МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий магістерський
,(рівень вищої освіти)

на тему *Дослідження та розробка автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення*

Виконав: студент (ка) *II* курсу, групи *8.1763*

Спеціальності *176 Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)

освітньої програми *Мікроелектронні інформаційні системи*
(код і назва освітньої програми)

М.А. Дяченко
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.*
Верьовкін Л. Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *завідувач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем, професор, д.т.н.*
Коваленко В. Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра *електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *другий (магістерський)*
Спеціальність *176* *Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва)

Освітня програма *Мікроелектронні інформаційні системи*
(код і назва)

Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *ЕІСПЗ*
Критська Т.В.
"*10*" *грудня* 20*24* року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Дяченко Максиму Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Дослідження та розробка автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення*

керівник роботи *Верьовкін Леонід Леонідович*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від *"30" вересня 2024 року №1483-с*

2. Строк подання студентом роботи *10 грудня 2024 року*

3. Вихідні дані до роботи *Обрати сонячну батарею за відповідними вимогами до електричних параметрів, конструктивних параметрів, захищеності та дизайну; забезпечити орієнтацію сонячної батареї*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Дослідження систем автономного вуличного освітлення. Розробка системи автономного зовнішнього освітлення на фотоелектричних перетворювачах. Техніко-економічне обґрунтування. Охорона праці та техногенна безпека.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Функціональна схема системи автономного зовнішнього освітлення на фотоелектричних перетворювачах. Схема електрична принципова пристрою слідкування за Сонцем. Аналіз функціонування пристрою контролю заряду акумуляторної батареї. Загальна компоновка компонентів системи автономного освітлення.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Верьовкін Л. .Л., доцент*	
II	*Верьовкін Л. Л., доцент*	
III	*Верьовкін Л. Л., доцент*	
IV	*Верьовкін Л. Л., доцент*	

7. Дата видачі завдання _____*28.02.2024 року*_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Аналіз принципів роботи пристроїв освітлення на сонячних батареях*	*25.09.2024*	
2	*Дослідження видів пристроїв вуличного освітлення на сонячних батареях*	*04.10.2024*	
3	*Розробка пристрою контролю заряду акумуляторної батареї*	*25.10.2024*	
4	*Схемотехнічне моделювання інвертуючого стабілізатора напруги*	*09.11.2024*	
5	*Розробка конструктивних особливостей системи автономного зовнішнього освітлення*	*16.11.2024*	
6	*Техніко - економічне обґрунтування розробки системи автономного зовніщнього освітлення на фотоелектричних перетворювачах*	*23.11.2024*	
7	*Охорона праці та техногенна безпека*	*30.11.2024*	
8	*Оформлення пояснювальної записки*	*04.12.2024*	
9	*Рецензування, нормоконтроль, підписання роботи*	*10.12.2024*	
10	*Оприлюднений захист магістерської роботи*	*14.12.2024*	

Студент _____ _____*Дяченко М.А*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ ___*Верьовкін Л.Л.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ _____*Верьовкін Л.Л.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 87 сторінок, 38 рисунків, 14 таблиць, 20 джерел літератури.

Об’єкт дослідження – автономні мікроелектронні системи зовнішнього освітлення.

Мета роботи – розробка системи зовнішнього освітлення на сонячних елементах з підвищеним ККД, на основі відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної, для забезпечення енергоефективності.

Завдання дослідження – провести аналіз сучасних технологій автономного освітлення; забезпечити орієнтацію сонячної батареї на максимальне сприйняття сонячного випромінювання; розрахувати схему регулятора напруги на сучасній елементній базі; забезпечити акумулювання електроенергії сучасними приладами; забезпечити зовнішнє освітлення світлодіодним прожектором.

Методика досліджень – моделювання пристроїв за допомогою програмних забезпечень Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0, Layout 4.0.

Короткий виклад результатів досліджень – застосування пристрою стеження за Сонцем дозволяє змінювати кут нахилу фотоелектричного модуля протягом дня таким чином, щоб зберігати прямий кут падіння сонячних променів на його поверхню, що підвищує ККД системи.

Результати впроваджень – електронний макет пристрою пройшов випробовування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для впровадження та використання у побутових умовах.

СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, АКУМУЛЯТОРИ, СВІТЛОДІОДИ, КОНТРОЛЕРИ, ЕНЕРГІЯ, ЕКОЛОГІЧНІСТЬ, ЕКОНОМІЯ, ДАТЧИК

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, мікроелектронних систем та програмного забезпечення з 02.09.2024 р. по 10.12.2024 р.

Зміст

Стор.

Вступ …….. 6

1 Дослідження систем автономного вуличного освітлення ……. 8

1.1 Принцип роботи пристроїв освітлення на сонячних батареях…… 9

1.2 Види пристроїв вуличного освітлення на сонячних батареях …….. 13

1.3 Зовнішнє автономне постійне або аварійне освітлення …….. 15

1.4 Основні характеристики і принципи роботи сонячних батарей …… 17

1.4.1 Конструкції і матеріали сонячних елементів …… 24

1.5 Регулятори заряду акумуляторних батарей ……. 28

2 Розробка автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення …….……. 36

2.1 Сонячна батарея автономної системи освітлення ……... 37

2.2 Система стеження за Сонцем …… 39

2.3 Світлодіодний прожектор …….. 46

2.4 Пристрій контролю заряду акумуляторної батареї ……. 49

2.5 Акумуляторна батарея …… 52

2.6 Моделювання схеми інвертуючого стабілізатора напруги ……... 53

2.7 Датчик руху пристрою автономного зовнішнього освітлення …….. 56

2.8 ІЧ камера відеоспостереження з Vi-Fi модулем …….. 59

2.9 Конструктивні особливості системи автономного зовнішнього освітлення …….. 62

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення …….. 64

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення …….. 64

3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення …… 68

4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення ……..... 70
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів …….. 69
4.2 Заходи з поліпшення умов праці ……. 72
4.2.1 Техніка безпеки при експлуатації електричних установок в лабораторії ……. 73
4.2.2 Електроустаткування ……... 74
4.2.3 Створення оптимальних умов праці в лабораторії проведення експерименту ……. 74
4.2.4 Природне та штучне освітлення ……. 78
4.2.5 Засоби індивідуального захисту ……. 79
4.3 Протипожежна та техногенна безпека …….. 79
Висновки та рекомендації …… 82
Перелік посилань …….. 83
Додаток А …….. 85

Вступ

Проблема забезпечення ефективного та екологічно чистого вуличного освітлення є надзвичайно актуальним питанням в сучасному світі. Зростання урбанізації, підвищення вимог до комфорту та безпеки міського середовища, а також гостра необхідність переходу до відновлюваних джерел енергії стимулюють пошук нових, більш ефективних та екологічно чистих рішень.

В сучасних умовах, швидкого зростання вартості електроенергії та необхідності підвищення енергоефективності, розробка автономних систем зовнішнього освітлення на основі відновлюваних джерел енергії є надзвичайно актуальною. Використання сонячної енергії для живлення освітлювальних приладів дозволяє не лише забезпечити автономність роботи системи, а й значно скоротити витрати на її експлуатацію та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Традиційні системи вуличного освітлення, підключені до централізованої електромережі, мають ряд суттєвих недоліків. Альтернативою є автономні системи освітлення, які використовують енергію сонця та не потребують підключення до електромережі. Такі системи дозволяють значно знизити витрати на електроенергію, зменшити навантаження на енергосистему та забезпечити освітлення в місцях, де відсутнє централізоване електропостачання.

Вуличне освітлення на сонячних панелях – тип зовнішнього освітлення, в якому використовуються фотоелектричні панелі, як правило розташовані на одній опорі з світильником, для накопичення електричної енергії в акумуляторах і її подальшого використання для освітлення вулиць.

Сьогодні в Україні та світі зростає необхідність у забезпеченні енергоефективного та надійного освітлення громадських просторів. Зважаючи на обмеженість традиційних енергетичних ресурсів та підвищення тарифів на електроенергію, важливим є перехід до використання альтернативних джерел енергії. Автономні системи вуличного освітлення на основі сонячних пане-

лей можуть значно знизити навантаження на електромережі та скоротити витрати на обслуговування.

Сонячні світильники потребують суттєво менших витрат на обслуговування. Через відсутність проводів та кабелів, ризик аварій є мінімальним [1]. Цей тип освітлення не забруднює навколишнє середовище.

Сонячна панель є основним компонентом такого типу вуличного освітлення. Найбільш поширені два типи панелей: монокристалічні та полікристалічні. Коефіцієнт перетворення у монокристалічних панелей набагато вищий, ніж у полікристалічних. Розмір панелі залежить від середньої освітленості території та потрібної потужності для акумулятора.

