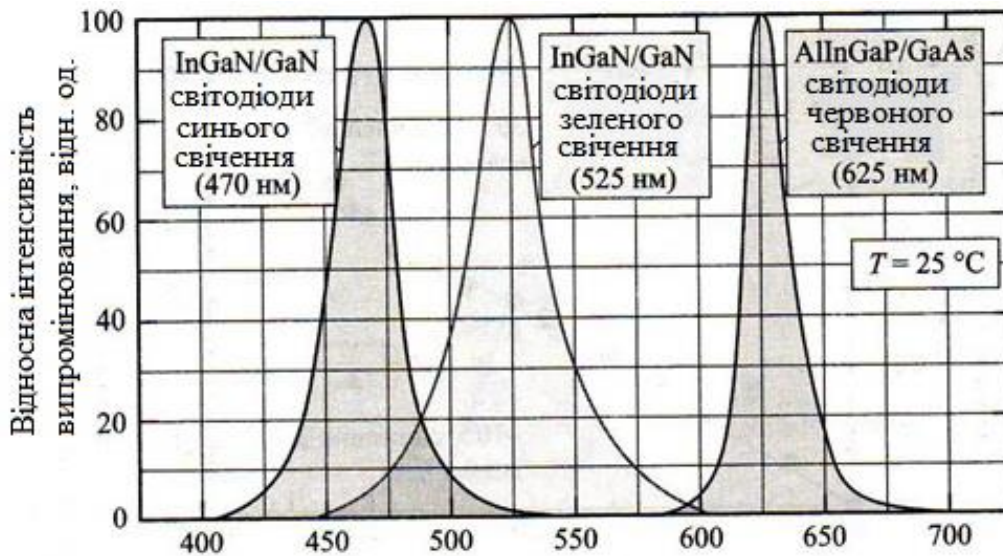


Рисунок 1.5 Спектри випромінювання світлодіодів червоного, зеленого і синього світіння на основі гетероструктур матеріалів АІІВV

Таким чином, оперуючи різними напівпровідниковими структурами, можна створити монокристалний світлодіод практично будь-якого спектру випромінювання. Однак такі складні технології не завжди призводять до створення світлодіодів низька вартість. Доцільніше отримувати заданий спектр випромінювання комбінацією дешевих монохроматичних світлодіодів у конструкції самого світильника, призначеного для забезпечення необхідної світлоструктури, що вирощуються у теплиці рослин.

Прикладом світлодіодів для аграрного застосування можуть служити потужні світлодіоди компанії LED Engin в 1-, 4-, 12- та 24-кристальному виконанні. Поряд із потужними світлодіодами білого кольору (холодний, нейтральний, теплий) LED Engin пропонує світлодіоди червоного, «глибокого» червоного (Deep Red) та «далекого» червоного (Far Red – екстремально червоний, кордон видимого спектру між червоним та інфрачервоним), зеленого, синього та бурштинного кольорів, а також спеціальні світлодіоди Dental Blue та ультрафіолетові (365 нм та 400 нм) світлодіоди (рисунок 1.6).

Конструктивне виконання комбінованих джерел світла виконується, як

правило, формуванням світлодіодів різних спектрів випромінювання в одному корпусі.

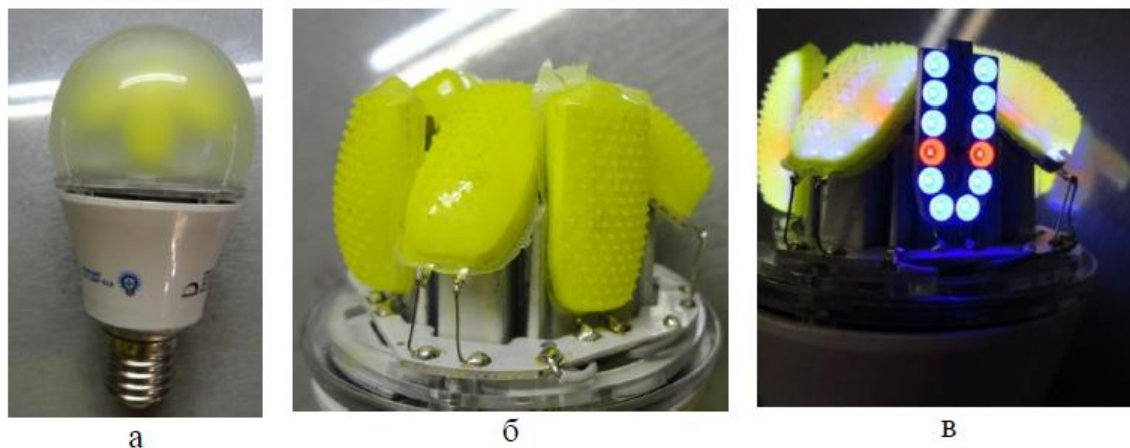


Рисунок 1.6 Світлодіоди компанії LED Engin

| | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Кількість кристалів | 24 або 25 (у залежності від типу) |
| Розмір (Д×Ш×В), мм | 12,0 × 12,0 × 6,7 |
| Номинальний робітничий струм, мА | 700 |
| Максимальний струм, мА | 1200 |
| Теплове опір, °C/Вт | 0,6 |

Однак при великому наборі монохроматичних світлодіодів і тим більше управління такою напівпровідниковою структурою утруднено. Тому розробники все частіше звертаються до оптичних систем з віддаленим люмінофором по аналогії з люмінесцентними лампами.

У той же час у світлодіодних лампах віддалений люмінофор можна імплантувати в м'які силіконові оболонки. Приклад конструктивного виконання такої світлодіодної лампи показаний на рисунку 1.7.



а

б

в

Рисунок 1.7 Світлодіодна лампа з віддаленим люмінофором:

а – загальний вигляд світлодіодної лампи з віддаленим люмінофором; б – оболонки віддаленого люмінофора одягнені; в – світіння групи монохроматичних світлодіодів зі знятою оболонкою

Таким чином, використовуючи сучасні технології, можна створити світильник для тепличного освітлення практично будь-якого спектру випромінювання з рівнем світловіддачі в 80-100 люменів на ват, що дозволить знизити використання електроенергії теплицею в 2–3 рази в порівнянні з використовуваними сьогодні металогалогеновими лампами дугового розряду [18].

Приклад використання світлодіодного світильника зі спеціальним спектром випромінювання наведено на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 Світлодіодний світильник для теплиць УСС БЮі приклад його застосування

Намічені тенденції розширення застосування світлодіодів торкнуться також і вуличного освітлення на селі. Так, країни Південно-Східної Азії вже поставляють на споживчий ринок перші світлодіодні лампи для цілей побутового освітлення, де недостатня сила світла одиничного світлодіода компенсується комбінацією декількох десятків світлодіодів в одній конструкції. Вже створені світлодіодні прожектори GOB світлодіоди, які створюють світловий потік в 13 300 лм і більше [3,18,19].