Як світильники найчастіше використовують світлодіодні панелі, оскільки вони випромінюють більшу кількість люменів при нижчому енергоспоживанні.

Для накопичення отриманої протягом дня сонячної енергії, встановлюють акумулятори, які зазвичай вбудовані у опору, або розташовані неподалік. Життєвий цикл є основним показником при виборі моделі та типу акумулятора, оскільки їхня заміна є дорогою.

Регулятор відповідає за автоматичне увімкнення/вимкнення режиму накопичення та інтенсивності світла, в залежності від освітленості середовища.

До недоліків слід віднести: значно вищі початкові витрати, ніж на побудову традиційних мереж освітлення; ризик крадіжки обладнання через його високу вартість [2]; сніг або пил в поєднанні з високою вологістю знижують кількість накопиченої енергії на горизонтальних панелях; акумулятори протягом служби світильника повинні кілька разів бути замінениими, що підвищує вартість на поточне обслуговування.

Актуальність дослідження та розробки полягає у тому, що сонячне вуличне освітлення є незалежним від загальної мережі. Отже витрати на електроенергію відсутні. Також це дозволяє встановлювати такі світильники у віддалених районах, в яких відсутня мережа.

1 Дослідження систем автономного вуличного освітлення

Автономні системи вуличного освітлення викликають все більший інтерес у дослідженнях, оскільки вони пропонують значні переваги в плані енергоефективності та екологічної стійкості. На рисунку 1.1 бачимо приклад автономної системи вуличного освітлення. Автономне освітлення базується на технологіях відновлюваної енергетики, таких як фотоелектрична та вітрова енергія, і забезпечує незалежне електропостачання без підключення до електромережі.



Рисунок 1.1 – Автономна система вуличного освітлення

Освітлення на сонячних батареях застосовують у тих випадках, коли неможливо провести стандартні дроти від точки роздачі електроживлення. Або ж їхня наявність псує зовнішній вигляд навколишнього екстер'єру, порушуючи тим самим всю естетичність прилеглої зони. Завдяки цим джерелам світла вуличного освітлення можна значно поліпшити загальний вигляд місця, де вони розміщуються. Пристрої вуличного освітлення значно прикрашають дизайн ландшафту [3].

Щоб уникнути нещасних випадків можна встановити аварійну систему, яка забезпечить тимчасове освітлення зон, які представляють потенційну не-

безпеку при відключенні електроенергії. За наявності такого освітлення можна спокійно вийти з будинку або виробити необхідні ремонтні роботи, наприклад змінити дефектний мережевий запобіжник.

Найчастіше автономне вуличне освітлення на сонячних батареях розміщують у наступних місцях:

- садові стежки;
- сходи;
- зони відпочинку;
- альтанки;
- кущі або дерева;
- альпійські гірки;
- зона біля під'їзду;
- фонтани й місця біля водойм;
- прибудови на дачній території;
- різкі рельєфні перепади тощо.

Принцип роботи вуличних пристроїв освітлення на сонячних батареях досить простий. У світлий час вони посилено накопичують енергію, перебуваючи водночас у стані спокою. Але як тільки настають сутінки, вони відразу ж активізують свою роботу й починають активно виділяти світло. Така їхня особливість виникає завдяки особливим датчикам, які розташовані в конструкції вуличного освітлення. Процес включення і відключення відбувається автоматично [4].

1.1 Принцип роботи пристроїв освітлення на сонячних батареях

Пристрій сонячного освітлення працює за принципом перетворення сонячної енергії в електричну енергію, яка накопичується і використовується для нічного освітлення. Основні етапи роботи цих пристроїв включають ви-

робництво, зберігання та споживання енергії, а також автоматичне управління освітленням.

Виробництво електроенергії.

Основним компонентом пристрою є сонячна панель [5], виготовлена з напівпровідникового матеріалу (зазвичай кремнію). Завдяки фотоелектричному ефекту вони можуть перетворювати сонячне світло в електричний струм.

Протягом дня панель поглинає сонячну енергію і перетворює її в постійний струм. Кількість виробленої енергії залежить від інтенсивності сонячного світла, кута нахилу панелі та тривалості сонячного світла.

Акумулювання для зберігання енергії.

Зібрана енергія зберігається в акумуляторній батареї, тому пристрої, в яких зазвичай використовуються літій-іонні, свинцево – кислотні і найновітніші LiFePO4 батареї, можуть працювати вночі або в похмуру погоду.

Він підключається до контролера заряду акумулятора, щоб запобігти перезарядці та надмірному розрядженню акумулятора та продовжити термін його служби.

Автоматичне включення і виключення освітлення.

Система зазвичай оснащена фотодатчиком, який визначає рівень зовнішнього освітлення. Коли рівень природного освітлення падає (наприклад, у сутінках), датчик подає сигнал на включення лампи.

Якщо поблизу пристрою виявляється рух, спрацьовує датчик руху, активується освітлення, що зменшує споживання енергії та забезпечує максимальний час автономної роботи.

Споживання енергії світлодіодною лампою.

Пристрої освітлення зазвичай використовують світлодіодні лампи, які є енергоефективними та забезпечують яскраве освітлення з мінімальним енергоспоживанням.

Завдяки світлодіодній лампі пристрій має тривалий термін служби, а його енергоефективність дозволяє йому працювати довше за 1 заряд.

Енергозбереження та автоматизація.

Система автономного вуличного освітлення протягом ночі працює, використовуючи накопичену енергію. Коли розпочнеться день, система автоматично вимкнеться і розпочне процес збору енергії для наступної ночі. Пристрої оснащені інтелектуальними контролерами, які можуть автоматично регулювати яскравість лампи в міру необхідності, наприклад, знижувати рівень освітлення вночі для економії енергії.

Основні переваги автономних систем сонячного освітлення.

Пристрої не потребують електричних з'єднань, що дозволяє використовувати їх у віддалених або важкодоступних місцях.

Економія витрат: після початкової вартості установки подальше використання практично не вимагає додаткових витрат.

Екологічність: використання сонячної енергії зменшує викиди вуглекислого газу та негативний вплив на навколишнє середовище.

Довговічність: завдяки використанню світлодіодних ламп і довговічних батарей такі системи можуть працювати протягом багатьох років без значного технічного обслуговування.

Таким чином, система освітлення на сонячній енергії є ефективним, екологічно чистим та економічним рішенням для зовнішнього освітлення, яке допомагає зменшити витрати на електроенергію та зменшити вплив на навколишнє середовище.

Автономні світильники, які працюють від сонячних батарей, мають наступну конструкцію (рис. 1.1):

- безпосередньо сонячна батарея (здебільшого вона розташовується в спеціальний плафон, який захищає її від впливу пилу і води);

- блок освітлення;

- акумулятор (також трапляються і пристрої на батарейках);

- кріплення (завдяки йому закріплюється світильник на стіні, стовпі або інший опорній конструкції);

- корпус (виробляється з нержавіючої сталі, яку покривають засобом стійким до корозії);

- система контролю (аналізує освітлення навколо світильника, вмикаючи або вимикаючи прилад за необхідності).

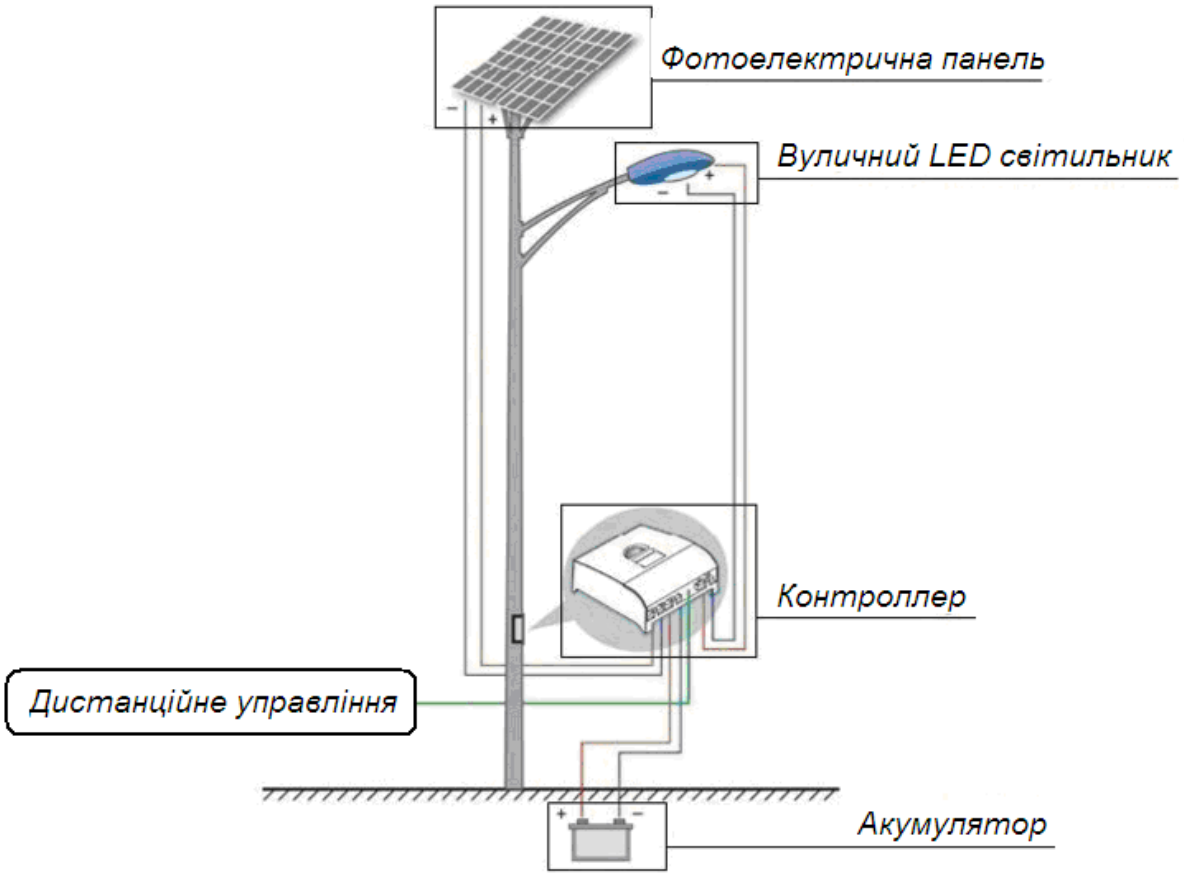


Рисунок 1.1 – Обладнання пристроїв освітлення на сонячних батареях

Світильники вуличного освітлення на сонячних батареях стандартної конструкції чудово справляються зі значними температурними перепадами й можуть успішно працювати за температури від -50 ºС і до +40 ºС. Потужність їхнього акумулятора повністю залежить від виробника пристроїв.

1.2 Види пристроїв вуличного освітлення на сонячних батареях

Найчастіше такі конструкції класифікуються безпосередньо за способом їхньої установки. Їх виділяють три види:

- настінні;
- підвісні;
- підлогові.

Настінні світильники вуличного освітлення на сонячних батареях розміщують на стінах у житлових і нежитлових будівлях. 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.

Підвісні світильники «підвішуються» на певних конструкціях. Це може бути веранда, альтанка або дерева в саду. Під час встановлення даних приладів вуличного освітлення на сонячних батареях також варто звернути увагу на потрапляння на них сонячного світла.

Підлогові світильники вуличного освітлення на сонячних батареях встановлюють на спеціальні підставки, які закріплюють на землі. Від висоти підставки залежить зона освітлення приладу. Найчастіше висота таких конструкцій не перевищує півтора метра. Підлогові автономні світильники поділяють на два види:

- класичний (має стандартну конструкцію, яка відрізняється захистом від вологи й особливим кріпленням);
- плитковий (нагадує один із видів плитки для тротуарів, найчастіше виконується у формі куба або паралелепіпеда з вбудованою світлодіодною стрічкою).

Пристрої вуличного освітлення на сонячних батареях у формі плитки виготовляються з композитних матеріалів або міцного скла, який не підда-

ється ударам. Їхній корпус повністю прозорий або матовий. Такі світильники дуже органічно вписуються навіть у найбільш екстравагантний екстер’єр.

Переваги використання приладів для вуличного освітлення на сонячних батареях

- відсутність необхідності в прокладанні проводів або інших комплектуючих частин для їхньої успішної роботи;

- безпека й надійність;

- доступність підзарядки від знімних переносних акумуляторів (досить важливий нюанс у похмурі дні);

- автономна робота;

- істотна економія електроенергії;

- утворення м’якого розсіяного світла, яке не перевантажує очі;

- хороша адаптація до складних погодних умов, можливість роботи навіть за низьких або високих температур;

- відсутність нагріву світильника (запобігання можливості виникнення пожежі).

Також 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;

- неможливість успішно генерувати енергію за відсутності сонячних променів;

- можлива крадіжка обладнання за недостатньо надійного кріплення пристрою;

- неможливість ремонту після виникнення несправності (в більшості випадків).

1.3 Зовнішнє автономне постійне або аварійне освітлення

Постійне або аварійне зовнішнє автономне освітлення набуває все більшого значення як рішення для підвищення безпеки та комфорту в районах з обмеженим доступом до електромережі або в аварійних ситуаціях. Освітлення призначене для роботи незалежно від централізованої електромережі, забезпечуючи таким чином освітлення в разі відключення електроенергії або віддаленості від інфраструктури. Структурна схема типової аварійної системи освітлення представлена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 - Структурна схема зовнішнього аварійного освітлення

Спеціальний датчик стежить за напругою в мережі змінного струму. Він містить реле, яке включає контур резервного освітлення при відключенні мережі змінного струму. Контур резервного освітлення складається з акумуляторної батареї і ліхтаря, з’єднаних послідовно з контактами реле, які грають роль двохпозиційного вимикача.

Акумуляторна батарея єдине джерело електроенергії при аварійному відключенні мережевого живлення. Вона завжди повинна знаходитися в зарядженому стані. Фотоелектричні перетворювачі перетворюють сонячну енергію в електричну і заряджають батарею.

Основу конструкції системи аварійного освітлення складає сонячна батарея. Для правильного вибору фотоелектричного генератора необхідно спочатку визначити два параметри: робоча напруга і споживаний струм аварійного ліхтаря.

Необхідної освітленості повинно бути достатньо для освітлення робочої зони у будь-який момент часу. Зазвичай в аварійних системах використовується герметична лампа (прожектор), розрахована на напругу 3,7В. Такий вибір обумовлено двома причинами:

- така лампа відповідає вимогам, що пред'являються до освітленості, володіючи достатньою яскравістю і надійністю;
- для неї потрібне живлення від низьковольтного джерела.

Простіше живити прожектор на напругу 3,7В від одного вбудованого літій-іонного аккумулятора, чим сполучати декілька батарей для живлення звичайної лампи розжарювання. Це дозволяє конструювати компактний і надійний пристрій.

Установка в будинку низьковольтної аварійної системи освітлення заподіє менше занепокоєння, ніж аналогічна система з живленням від мережі змінного струму напругою 220В. Виходячи з правил експлуатації житлових приміщень, система 220В обходиться дорожче і після установки зазвичай вимагає прийому її відповідною інспекцією. Інша справа з низьковольтними системами, які досить безпечні при установці і експлуатації, а перевіряти їх роботу доводиться украй рідко. Крім того, низьковольтне аварійне освітлення не вимагає особливих заходів обережності в умовах підвищеної вологості і працювати з ним можна, не побоюючись поразки електрострумом.

Прожектор LF-1723 з сонячною батареєю на дроті 5м - сонячна панель встановлюється в місці з найбільш якісним сонячним освітленням, а сам прожектор в необхідному місці освітлення.

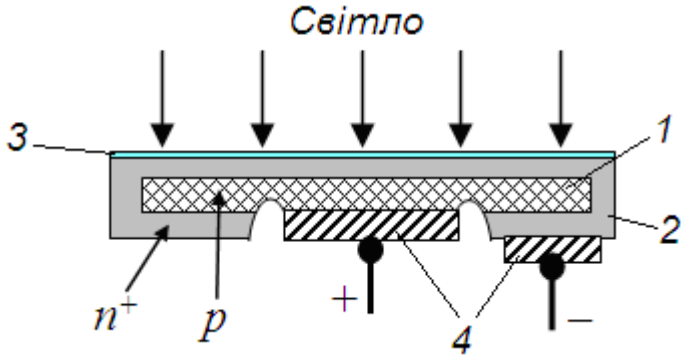
Світлодіодний прожектор LF-1723 для внутрішнього і зовнішнього освітлення. Використовується для освітлення складів, паркувань, ділянок, стоянок, малих архітектурних форм. Дана модель - це варіант автономного освітлення, що працює на сонячній енергії. Прожектор не вимагає зміни ламп або іншого додаткового технічного обслуговування, не чутливий до стрибків мережевої напруги і сам не створює такі перепади. Світловий потік рівний, без стробоскопічного ефекту. Висока енергоефективність дозволяє істотно

понизити витрати на електроенергію. Тривалий термін експлуатації дозволяє вирішити проблеми з обслуговуванням прожектора, що дуже актуально у разі, якщо прожектор встановлений на великій висоті. Характеристики прожектора: колір свічення – білий, кількість світлодіодів – 150 шт., світловий потік – 250,0 лм, напруга живлення 3,7 В.