Іншим важливим елементом зовнішнього освітлення є система управління освітленням. У сучасних системах освітлення сільськогосподарсько

виробництв найбільш перспективним є встановлення ящиків управління освітленням типу ЯУО 6030. Він містить, крім елементів захисту та приладів обліку, фотоелектричні датчики «день – ніч» та таймер режиму увімкнення. Датчики «день – ніч» включають освітлення тільки в певний час доби, а таймер дозволяє задавати час роботи системи освітлення за графіком включення (наприклад, за часом доїння корів або за графіком освітлення теплиць). Це дозволяє максимально економічно витратити покупну електроенергію та забезпечувати режимні графіки освітлення рослин, виходячи з умов фотосинтезу [4,18].

1.2 Перспективи використання поновлюваних джереленергії для живлення систем освітлення на селі

Ряд зарубіжних та вітчизняних виробників розпочали планомірне завоювання ринку світильників вуличного освітлення поставками нових високоекономічних світлодіодних вуличних світильників. Однак такі світильники також повинні підключатися до електричної мережі з оплатою, яка витрачається на освітлення електроенергії.

Як зазначалося раніше, більшу частину витрат на вуличне освітлення зіставляють витрати на покупну мережеву електроенергію і на профілактичне обслуговування і ремонт електромережі вуличної системи висвітлення.

Електропостачання аналізованих освітлювальних приладів здійснюється від невідновлюваних джерел енергії через промислові живильні електричні мережі. Схема побудови електричних мереж сучасних систем зовнішнього освітлення включає в себе КТП 10/0,4 кВ, вступно- розподільна шафа (ВРШ) зовнішнього освітлення, кабельну розподільчу і повітряну групову лінії. Електричні мережі вуличного освітлення виконуються на напругу 220/380В трифазного змінного струму частоти 50 Гц. Використовується система TNС із глухозаземленою нейтраллю. У склад мереж вуличного освітлення входить значна кількість обладнання та матеріалів. Все це включається до статей витрат на будівництво системи вуличного освітлення.

При оцінці ефективності витрат на заходи щодо енергозбереження підраховано, що при підвищенні тарифу на електроенергію в три рази економічно-ські переваги світильника класу АА, що підключається до мережі покупний електроенергією, нівелюються. У то ж час високий рівень світловіддачі світлодіодів дозволяє створити конструкції енергонезалежних світильників для сільської місцевості, у яких електропостачання може бути забезпечене іншими способами [1, 7, 9].

Підвищення енергетичної та економічної ефективності освітлювальних приладів, на думку значної частини науково-технічної громадськості, бачиться у повній відмові від використання покупної мережевої електроенергії в системах освітлення та переході на живлення від поновлюваних джерел енергії [7,9, 19].

Завдання зниження витрат на вуличне освітлення за рахунок відмови від приєднання вуличних світильників до промислової електромережі частково вже налагоджується. Так, були винайдені і вже поставляються на ринок вуличні світильники з живленням від сонячної енергії, в яких є панелі сонячних батарей, акумулятори, що накопичують електричну енергію вдень і видають її в темний час доби.

Недоліком такої конструкції була необхідність мати установку потужністю сонячних батарей в 3-4 рази більшу потужності джерела світла і таку ж велику ємність акумуляторів. Це визначається тим, що час генерування електроенергії сонячної батареї для середньої смуги України становить близько 2000 годин на рік, а час роботи вуличного світильника в темний час доби (з урахуванням світанкових та західних сутінок) – близько 4000 годин. Час роботи, якого бракує, компенсується підвищенням потужності генерації та акумуляування, що призводить до збільшення маси та габаритів вуличного світильника, а відповідно і його вартості.

Прикладом практичного використання в вуличному освітленні відновлюваних джерел енергії є світлодіодна лампа на сонячній батареї MHL-06 FX, що випускається корпорацією DURALED .

В Об'єднаних Арабських Еміратах у Dubai Internet City встановлено два пілотні вуличні світильники з живленням від сонячної енергії. Число сонячних днів у точці установки становить 356 на рік. Якщо результати використання пілотних моделей виявляться позитивними, повсюдне впровадження «сонячних» світильників буде проводитися в рамках урядової програми переходу на альтернативні джерела енергії.

Оскільки світлодіодні світильники, як правило, мають малу потужність споживання електричної енергії, їх автономне живлення найчастіше виготовляється від сонячних батарей. Однак це не може забезпечити надійного освітлення у середніх широтах, так як тут є періоди часу від кількох днів до місяців, коли сонця мало, отже, відсутня підживлення акумуляторів новими порціями електроенергії з метою збільшення режиму електрогенерації та доведення його до 5 000 годин на рік і більш різними винахідниками розроблені вітросонячні освітлювальні пристрої та світильники (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 Зовнішній вигляд вітро-сонячних освітлювальних пристроїв

Відомий європейський концерн Philips розробив адаптивні вуличні світильники нового покоління (рисунок 1.10). Ці ліхтарі можуть працювати автономно і змінювати інтенсивність освітлення. Вони називаються квіткою і зовнішньо його нагадують. Джерелами світла в Light Blossom є світлодіоди,

які автоматично включаються, як тільки на вулиці темніє .



Рисунок 1.10 Світильники зовнішнього освітлення з використанням ВДЕ

Якщо поряд з Light Blossom нікого немає, то він працює в економному режимі, випромінюючи мінімум світла. При появі людини інтенсивність освітлення збільшується. Світильники оснащені сонячними батареями, які використовуються для накопичення енергії. Коли сонця немає, положення пелюсток Light Blossom змінюється і світильник перетворюється на вітрогенератор. Положення пелюсток Light Blossom змінюється автоматично, в залежності від часу доби і погоди.

Польська компанія [Elgo Lighting Industries SA](http://www.elgo.com) виробляє встановлення Elgo Sunwind. У ній для отримання електроенергії використовуються вітрогенери з діаметром вітрового колеса 1,38 м, що дає номінальну потужність 300 Вт, а також сонячна батарея з максимальною потужністю 130 Вт. Мінімальна швидкість вітру становить 2,5 м/с, номінальна – 10 м/с, максимальна – 50 м/с. Електроенергія накопичується акумулятором гелієвим ємністю 120 А·ч висота щогли - 7,2м. (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 Вітросонячна освітлювальна встановлення Elgo Sunwind

Особливе значення для сільської місцевості має охоронне освітлення з живленням від промислової електромережі. Охоронне зовнішнє освітлення передбачає наявності огороження периметра машино-тракторного парку, скотного двору, свинокомплексу або зерносховища. Для нього нормується горизонтальна освітленість 0,5 лк або така ж освітленість з внутрішньою сторони вертикальної площини огорожі. Електричні групові мережі охоронного освітлення виконують кабельними або повітряними лініями, опори світильників поєднують зі стійками огорож. Живлення здійснюється від БРУ найближчих до периметру будівель. Як правило, це витратні системи освітлення, що пов'язано з їх резервуванням для підвищення надійності. Водночас охоронне освітлення могло б бути запитано повністю від автономних джерел, а також у ньому могли б використовуватися світлодіодні джерела світла, енергоефективні сучасні генератори та накопичувачі енергії.