1.4 Основні характеристики і принципи роботи сонячних батарей

У пристрої застосовується сонячна батарея необхідної потужності напругою 12В, яка дає струм 1А.

Проста конструкція сонячного елемента (СЕ) – приладу для перетворення енергії сонячного випромінювання – на основі монокристалічного кремнію показана на рисунку 1.4.



1 – кремній р-типу; 2 – кремній n-типу; 3 – плівка з діоксиду кремнію; 4 - електроди

Рисунок 1.4 – Конструкція кремнієвого сонячного елемента

Коли СЕ освітлює, поглинені фотони генерують нерівноважні електронно-діркові пари. Електрони, які генеруються в р-шари поблизу p-n переходу, личать до p-n переходу і електричним полем, яку існує в ньому, виносяться в n-область.

Аналогічно і надлишкові дірки, створені в n-шарі, частково переносяться в р-шар. В результаті n-шар набуває додаткового негативного заряду, а р-шар – позитивного. Знижується первинна контактна різниця потенціалів

між p- і n-шарами напівпровідника, і в зовнішньому колі з'являється напруга [6-7].

У результаті n-шар отримує додатковий негативний заряд, а p-шар - позитивний. Знижується первинна контактна різниця потенціалів між p- і n-шарами напівпровідника, і у зовнішньому ланцюзі з'являється напруга (рис. 1.7 б). Негативному полюсу джерела струму n-шар, а p-шар - позитивному.

Величина фото-ЕРС, яка встановлюється при освітленні переходу випромінюванням постійної інтенсивності описується рівнянням вольт-амперної характеристики (ВАХ) (рис. 1.5):

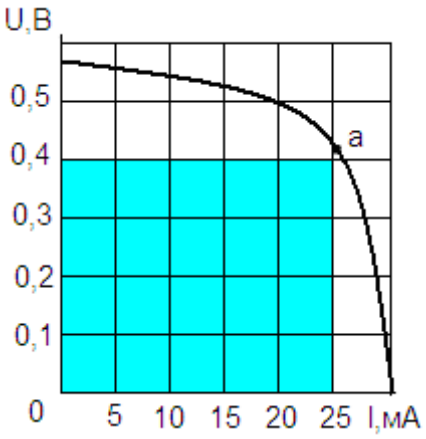


Рисунок 1.5 - Вольт-амперна характеристика сонячного елемента

$$U = \left(\frac{kT}{q}\right)\ln\left(\frac{I_\phi}{I_T + 1}\right), \qquad (1.1)$$

де I_T– струм насичення, а I_ϕ – фотострум.

ВАХ пояснює еквівалентна схема фотоелемента (рис. 1.6), яка включає джерело струму:

$$I_\phi = SqN_0Q, \qquad (1.2)$$

де S – площа фотоелемента, а коефіцієнт збирання Q – безрозмірний множник (<1), що показує, яка доля всіх створених світлом електронно-діркових пар (SN_0) збирається p-n переходом.

Паралельно джерелу струму включений p-n-перехід, струм через який дорівнює $I_s(e^{qU/kT}–1)$. p-n перехід шунтує навантаження, і при збільшенні на-

пруги струм через нього швидко зростає. У навантаження (опір R) відбирається струм I.

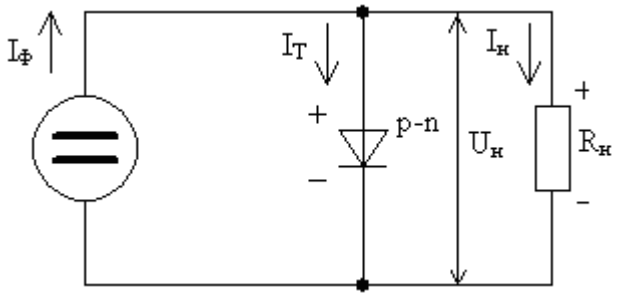


Рисунок 1.6 – Еквівалентна схема сонячного елемента

Приймаючи напрям $I_ф$ за позитивне, для $I_н$ можемо записати [8-10]:

$$I_н = I_Ф - I_0\left[\exp\left(\frac{qU_н}{AkT}\right)-1\right], \qquad (1.3)$$

де $U_н$ – напруга на навантаженні, рівна напрузі на p-n переході.

Рівняння ВАХ справедливо і при освітленні фотоелемента світлом довільного спектрального складу, змінюється лише значення фотоструму Iph. Максимальна потужність відбирається у тому випадку, коли фотоелемент знаходиться в режимі, відміченому точкою а (рис. 1.5). Максимальна потужність, що знімається з 1 см^2, дорівнює:

$$P = I_ф U = xI_{кз}U_{xx}, \qquad (1.4)$$

де x – коефіцієнт форми або коефіцієнт заповнення вольт-амперної характеристики, $I_{кз}$ – струм короткого замикання, U_{xx} – напруга холостого ходу.

$$P = I_н U_н = I_ф U_н - I_0 U_н exp\left(\frac{qU_н}{AkT}\right) \qquad (1.5)$$

При відомих параметрах навантаження ВАХ (1.3) і заданому значенні $R_н$ величини $I_н$ і $U_н$ знаходяться методом послідовних наближень при спільному рішенні (1.3) і

$$I_н = \frac{U_н}{R_н},$$

або графічно.

У режимах короткого замикання і холостого ходу P = 0, оскільки або $U_н$, або $I_н$ дорівнюють нулю. Вочевидь, існує деяке оптимальне значення $R_н = R_{опт}$, своє для кожного рівня освітленості, при якому P досягає максимального значення P_{max}. Умову максимуму потужності можна отримати з (1.5), поклавши

$$\frac{dP}{dU_н} = 0$$

$$\frac{dp}{dU_н} = I_Ф - I_0\left[\frac{qU_{опт}}{AkT}\exp\left(\frac{qU_{опт}}{AkT}\right) + \exp\left(\frac{qU_{опт}}{AkT}\right)\right] = 0$$

Тут $U_н = U_{опт}$ – напруга на оптимальному навантаженні. Після алгебраїчних перетворень і логарифмування отримаємо:

$$\frac{AkT}{q}\ln\frac{I_Ф}{I_0} = \frac{AkT}{q}\ln\left(\frac{qU_{опт}}{AkT} + 1\right) + U_{опт},$$

Помічаємо, що ліва частина є U_{xx}, звідки:

$$U_{опт} \approx U_{xx} - \frac{AkT}{q}\ln\left(\frac{qU_{опт}}{AkT} + 1\right), \qquad (1.6)$$

Формула (1.6) дозволяє визначити $U_{опт}$ методом послідовних наближень. Як перше наближення в праву частину підставляється $U_{опт} = U_{xx}$, а другого наближення – знов отримане $U_{опт}$. Двох обчислень вистачає для здобуття чотирьох вірних значущих цифр. Значення $I_{опт}$ визначається при підстановці $U_{опт}$ в (1.3):

$$I_{опт} \approx I_Ф - I_0\exp\left[\frac{qU_{xx}}{AkT} - \ln\left(\frac{qU_{опт}}{AkT} + 1\right)\right] \approx I_Ф\left(1 - \frac{AkT}{qU_{опт}}\right), \qquad (1.7)$$

Далі визначаємо $R_{опт}=U_{опт}/I_{опт}$ і P_{max} (опускаючи доданок другого порядку малості, але компенсуючи це допущенням, що $U_{опт}/U_{xx}1$):

$$P_{\max} = I_{опт}U_{опт} \approx I_Ф\left[U_{xx} - \frac{AkT}{q}\ln\left(\frac{qU_{опт}}{AkT} + 1\right) - \frac{AkT}{q}\right], \qquad (1.8)$$

На рисунку 1.5 площа заштрихованого прямокутника, рівна P_{max}. «Якість» навантаженням ВАХ, тим вище, чим ближче її форма до прямокутної. Параметром, що визначає «якість» ВАХ, є чинник заповнення ВАХ (ξ):

$$\xi = \frac{P_{\max}}{I_{кз} U_{xx}} = \frac{I_{опт} U_{опт}}{I_{кз} U_{xx}}, \qquad (1.9)$$

Вираження (1.9) можна переписати у вигляді

$$P_{\max} = I_{\Phi}\left(\frac{E_{\max}}{q}\right), \qquad (1.10)$$

де

$$E_{\max} = q\left[U_{xx} - \frac{AkT}{q}\ln\left(\frac{qU_{опт}}{AkT} + 1\right) - \frac{AkT}{q}\right] \qquad (1.11)$$