Висновки по першому розділу

1. На основі отриманих даних споживання електричної енергії сільгоспспоживачами, встановлено безперервне зростання фінансових витрат сільських споживачів електроенергії при практично незмінному електроспоживанні, що обґрунтовує необхідність пошуку нових технологій в освітлювальній техніці в сільському господарстві без застосування покупної електроенергії.

2. В результаті аналізу літературних джерел виявлено, що світлодіодне освітлення дозволяє виконати освітлювальні пристрої по всьому спектру видимого світла, включаючи завдання фотосинтезу рослин. При цьому освітлення прилади на світлодіодах суттєво енергоефективніші по порівнянню. нію з широко поширеними на селі іншими джерелами світла.

3. Встановлено, що використання повною мірою доступної на широких відкритих сільських територіях енергії сонця і вітру здатне забезпечити надійну роботу систем освітлення в цілодобовому та цілорічному графіку їх роботи.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРООСВІТЧЕННЯ З АВТОНОМНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЖИВЛЕННЯ

2.1 Принцип побудови автономного вуличного світильника

В основу принципу побудови пропонованого освітлювального приладу – автономного вуличного світильника аеробаричного типу покладено концепція створення в одному корпусі пристрої, що включає в себе сонячну електрогенеруючу установку, вітрову електрогенеруючу установку, накопичувач електричної енергії, світильник зі світлодіодними джерелами світла та електронну систему управління режимом роботи вуличного освітлення [19]. Фактично запропонований автономний освітлювальний енергокомплекс, послідовного перетворення різних енергій (автономний вуличний світильник), що не вимагає зовнішнього електропостачання (рисунок 2.1).

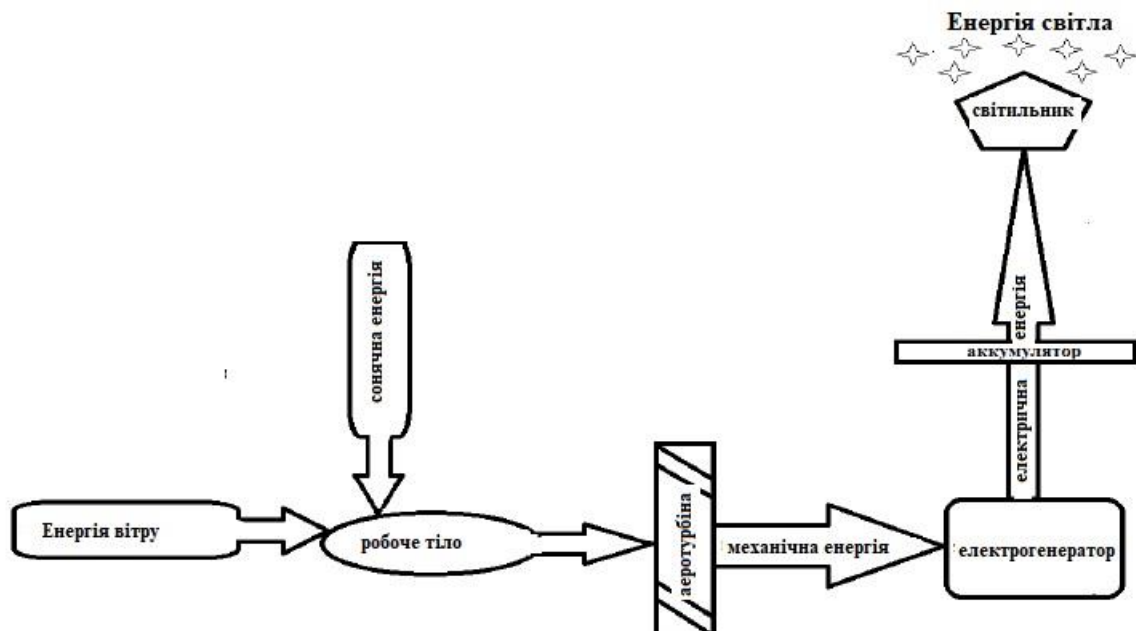


Рисунок 2.1 Послідовність енергетичних процесів в автономному вуличному світильнику аеробаричного типу

Цією пропозицією вирішено одну з актуальних проблем на селі: відмова

від покупної електроенергії для цілей зовнішнього освітлення вулиць хуторів, селищ, центральних садиб, а також зернотоків, тваринницьких комплексів, майданчиків зберігання сільгосптехніки і ін..

Важливою вимогою до вуличного світильника для сільської території є можливість його виготовлення із загальнодоступних, промисловістю матеріалів які серійно випускаються, деталей та вузлів. Таким чином, другою перевагою пропонованої конструкції вуличного світильника є доступність деталей, що забезпечує низьку кінцеву вартість виробу.

Третя перевага пропонованої конструкції вуличного світильника – підвищена вандалостійкість виробу, що перешкоджає пошкодженню світильника сторонніми особами з хуліганських спонукань, що дозволяє встановлювати вуличний світильник на неохоронюваних великих сільських територіях, часто віддалених на великі відстані від органів охорони правопорядку. Завдання вирішено високим капотуванням і захистом основних вузлів міцними сталевими стінками, не ушкоджуваними навіть пострілами з рушниці для полювання.

У запропонованому пристрої для цілей перетворення променистої сонячної енергії та кінетичної енергії вітру в електричну форму використовується один і той же агрегат - аеровакуумний турбогенератор (аеротурбогенератор) - турбомашина, за наявними у нас відомостями, яка раніше ніколи не використовувалася для цілей освітлення. Аеротурбогенератор, встановлений в аеробаричній ділянці автономного освітлювального приладу, може генерувати електроенергію або тільки під дією сонячного випромінювання, або тільки під дією вітру, а також при їх спільній комбінованій дії в сонячний і вітряний день (суховій).

Досягається це шляхом впливу сонячної і вітрової енергії на проміжний енергоносій - повітря во внутрішньої порожнини трубчастою опори світильника, який і є робочим тілом, що приводить в дію. Віс аеротурбогенератор (рисунок 2.2).