є та енергія, яка виділяється в навантаженні з розрахунку на один поглинений фотон при оптимальному узгодженні p-n-переходу із зовнішнім ланцюгом. Проаналізуємо чинники, що впливають на величину E_{max}. Для цього виразимо U_{xx} за допомогою (1.12).

$$U_{xx} = \frac{AkT}{q}\ln\left(\frac{I_{\Phi}}{I_0} + 1\right) \approx \frac{AkT}{q}\ln\frac{I_{\Phi}}{I_0}, \qquad (1.12)$$

$$i_0^{диф} = kTn_i^2\left(\frac{\mu_n}{L_n N_A} + \frac{\mu_p}{L_p N_D}\right) \qquad \text{і} \qquad n_i p_i = n_i^2 = N_c N_v \exp\left(-\frac{E_g}{kT}\right),$$

Таким чином (для простоти A=1):

$$U_{xx} = \frac{kT}{q}\left(\ln i_{\Phi} - \ln i_0\right) = \frac{kT}{q}\left\{\ln i_{\Phi} - \ln\left[kTN_c N_v\left(\frac{\mu_n}{L_n N_A} + \frac{\mu_p}{L_p N_D}\right)\exp\left(-\frac{E_g}{kT}\right)\right]\right\}.$$

Зробивши заміну

$$N_c N_v = \frac{N_c}{N_D}\frac{N_v}{N_A} N_D N_A,$$

прологарифмувавши вираження в квадратних дужках і перегрупувавши члени, отримаємо:

$$U_k = \frac{1}{q}\left[\left(E_c - E_v\right) - \left(E_c - E_f\right)_n - \left(E_f - E_v\right)_p\right] = \frac{E_g}{q} + \frac{kT}{q}\left[\ln\left(\frac{N_D}{N_c}\right) + \ln\left(\frac{N_A}{N_v}\right)\right],$$

$$U_{xx} = \frac{E_g}{q} - \frac{kT}{q}\left\{\ln\left(\frac{N_c}{N_D}\right) + \ln\left(\frac{N_v}{N_A}\right) + \ln\left[\frac{kT}{i_\Phi}\left(\frac{\mu_n N_D}{L_n} + \frac{\mu_p N_A}{L_p}\right)\right]\right\} = \\ = U_k - \frac{kT}{q}\ln\left[\frac{kT}{i_\Phi}\left(\frac{\mu_n N_D}{L_n} + \frac{\mu_p N_A}{L_p}\right)\right] \quad , (1.13)$$

Тепер (1.11) можна переписати у вигляді:

$$E_{\max} = E_g - kT\left\{\ln\left(\frac{N_c}{N_D}\right) + \ln\left(\frac{N_v}{N_A}\right) + \ln\left[\frac{kT}{i_\Phi}\left(\frac{\mu_n N_D}{L_n} + \frac{\mu_p N_A}{L_p}\right)\right] + \ln\left(\frac{qU_{опт}}{kT} + 1\right) + 1\right\}, \qquad (1.14)$$

З (1.14) видно, що верхньою оцінною межею для E_{max} є значення ширини забороненої зони E_g напівпровідника, яка визначає величину потенційної енергії однієї фото генерованої електронно-діркової пари. В принципі кванти з енергією $h\nu = E_g$ вже можуть бути поглинені напівпровідником. Проте енергія цих квантів не використовується в погодженому навантаженні повністю. У другому членові правої частини вираження (1.14) представлені втрати фундаментального характеру, що обмежують коефіцієнт корисної дії сонячного елементу з p-n-переходом. Перші два доданки втрат у фігурних дужках (разом з множником kT) відображають той факт, що контактна різниця потенціалів U_k менше значення E_g/q. «Втрати на U_k» залежать від щільності полягань у валентній зоні і зоні провідності напівпровідника, а також від концентрацій основних носіїв в n- і p-областях p-n-переходу.

Третій доданок відображає той факт, що $U_{xx} < U_k$. «Втрати на U_{xx}» залежать від концентрацій основних носіїв і електрофізичних параметрів (рухливість, дифузійні довжини) неосновних носіїв в n- і p-областях p-n-переходу. Четвертий доданок – «втрати на $U_{опт}$». Вони залежавши від трьох попередніх доданків (вираження (1.6) для $U_{опт}$) і відображають той факт, що $U_{опт} < U_{xx}$. Нарешті, п'ятий доданок (kT помножене на одиницю) можна інтерпретувати як «втрати на оптимальний струм», пов'язані з тим, що в точці оптимального навантаження ВАХ освітленого p-n-переходу оптимальний струм менше фотоструму (вираження (1.7) для $I_{опт}$).

Для контролю сонячних елементів, поважно визначити фотоелектричні властивості p-n-переходу залежно від рівня освітленості. В умовах, коли кількість носіїв струму, які фотогенеруються, залишається багато менше кількості основних носіїв, варіювання освітленості означатиме, що прямо пропорційно змінюється і щільність фотоструму $I_ф$.

Розрахунки показали що корисна енергія E_{max} збільшується при збільшенні $I_ф$, тобто рівня освітленості. Це відбувається за рахунок збільшення U_{xx}, а також пов'язаного з ним збільшення $U_{опт}$ і наближенні $I_{опт}$ до значення $I_ф$. Коефіцієнт корисної дії p-n-переходу як фотоелектричний перетворювач монохроматичного випромінювання може бути визначений у вигляді відношення E_{max} до енергії одного поглиненого фотона hν:

$$\eta_{h\nu} = \frac{E_{\max}}{h\nu}, \qquad (1.15)$$

«монохроматичний» ККД p-n-переходу помітно зростає при збільшенні щільності фотоструму, тобто освітленості.

Ефективність сонячних панелей є важливим показником, що визначає здатність сонячних елементів перетворювати сонячну енергію в електричну. На цей процес впливає багато факторів, які необхідно враховувати для досягнення максимальної продуктивності системи.

Одним з основних факторів є інтенсивність і спектр сонячного випромінювання. Панелі найбільш ефективні при прямому сонячному світлі, а в похмурі або затінені дні їх дія значно знижується. Тип сонячної батареї також важливий, оскільки монокристалічні та полікристалічні панелі порізному реагують на різні довжини хвиль світла.

Температура навколишнього середовища також відіграє важливу роль. Високі температури, що перевищують оптимальне значення, призводять до збільшення електропровідності матеріалу панелі і зниження ККД через зниження вихідної напруги. Зазвичай кожен градус підвищення температури може знизити експлуатаційні характеристики панелі на 0,3-0,5%.

Проблеми можуть виникнути через неправильний кут нахилу та орієнтацію панелі. Найефективніші кути нахилу залежать від географічного розташування і змінюються протягом року, тому неправильне регулювання може призвести до значних втрат енергії. Пил і бруд на поверхні панелі також можуть значно знизити ефективність роботи. Без регулярного очищення панелей забруднення може призвести до зниження продуктивності до 20-30%.

1.4.1 Конструкції і матеріали сонячних елементів

Для ефективної роботи сонячних елементів необхідне дотримання ряду умов:

- оптичний коефіцієнт поглинання (α) активного шару напівпровідника має бути чималим, аби забезпечити поглинання істотної частини енергії сонячного світла в межах товщини шару;

- електрони, які генеруються при освітленні, і дірки повинні ефективно збиратися на контактних електродах з обох боків активного шару;

- сонячний елемент повинен володіти значною висотою бар'єру в напівпровідниковому переході;

- повний опір, включений послідовно з сонячним елементом (виключаючи опір навантаження), має бути малим для того, щоб зменшити втрати потужності (тепло джоуля) в процесі роботи;

- структура тонкої плівки має бути однорідною по всієї активної області сонячного елементу, аби виключити замикання і вплив шунтуючих опорів на характеристики елементу.

Виробництво структур на основі монокристалічного кремнію, які задовольняють даним вимогам, – процес технологічно складний і дорогий. Тому увага була обернена на такі матеріали, як сплави на основі аморфного кремнію (a-Si:H), арсенід галію і полікристалічні напівпровідники [9].

Одним з найбільш перспективних матеріалів для створення високоефективних сонячних батарей є арсенід галію. Це пояснюється таким його особливостями, як:

- майже ідеальна для одноперехідних сонячних елементів ширина забороненої зони 1,43 еВ;

- підвищена здібність до поглинання сонячного випромінювання: потрібний шар завтовшки всього в декілька мікрон;

- висока радіаційна стійкість, що спільно з високою ефективністю робить цей матеріал надзвичайно привабливим для використання в космічних апаратах;

- відносна нечутливість до нагріву батарей на основі GaAs;

- характеристики сплавів GaAs з алюмінієм, миш'яком, фосфором або індієм доповнюють характеристики GaAs, що розширює можливості при проектуванні СЕ.