Вплив на проміжний енергоносій сонячної енергії відбувається шляхом

нагрівання стінки «теплого ящика» трубчастої аеробаричної ділянки сонячним випромінюванням. В результаті теплообмінних процесів між стінкою і повітрям, що знаходиться всередині труби, останній розігрівається, його щільність зменшується і виникає самотяг повітряного потоку зі швидкістю, яка залежить від ступеня нагрівання стінки [20].

Потік повітря, що висходить від самотягу, приводить у обертання аеротурбогенератор, який виробляє електроенергію. Електроенергія запасується в акумуляторі, від акумулятора отримує живлення світильник. Вплив на проміжний енергоносій вітрової енергії здійснюється шляхом створення розрядження активним дефлектором, встановленим в верхній частині трубчастої аеробаричної ділянки. Внаслідок цього в дефлектор під натиском зовнішнього вітрового потоку розрядження що знаходиться всередині труби повітря починає рухатися у вигляді висхідного від нижнього кінця аеробаричної ділянки до верхнього кінця. Вихідний потік повітря приводить на обертання аеротурбогенератор, який виробляє електроенергію, яка поступає далі в акумулятор електричної енергії. Електрична потужність, яка розвивається аеротурбогенератором, залежить від швидкості висхідного потоку повітря всередині аеробаричної ділянки, а швидкість вихідного потоку повітря залежить, у свою черга, від створюваного вітром розрядження в дефлекторі [19, 20].

Конструктивно автономний вуличний світильник складається з трубчастої опори 1, всередині якої утворюється аеробарична ділянка з розташованим в нижній частині електрогенератором 2 і акумулятором електричної енергії. У верхній частині опори встановлена світлодіодна панель 4 і блок управління освітленням 5, що містить датчик освітленості, датчик руху і акустичний датчик. Аеротурбогенератор складається з двох вузлів: типового електрогенератора 2 та аеровакуумної реактивної турбіни 6, жорстко встановленої на його валу. Так як аеровакуумна турбіна розвиває до 2000 об/хв, то установка редуктора між турбіною 6 і електрогенератором 2 не потрібна, що суттєво спрощує і здешевлює весь пристрій.

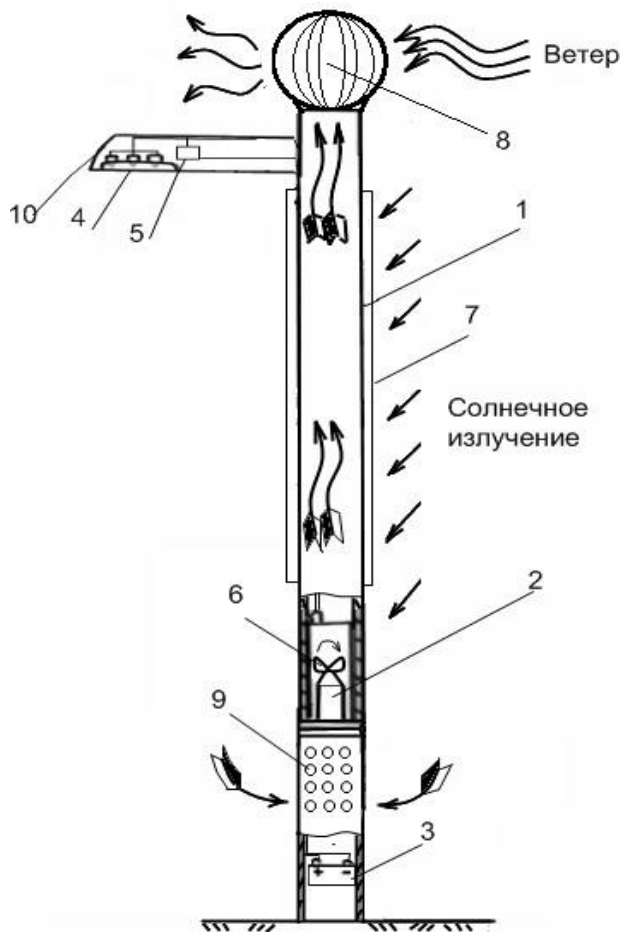


Рисунок 2.2 Автономний вуличний світильник

Зовнішня стінка опори виконана у вигляді "теплого ящика" 7, заклеєного прозорим полікарбонатом. Зовнішня стінка опори, що є променепоглинаючою поверхнею і для ефективного поглинання сонячного випромінювання, зачорнена селективним покриттям з чорного хрому. В верхній частині опора оснащена активним дефлектором 8 використання енергії вітру. Нижче аеротурбогенератора в опорі є отвори 9 для входу зовнішнього повітря. Світлодіодна матриця 4 і блок управління освітленням 5 встановлені і закріплені у міцній сталевій антивандальній консолі 10.

У сонячну погоду за рахунок прогрівання стінки «теплого ящика» 7 аеробаричної ділянки в ньому виникає самотяга, потік повітря всередині порожнистої опори отримує висхідний рух, підсмоктуючи зовнішнє повітря через отвір 9. При русі висхідного потоку повітря обертає аеровакуумну турбіну 6 і вона наводить в обертання електрогенератор 2, що виробляє

електроенергію. Коли дме вітер (незалежно вдень чи вночі), в дефлекторі 8 виникає розрядження, що призводить до висмоктування повітря з внутрішньої порожнини опори 1. Висмоктуване повітря створює висхідний потік, який під час руху обертає аэровакуумную турбіну 6, і вона наводить обертання генератор 2. Генератор виробляє електроенергію та заряджає акумулятор 3.

Протягом дня блок управління освітленням 5 відключений від живлення датчиком освітленості (фотореле «день» – «ніч»). У нічний час датчик освітленості підключає живлення на блок управління освітленням 5 та при наближенні пішохода датчик руху блоку управління освітленням 5 включає світлодіодну матрицю 4, яка спалахує та висвітлює навколишній простір. У міру видалення пішохода датчик руху вимикає живлення світлодіодної матриці. Вночі при наближенні автотранспорту акустичний датчик блоку управління освітленням 5 також включає світлодіодну матрицю. У міру видалення автомобіля акустичний датчик вимикає живлення світлодіодної матриці 4. З настанням світанку датчик освітленості повністю відключає живлення блоку управління освітленням 5 і світлодіодна матриця гасне незалежно від наявності поблизу пішоходів та автотранспорту, оскільки вона постійно знаходиться при достатній освітленості у вимкненому стані. Цим досягається значна економія електроенергії, за- витрачається на освітлення, що знижує потрібну генеруючу потужність і ємність акумуляторів [19].