Головне достоїнство арсеніду галію і сплавів на його основі —широкий діапазон можливостей для дизайну СЕ. Фотоелемент на основі GaAs може складатися з декількох шарів різного складу. Це дозволяє розробникові з великою точністю управляти генерацією носіїв заряду, що в кремнієвих СЕ обмежено допустимим рівнем легування. Типовий СЕ на основі GaAs складається з дуже тонкого шару AlGaAs як вікно.

Основний недолік арсеніду галію – висока вартість. Для здешевлення виробництва пропонується формувати СЕ на дешевших підкладках; вирощувати шари GaAs на підкладках, що видаляються, або підкладках багатократного використання. Полікристалічні тонкі плівки також вельми перспективні для сонячної енергетики [9].

Окремі сонячні елементи не дають великої потужності на виході, тому сонячні елементи послідовно з'єднуються в сонячні модулі, які у свою чергу паралельно з'єднуються в сонячні батареї як представлено на рисунку 1.7.

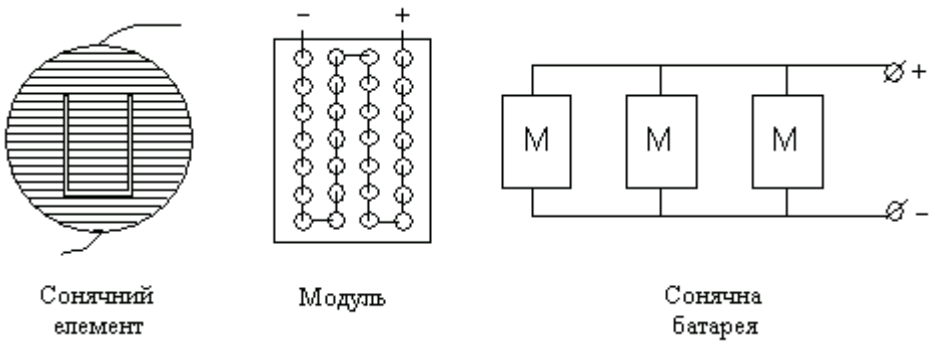


Рисунок 1.7 – Конструкція сонячної батареї

Найбільш типові фотоелектричні модулі - це кремнієві потужністю 40-160 пікових ват (тобто потужністю максимум в 40 – 160 Вт при яскравому сонці). Такий сонячний модуль має розмір від 0,4 до 1,6 м^2.

Сонячні модулі по-іншому називають сонячні панелі, які з'єднуються в сонячні батареї, для отримання необхідної потужності. Для пристрою автономного освітлення необхідно 1 модуль на 50 Вт (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Сонячна батарея для живлення пристрою автономного освітлення

ККД доступних модулів варіюється в межах 5 – 15%. Це означає, що 5 – 15% від кількості енергії, падаючої на сонячний елемент, буде трансформовано в електрику. Дослідницькі лабораторії у всьому світі розробляють нові матеріали для СЕ з вищим ККД (до 30%). Вартість виробництва також дуже важлива. Деякі нові технології (такі як, наприклад, тонкоплівкові), дозволяють виробляти СЕ у великих масштабах, що значно понизить вартість елементів і модулів.

Важливим моментом роботи сонячних елементів являється їх температурний режим. При нагріванні елементу на один градус більше за 25ºС він втрачає напругу в 0,002В, тобто 0,4%/градус. На рисунку 1.9 приведено сімейство кривих ВАХ для температур 25º С і 60º С.

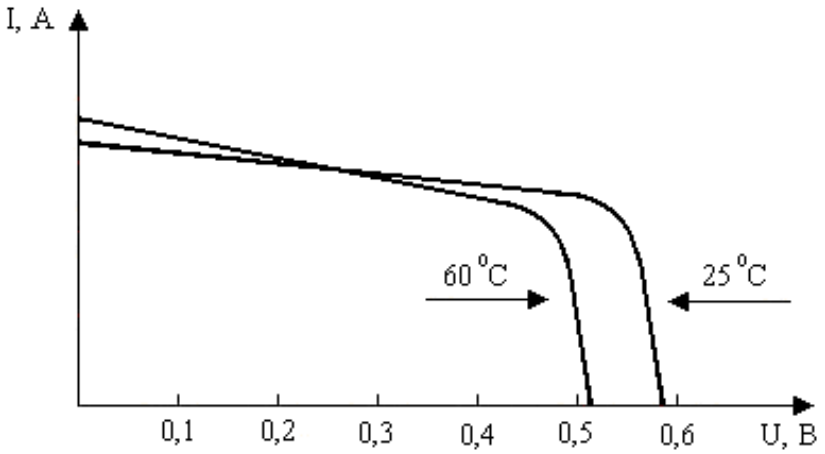


Рисунок 1.9 - Сімейство кривих ВАХ для температур 25º С і 60º С

В ясну сонячну погоду елементи нагріваються до 60…70º С втрачаючи 0,07…0,09 В кожний. Це і є основною причиною зниження ККД сонячних елементів, що призводить до падіння напруги, що генерується елементом.

ККД звичайного сонячного елементу коливається у межах 10…16 %. Це означає, що елемент розміром 100×100 мм при стандартних умовах може генерувати 1…1,6 Вт.

Стандартними умовами для паспортизації елементів у всьому світі признаються наступні:

- освітленість 1000 Вт/м^2;

- температура 25ºС;

- спектр АМ 1,5 (сонячний спектр на широті 45º)

Точка перетину кривої з віссю напруг називається напругою холостого ходу - $U_{хх}$, точка перетину з віссю струмів – струм короткого замикання $I_{кз}$.

Максимальна потужність модуля визначається як найбільша потужність при STC (Standart Test Conditions) (рис. 1.10).

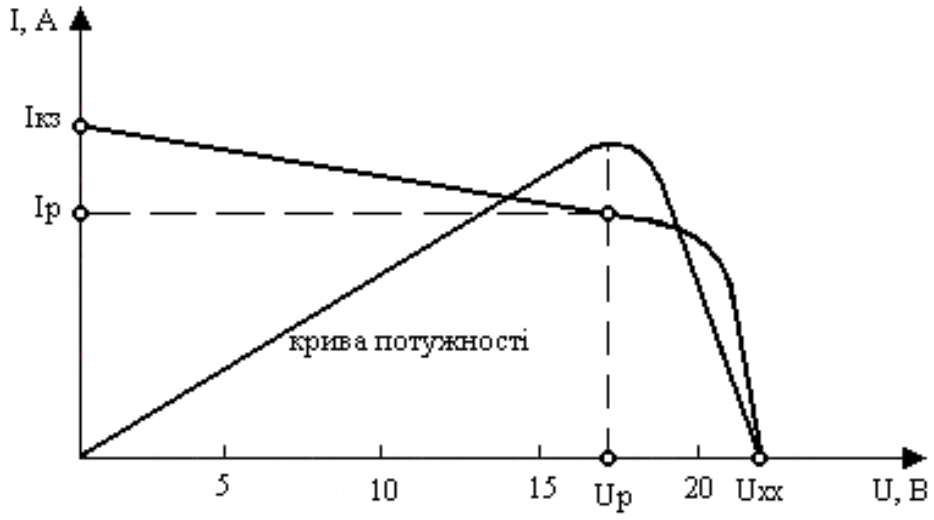


Рисунок 1.10 - Графік кривої потужності

Напруга, відповідна максимальній потужності, називається напругою максимальної потужності (робочою напругою - U_p), а відповідний струм – струмом максимальної потужності (робочим струмом - I_p).

Напруга холостого ходу модуля мало залежить від освітленості, в той час як струм короткого замикання, а відповідно і робочий струм, прямо пропорційні освітленості.

Спектральна чутливість сонячного елементу – це залежність струму короткого замикання від довжини хвилі оптичного випромінювання, що падає на поверхню, розраховуючи на одиницю потужності випромінювання.
У стандартних умовах вимірюються стаціонарні значення спектральної чутливості. Автоматизоване вимірювання динаміки спектральної чутливості дозволяє спостерігати часові зміни струму короткого замикання, обумовлені процесами з різноманітними характерними часовими перерозподілами електронів та дірок у сонячному елементі [7].

1.5 Регулятори заряду акумуляторних батарей

У багатьох випадках необхідно, аби електроприлади і устаткування працювали і за відсутності сонячного світла. Для цього слід накопити в акумуляторах сонячну енергію, яка вироблювану протягом дня, для подальшого

використання. Найбільш прийнятними для цих цілей є свинцево-кислотні або літій-іонні акумуляторні батареї.

Контролер заряду призначений для регулювання струму, який поступає від фотоелектричних перетворювачів і запобігання перезаряду акумуляторної батареї.