Протягом дня блок управління освітленням 5 відключений від живлення датчиком освітленості (фотореле «день» – «ніч»). У нічний час датчик освітленості підключає живлення на блок управління освітленням 5 та при наближенні пішохода датчик руху блоку управління освітленням 5 включає світлодіодну матрицю 4, яка спалахує та висвітлює навколишній простір. У міру видалення пішохода датчик руху вимикає живлення світлодіодної матриці. Вночі при наближенні автотранспорту акустичний датчик блоку управління освітленням 5 також включає світлодіодну матрицю. У міру видалення автомобіля акустичний датчик вимикає живлення світлодіодної матриці 4. З настанням світанку датчик освітленості повністю відключає

живлення блоку управління освітленням 5 і світлодіодна матриця гасне незалежно від наявності поблизу пішоходів та автотранспорту, оскільки вона постійно знаходиться при достатній освітленості у вимкненому стані. Цим досягається значна економія електроенергії, за- витрачається на освітлення, що знижує потрібну генеруючу потужність і ємність акумуляторів [19].

Принципова електрична схема автономного вуличного світильника наведено на рисунку 2.3. Електроенергія виробляється електрогенератором G1 на номінальній напрузі 6 постійного струму. Струм через контролер заряду акумулятора надходить на зарядку акумулятора GB1.

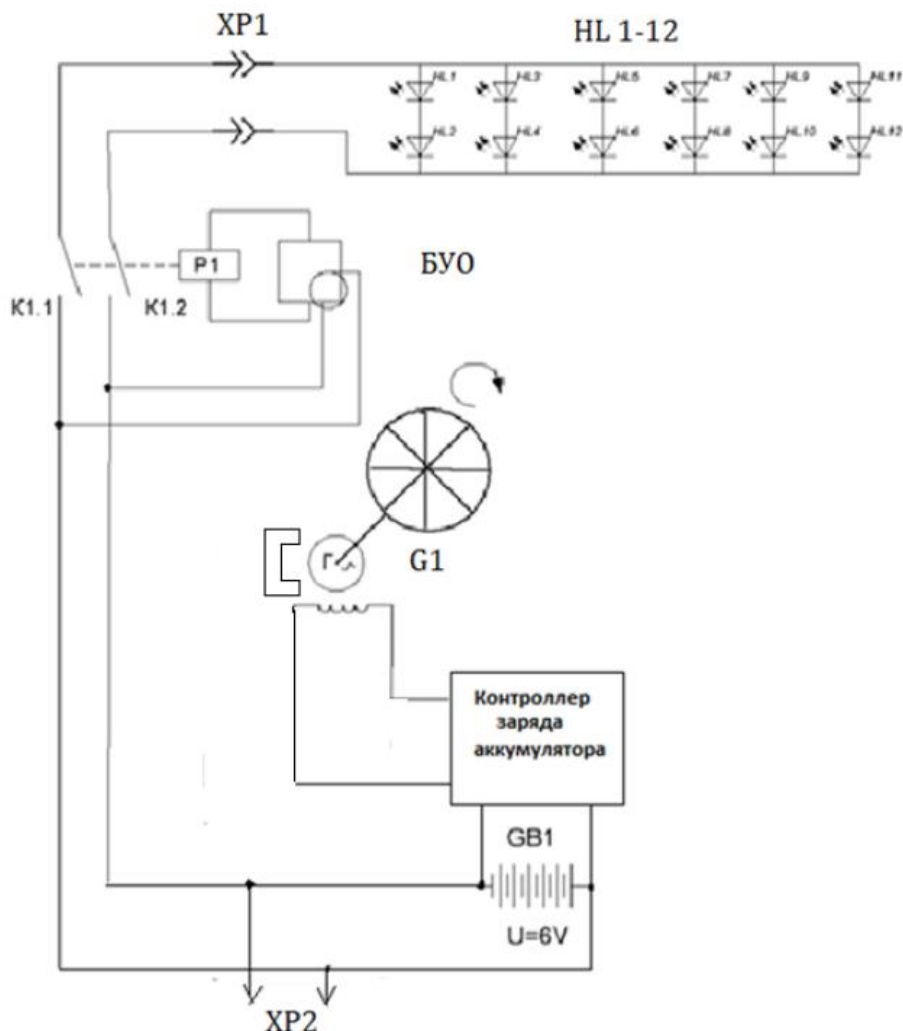


Рисунок 2.3 Електрична схема вуличного світильника

Контролер дозволяє точно витримувати номінальний режим заряду акумулятора. Якщо акумулятор повністю заряджений, то електроживлення

від генератора через блок управління освітленням (БУО) подається прямо на світлодіодний світильник. Світлодіодна матриця світильника HL1-HL12 працює при номінальній напрузі постійного струму 6В, при струмі 3А, що відповідає споживаній потужності 18Вт. Якщо генератор не виробляє електроенергію, то живлення на світильник подається безпосередньо від акумулятора. БУО включає чотири режимні пристрої: фотореле «день» – «ніч», дозволяє увімкнення світильника тільки в темний час доби; акустичний датчик, що включає світильник при наближенні автомобіля на відстані 120 - 150 м; датчик руху, що включає світильник при наближенні пішохода на відстань 10 – 12 м, а також таймер витримки світла в увімкненому стані, налаштований на час витримки 8 - 10 секунд. Протягом цього часу світильник гасне, витрата електроенергії припиняється. Штепсельний роз'єм ХР2 дозволяє підключити до електромережі світильника стороннього споживача (шуруповерт, машинку для стрижки овець, переносний світильник і ін) відповідного номінальної напруги.

Висновки по другому розділу

Таке поєднання керуючих впливів сприяє раціональній витраті виробленої і запасною в акумуляторі електроенергії, забезпечивши цілодобову, цілорічну роботу системи зовнішнього освітлення при будь-яких кліматичних умовах.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ
ДЛЯ ВУЛИЧНОГО СВІТИЛЬНИКА3.1 Оцінка очікуваної вироблення електроенергії на сонячному
електрогенеруючому перетворювачі вуличного світильника

В основу розрахунку потоку сонячної енергії прийнято традиційну схему руху сонця по небосхилу, показана на рисунку 3.1. За розрахункову точку поверхні Землі прийнята точка А. Вона характеризується відповідними кутами щодо центру Землі - широтою місцевості φ , годинним кутом ω і нахилом сонця δ [22].

Для оцінки цієї точки щодо Сонця використовують кут α (кут висоти Сонця), z – зенітарний кут Сонця, a – азимут Сонця, які показані на рисунку 3.2. Азимут поверхні a вимірюється як кут між нормаллю до поверхні і напрямком на південь ($\alpha + z = 90^\circ$).