Свинцево-кислотні акумуляторні батареї складаються з декількох окремих елементів, сполучених послідовно. Кожен елемент, що розвиває напругу до 2В, містить дві свинцеві пластини, поміщені в слабкий розчин сірчаної кислоти. При протіканні електричного струму через елемент відбувається зворотна електрохімічна реакція, і в елементі накопичується електрична енергія, яку при необхідності можна згодом використовувати.

Процес зарядки акумуляторної батареї досить складний. Батарея свинцево-кислотних акумуляторів є чутливим електричним пристроєм, який вимагає дбайливого відношення, особливо при зарядці.

Заряд акумуляторної батареї починається при подачі напруги до пластин елементу, внаслідок чого через нього починає протікати електричний струм. Він приводить до виникнення електрохімічної реакції, яка змінює хімічний склад пластин і електроліту акумуляторного елементу. Швидкість цієї реакції залежить від величини зарядного струму. Чим більше струм, тим швидше протікає реакція. Кінець кінцем саме заряд, зв’язаний з цим струмом, запасається в елементі для подальшого використання.

Акумуляторна батарея накопичує все більший заряд, і врешті-решт настає насичення. По суті хімічна реакція стабілізується або врівноважується, і подальше накопичення заряду припиняється.

Рівновага настає коли більшість сульфатних іонів, які були поглинені з розчину сірчаної кислоти свинцевими пластинами під час циклу розряду батареї, повертаються з пластин в розчин. При цьому пластини знову набувають металевих властивостей і починають поводитися, як електроди, поміщені у водний розчин. Зарядний струм починає розкладати воду в електроліті на елементарні складові (водень і кисень). Цей процес можна відмітити спосте-

рігаючи «кипіння» батареї. Термін цей помилково використовують із-за зовнішньої схожості появи бульбашок газу при електролізі з кипінням.

Правильніше цей ефект називати газовиділенням. Газовиділення починається, коли в батареї запасено близько 70…80% повного заряду. Якби батарея заряджалася з колишньою швидкістю, газовиділення привело б до пошкодження акумуляторних елементів.

Проте швидкість електролізу, який викликає газовиділення, пропорційна струму, що протікає через елемент. Чим менше струм, тим повільніше розкладається вода і слабкіше виділення газу.

Можна істотно зменшити руйнівні наслідки виділення газу, понизивши зарядний струм при появі ознак газовиділення. Хоча воно повністю припиняється лише у відсутності струму, величину зарядного струму можна понизити до такого рівня, аби не погіршити якість батареї при накопиченні заряду.

На останньому етапі заряду акумуляторну батарею заряджають струмом, величина якого зазвичай складає невелику частину начального зарядового струму. Цим струмом повільно заряджають батарею і тим самим запобігають інтенсивному виділенню газу.

Після повного заряду акумуляторної батареї її можна відключити від джерела живлення. Із-за наявності домішок в електроліті і змінах хімічного складу пластин в акумуляторних елементах виникають внутрішні струми, які зменшують з часом накопичений заряд. Зрештою акумуляторна батарея саморозрядиться.

Струм, необхідний для заряду акумуляторної батареї, залежить від міри зарядженості акумуляторних елементів. Звідси витікає необхідність створення регулятора заряду, який оцінює стан розрядженої батареї і в залежності від нього керуючого зарядним струмом.

Відомі три способи заряду свинцево-кислотних акумуляторів. При заряді від сонячних елементів найбільш придатний спосіб з двохступінчастим зарядним циклом (рис. 1.11).

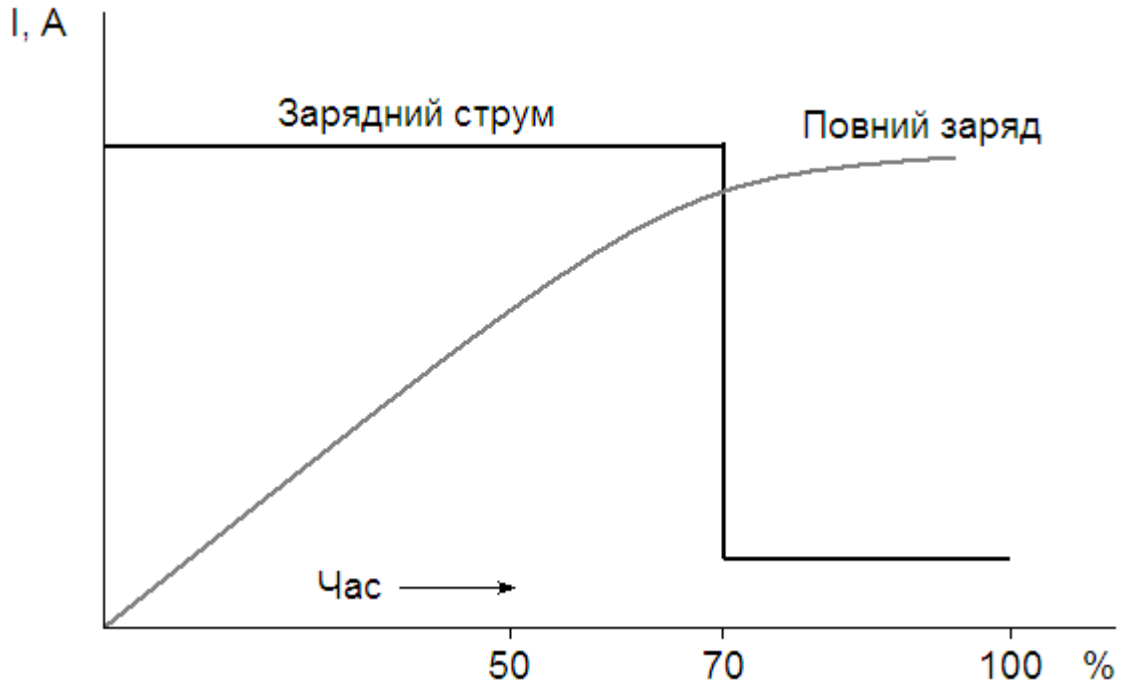


Рисунок 1.11 – Двохступінчастий зарядний цикл

Передбачимо, що акумуляторна батарея повністю розряджена. Почнемо пропускати струм через елементи. Оскільки зарядний цикл акумуляторної батареї повинен відповідати періоду генерації сонячними елементами корисної електричної потужності, бажано, аби заряд батареї відбувався за можливо найкоротший час.

Оптимальнім режимом заряду буде такий, при якому виділення газу почнеться приблизно через 4 години після початку заряду батареї. Цей година відповідає найбільшій інтенсивності сонячного випромінювання в світлий година доби, зазвичай в інтервалі 10…14 г. Незалежно від сезонних змін і погодних розумів саме в цей годину доби можна досягти максимальної віддачі від сонячних елементів.

Цьому часу заряду чисельно відповідає зарядний струм величиною 20 А на кожних 100 А·ч ємкості батареї, якщо сонячні елементи дозволяють отримувати такий струм. Наприклад, батарея ємкістю 75 А·ч повинна заряджатися струмом 15 А.

Після 4-годинного заряду при фіксованій швидкості до початку газовиділення в батареї буде запасено 80% повного заряду. На наступному етапі

необхідно понизити зарядний струм до нижчого рівня. Величина цього струму зазвичай складає 2…5% ємкості батареї. Для узятої як приклад батареї ємкістю 75 А·ч зарядний струм на кінцевому етапі заряду може складати 1,5…3,75 А. У залежності від вибраного струму буде потрібно ще 4…10 часів для остаточного заряду акумуляторної батареї. При такій швидкості для повного заряду батареї потрібно більше одних суток. Проте в досконалих енергетичних пристроях акумуляторні батареї зазвичай знаходяться в повністю зарядженому стані велику частину часу експлуатації, а їх повна розрядка зустрічається украй рідко.

Для нормальної роботи регулятора заряду, який задовольняє вимогам до зарядного струму, необхідно мати відомості про міру зарядженої акумуляторної батареї у будь-який момент часу. Існує встановлене співвідношення між кількістю запасеного в батареї заряду і напругою на ній. Як видно з рисунка 1.12 це відношення майже завжди лінійно.