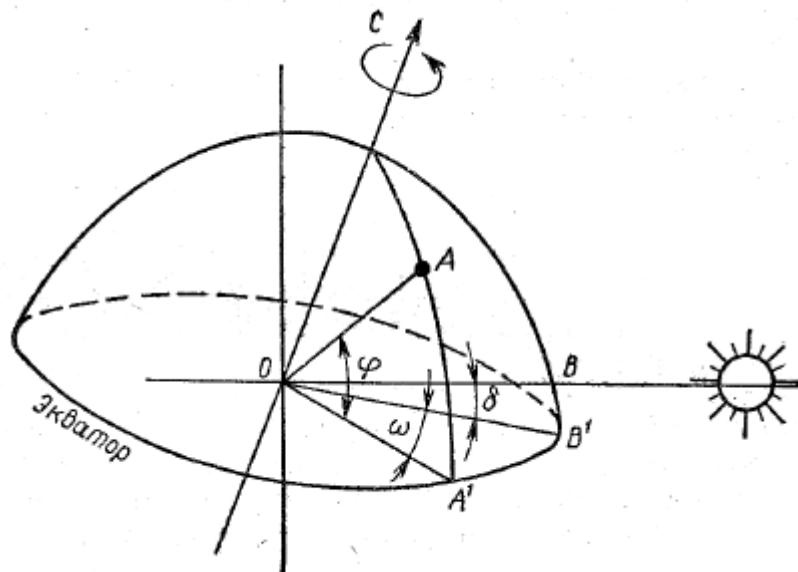


Рисунок 3.1 - Схема руху Сонця по небозводу

Якщо відсутні метеодані після приходу сонячної енергії в точці установки освітлювального приладу, то за даними сусідніх метеорологічних станцій можна, знайти середні значення тривалості сонячного сяйва τ_{ci} для кожного місяця і зробити розрахунок щомісячної дійсної суми приходу сонячної енергії E_i по відомій формулі А.Ангстрема [22]:

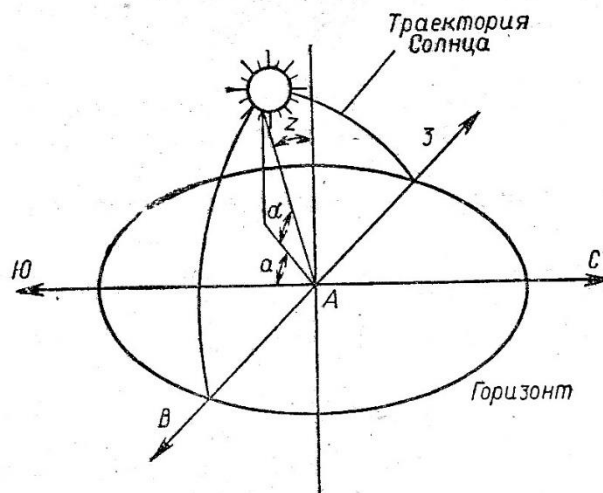


Рисунок 3.2- Схема положення точки А на земній поверхні щодо сонячних променів

$$E_i = E_{0i} \cdot \left[a_i + b_i \cdot \frac{\tau_{Ci}}{\tau_{0i}} \right], \quad (3.1)$$

де a_i , b_i – емпіричні коефіцієнти ($a_i + b_i = 1$), залежать від розглянутої місцевості в точці розрахунків;

τ_{0i} – астрономічна можлива тривалість сонячного сйва для даної місцевості протягом i -го місяця, год/міс.;

τ_{Ci} – емпірична тривалість сонячного сйва для даної місцевості протягом i -го місяця, год/міс.;

E_{0i} – можливий середньомісячний прихід сонячної енергії на m^2 поверхні в i -тий місяць при безхмарному небі:

$$E_{0i} = J_0 \cdot \cos i \cdot \tau_{0i}, \quad (3.2)$$

де J_0 – потужність сонячного випромінювання в аналізованій точці, Вт/ m^2 ;

i – кут падіння сонячних променів на довільно орієнтовану променепоглинаючу поверхню, град.

Кут падіння сонячних променів на поверхню, має азимут a і кут нахилу до горизонту β , визначається по відомою формулою [22]:

$$\cos i = \sin \beta \cdot \left[\cos \delta (\sin \varphi \cdot \cos a \cdot \cos \omega + \sin a \cdot \sin \omega) - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos a \right] + \cos \beta \cdot (\cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi), \quad (3.3)$$

де φ - широта місцевості, град;

δ - відмінювання сонця, град;

a - азимут циліндричної поверхні світильника, град;

ω - годинний кут сонце, град.

Тривалість світлового дня від сходу верхнього краю Сонця до його заходу з обліком рефракції розраховується за формулі [23]:

$$\cos t = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cdot \sin dt}{\cos \varphi \cdot \cos dt}, \quad (3.4)$$

де t - годинний кут сходу (заходу) Сонця, град;

δ - відмінювання Сонця, приймає значення від $+23^\circ 27'$ до $-23^\circ 27'$:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right), \quad (3.5)$$

Тут n - порядковий номер дня, відраховується від 1 січня.

$$dt = p - R - r_0 \text{ (хв.)}, \quad (3.6)$$

де p – паралакс Сонця, хв.;

R - радіус диска Сонця, хв.;

r_0 - горизонтальна рефракція, хв.

Кут відмінювання стає рівним нулю два рази в рік в дні весняного і осіннього рівнодення.

Схема розрахункових кутів конструкції що розробляється для променепоглинаючої поверхні аеробаричної ділянки вітросонячного вуличного світильника наведено на рисунку 3.3

Ймовірність λ того, що аналізована година буде сонячною, обчислюється виразом[23]:

$$\lambda = \frac{\tau_c}{\tau_d}, \quad (3.7)$$

де τ_c - дійсне час сонячного саява, год/рік;

τ_d - денне час в рік, годину/рік.

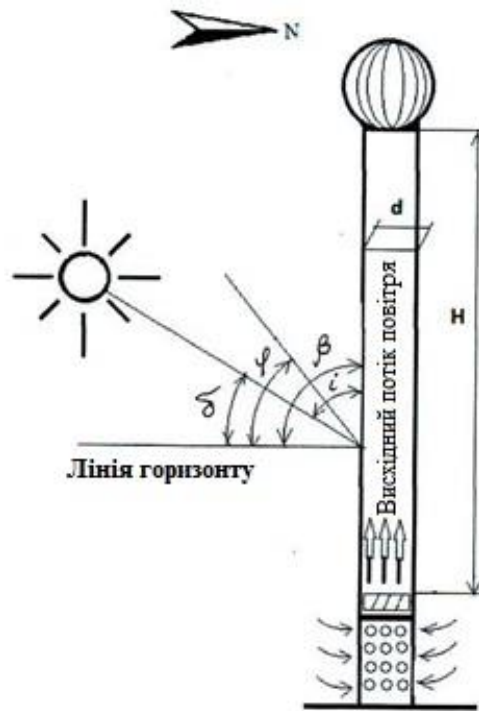


Рисунок 3.3 Схема кутів, прийнятих у розрахунках аеробаричної ділянки

У процесі добового, помісячного та річного руху Сонця по небосхилу відбувається зміна кута падіння променів Сонця на променепоглинаючу аеробаричну ділянку. Як зазначалося вище, кут падіння сонячних променів на довільно орієнтовану поверхню, має азимут α_{Π} і кут нахилу до горизонту β визначаються за формулою (3.3). Виходячи з рисунка 3.3, кут падіння променів i на вертикальну поверхню аеробаричної ділянки (при $\beta=90^\circ$) обчислюється по формулі[22]:

$$\cos i = \cos \delta \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \alpha_{\Pi} \cdot \cos \omega + \sin \alpha \cdot \sin \omega) - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha. \quad (3.8)$$

Оскільки мідель циліндричної аеробаричної ділянки завжди орієнтований на південь, $\alpha = 0$, тому вираз (3.5) приймає вигляд:

$$\cos i = \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega - \sin \delta \cdot \cos \varphi. \quad (3.9)$$

Враховуючи, що λ , потужність сонячного випромінювання в точці J_0 та широта місцевості φ задаються виходячи з природно-кліматичних умов у точці установки світильника, отримаємо вираз для визначення очікуваного

вироблення електроенергії $E_{сон}$ на сонячний перетворювач автономного світильника[21]:

$$E_{сон} = J_0 \cdot \lambda \cdot \tau \cdot H \cdot d \cdot \eta \cdot (\cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega - \sin \delta \cdot \cos \varphi). \quad (3.10)$$

де H - висота аеробаричного ділянки, м;

d - зовнішній діаметр променепоглинаючої поверхні, м

τ - тривалість розрахункового дня, година.

η - коефіцієнт корисної дії перетворювача.

3.2 Оцінка очікуваного вироблення електроенергії на вітрогенеруючому перетворювачі вуличного світильника

Потужність, яку розвиває вітрогенератор, визначається швидкістю вітру, а також площею кидання (тобто. площею геометричної фігури, яку «описують» лопаті вітроколеса, що обертаються). Встановлений режим потужності не залежить від кількості лопатей. Потужність ідеального вітрогенератора обчислюється за формулою[21]:

$$P_B = 0,5 \cdot \rho \cdot S_0 \cdot v^3 \cdot C_p \cdot \eta_g \cdot \eta_b. \quad (3.11)$$

де ρ - густина повітря, кг/м³;

S_0 - площа кидання вітроколеса, м²;

v - швидкість вітру, м/с;

C_p - безрозмірний коефіцієнт використання енергії вітру (залежить від конструкції вітроколеса);

η_g , η_b - коефіцієнт корисної дії електрогенератора і мультиплікатора відповідно.

Зміни швидкості вітрового потоку в довільній точці з достатньою точністю можуть бути описані за допомогою функції розподілу Вейбула – $p(v)$, що має два параметри – форми k та одиниць виміру c (рисунок 2.7) [110].

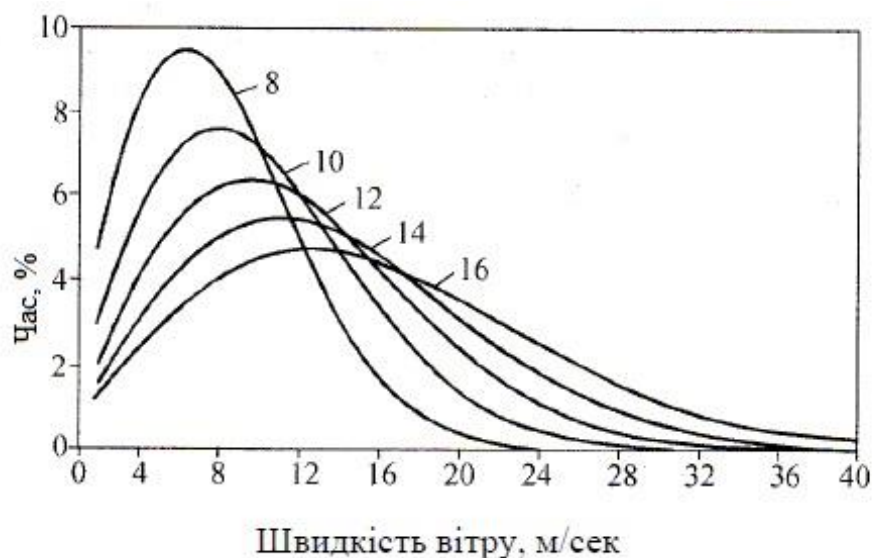


Рисунок 3.4 - Функція розподілу ймовірностей Вейбула при значенні параметра розподілу $k=2$ для різних швидкостей

Імовірність того, що швидкість вітру протягом будь-якого періоду часу буде перебувати на рівні v представлена в вигляді наступного виразу[21]:

$$p(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \text{ при } 0 \leq v \leq \infty, \quad (3.12)$$

де p – одиниця зміни параметра, год/рік;

v – величина швидкості вітру м/с;

k - параметр розподілу;

c – параметр одиниць виміру, що дорівнює середньорічній швидкості

вітру.

Ймовірність того, що швидкість вітру буде перебувати в межах від нуля до нескінченності протягом розглянутого періоду, дорівнює 1:

$$\int_0^{\infty} p(v)dv = 1. \quad (3.13)$$

При розгляді періоду часу 1 рік необхідно функцію ймовірності виражати в годинах. Одиницею виміру параметра p буде година в рік. У цьому випадку інтеграл (3.13) набуває значення 8760 годин. При цьому, значення середньомісячних швидкостей вітру для кожної території добре відомі за тривалі (20 і більше років) періоди спостережень, оскільки вони є

нормативною величиною статистичної звітності метеостанцій України.

Так як вуличний світильник має щодо малі габарити по порівняно з вітроагрегатами промислового призначення, то в ньому можуть бути використані вітронаправляючі пристрої для управління набігаючим повітряним потоком (конфузори, дифузори, активні дефлектори). Швидкості вітру для торкання вітроколеса при використанні таких пристроїв відносно мала (не більше 2м/сек), а максимально ефективна 20м/сек. Коефіцієнт використання енергії вітропотoku C_p може досягати 40% ($C_p = 0,4$). Виходячи з вищенаведеного, тривалість діапазону робочих швидкостей $\tau_{вiтp}$ вітрогенерації в точці установки світильника для розрахункового періода T буде дорівнювати:

$$\tau_{вiтp} = T \int_0^{20} p(v) dv. \quad (3.14)$$

Використовуючи (3.11) і 3.14), отримаємо вираз для розрахунок річного виробництва електроенергії Евітр вітрогенерацією[21]:

$$E_{вiтp} = C_p \cdot P_B \cdot \tau_{вiтp} \cdot F \quad (3.15)$$

де F - площа, омітається вітроколесом, м²

3.3 Структурна схема вітросонячного автономного освітлювального приладу

Враховується, що вітросонячний автономний вуличний світильник працює циклічно.

Перший цикл – робота у темний час доби, коли світлодіодна матриця світильника споживає необхідну потужність і висвітлює прилеглу територію.

Робота з першому циклу можлива при двох режимах:

- 1) світильник живиться безпосередньо від аеротурбогенератора;
- 2) світильник живиться від акумулятора – коли вітровий потік недостатньо точний, а сонячне випромінювання відсутнє (безвітряна ніч).

Другий цикл – робота у світлий час доби, коли накопичується енергія по одному з трьох режимів:

- 1) сонячна генерація заряджає акумулятор (вітервідсутній);
- 2) вітрогенерація заряджає акумулятор (коли сонячного випромінювання недостатньо);
- 3) режим зарядки акумулятора від комбінованого впливу сонячного випромінювання та вітру.

Ці цикли повторюються щодобово, а перехід від режиму до режиму здійснюється системою управління автоматично відповідно до структурної схеми (рисунок 3.5).

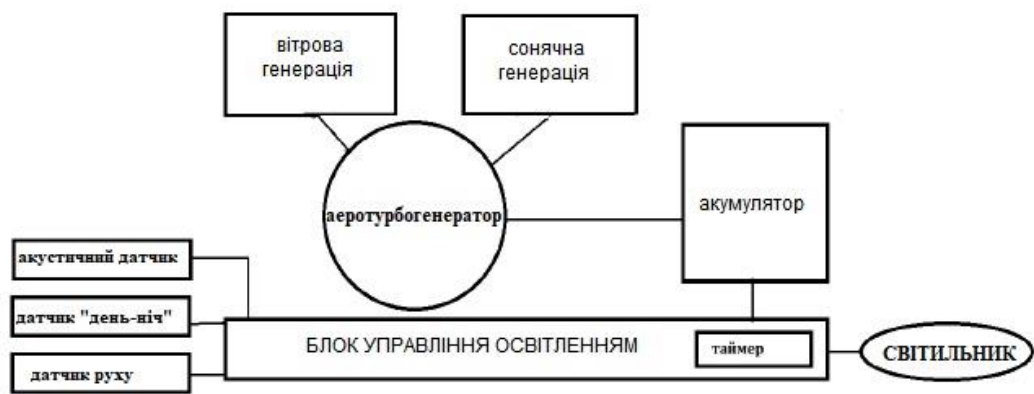


Рисунок 3.5 - Структурна схема вітросонячного автономного освітлювального приладу

Висновки по третьому розділу

Обґрунтовані та наведені вирази для оцінки енергетичного потенціалу в існуючих габаритах типових освітлювальних пристроїв освітлення враховують прихід сонячної та вітрової енергії в цілодобовому та цілорічному режимі.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що в умовах підвищення вартості електроенергії та електроосвітлювального обладнання ускладнюється забезпечення освітлення на сільськогосподарських територіях, збільшуються фінансові витрати на експлуатацію сільських систем освітлення, тому ведуться пошуки нових технологій в освітлювальній техніці із застосуванням відновлюваних джерел енергії.

В кваліфікаційній роботі запропоновано конструкцію та електричну схему автономного освітлювального приладу зовнішнього освітлення аеробаричного типу на світлодіодних джерелах світла з їх електропостачанням від пристроїв перетворення сонячної та вітрової енергії.

Встановлено, що для забезпечення нормативів освітленості у сільській місцевості потужність світлодіодної матриці повинна становити не менше 20Вт, при висоті підвісу 6,5м з еквівалентною термодинамічною температурою світлового випромінювання 4500К, що рекомендується. Запропоновано математичну модель і отримано аналітичне вираження для розрахунку електрогенерації в аеробаричній ділянці автономного освітлювального приладу. .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В 2.5–28-2018 ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ// Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 03.10.2018 № 264
2. Салтиков В. О. Освітлення міст: Навч. посібник. — Харків: ХНАМГ, 2009.— 221 с.
3. Литовченко С.Н. Принципы построения и выбора элементной базы светодиодных светильников и их систем управления / С.Н. Литовченко, Л.А. Назаренко, А.Г. Ливинов и др. // Світлотехніка та електроенергетика. – 2015. – №3-4 (43-44). – С.22-27.
4. Ляшенко О. М. Світлотехнічні установки та системи: конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / О. М. Ляшенко, Ю. О. Васильєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 90 с.
5. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Пізнання й досвід – шлях до сучасної енергетики: Науково-пізнавальне видання / Плачкова С. Г. – К., 2011. – 255 с.
6. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 2019-VIII
7. Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг» від 22.09.2016 № 1540-VIII
8. Кільницький О. Підсумки-2017: електроенергія перетворюється на дороге задоволення [Електронний ресурс] /О. Кільницький // Режим доступу: <https://mind.ua/publications/20180112-pidsumki-2017>
9. Бохонко І. В. Особливості формування ринку електроенергії України на конкурентних засадах/ І. В. Бохонко // Науковий вісник Ужгородського національного університету. – 2015. - №3. – С.33-37

10. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20.02.2003 № 555-IV

11. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу: Закон України від 05.04.2005 № 2509-IV

12. Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг: Закон України від 22.09.2016 № 1540-VIII

13. <https://ua.benweilighting.com/info/artificial-lighting-in-agriculture-83089569.html>

14. Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Технічна електродинаміка. – 2010. – №6. – С. 44-50.

15. Стогній Б.С. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк, А.В. Праховник // Технічна електродинаміка. – 2012. – №5. – С. 52-67.

16. <https://uaea.com.ua/dysp/ee-cons.html>

17. <https://5watt.ua/uk/blog/statti/svitlodiodi-u-fermerskomu-ta-silskomu-gospodarstvi>

18. Литвиненко А. С. Світлові прилади: навч. посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів / А. С. Литвиненко, О. Л. Черкашина ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 125 с.

19. Кушлик Р.В., Постол Ю.О., Кушлик Р.Р. ДЖЕРЕЛА І УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ/ Навчальний електронний посібник// Мелітополь, 2020.- 149с.

20. Степанов М. В. Теплопередача та гідравлічний опір теплообмінника з еластичною стінкою / М. В. Степанов, Ю. К. Росковшенко, Л. В. Дідик // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. - 2009. - Вип. 13. - С. 29-34. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/votp_2009_13_8.

21. Відрновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відрновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с
22. <https://astro-ifmi.org.ua/content/view/10/3/>
23. http://www.zhu.edu.ua/mk_school/pluginfile.php/16917/mod_resource/content/1/3.pdf