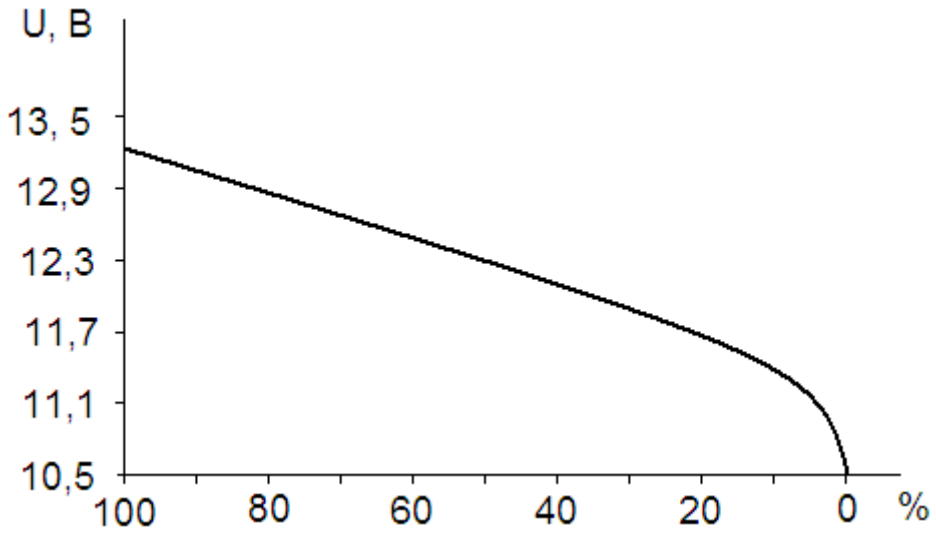


Рисунок 1.12 – Співвідношення між кількістю запасеного в батареї заряду і напругою на ній

Область заряду, що цікавить нас, лежить в межах 70…80 % від повного заряду батареї. Саме досягши такої міри зарядженості починається газовиділення і необхідно змінити зарядний струм. Для батареї 12 вольт в цій точці напруга складає 12,6 В. Повністю заряджена батарея розвиває напругу 13,2В.

Визначаючи напругу на батареї, можна регулювати зарядний струм. Якщо напруга нижче 12,6 В, то акумуляторні елементи містять менше 80% заряду і регулятор видає повний зарядний струм. Коли ж напруга на батареї піднімається вище 12,6 В, необхідно понизити зарядний струм до рівня струму підживлення.

За напругою на батареї стежить спеціальний пристрій (компаратор), який зібраний по схемі звичайного підсилювача з дуже великим коефіцієнтом посилення. Компаратор включений в схему представлену на рисунку 1.13, можна використовувати як операційний підсилювач.

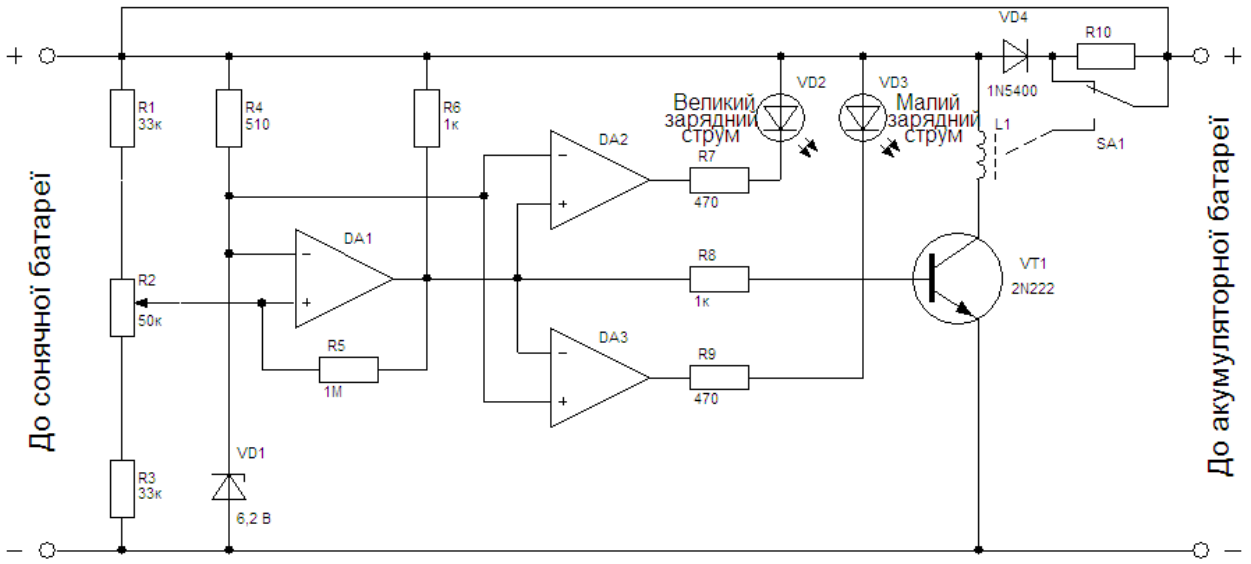


Рисунок 1.13 - Регулятор заряду акумуляторних батарей

Компаратор порівнює дві напруги – вимірювану і опорну, які подаються на його входи. На інвертуючий вхід компаратора (-) подається опорна напруга із стабілітрона VD1. Цією напругою задається рівень спрацьовування пристрою.

Напруга батареї ділиться резисторами R1, R2 і R3 так, щоб вона приблизно дорівнювала напрузі стабілізації діода VD1. Напруга, поділена резисторами, подається на неінвертуючий вхід (+) компаратора з движка потенціометра R2 точного налаштування порогу перемикання.

Якщо напруга акумуляторної батареї зменшиться настільки, що сигнал на неінвертуючому вході опуститься нижче за межу, визначувану діодом VD1, на виході компаратора встановиться негативна напруга. Якщо ж напруга батареї піднімається вище опорного, на виході компаратора встановиться позитивна напруга. Перемикання знаку напруги на виході компаратора і забезпечуватиме необхідне регулювання зарядного струму.

Потрібно чотири з'єднання, аби об'єднати сонячну батарею, регулятор заряду і акумуляторну батарею (рис. 4.14).

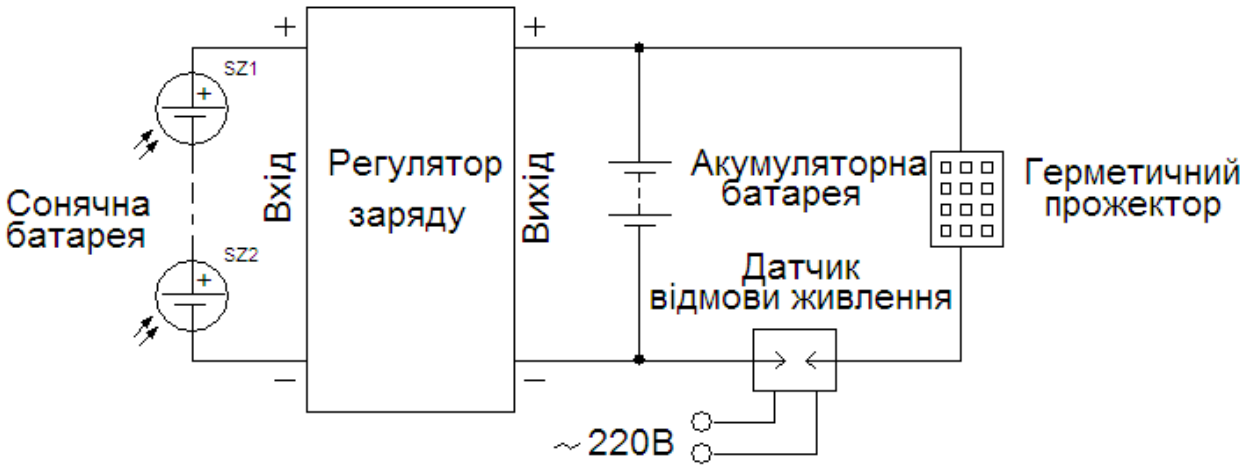


Рисунок 1.14 – Схема пристрою автономного вуличного освітлення

Одним провідником слід з'єднати позитивний вивід сонячної батареї з позитивним входом регулятора заряду. Негативний вивід сонячної батареї необхідно від’єднати до негативного входу регулятора [11].

Позитивний і негативний виводи регулятора заряду приєднуються до позитивного і негативного полюсів акумуляторної батареї відповідно. Ці електричні зв'язки постійні, і не має сенсу ставити в коло який-небудь вимикач; при необхідності регулятор заряду підживлює батарею зарядним струмом за умови, що в цей час світить сонце.

Коли батареї не потрібний повний зарядний струм (що буває найчастішим), регулювальник видає невеликий струм, що підтримує батарею в зарядженому стані. Величина такого підживлюючого струму визначається вели-

чиною струмообмежуючого резистора в схемі регулятора. Для даного випадку підійде півватний вуглецевий резистор величиною 22 Ом.

Метою роботи являється розробка системи зовнішнього освітлення на сонячних елементах з підвищеним ККД.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- обрати сонячну батарею за відповідними вимогами до електричних параметрів, конструктивних параметрів, захищеності та дизайну;
- забезпечити орієнтацію сонячної батареї на максимальне сприйняття сонячного випромінювання;
- розрахувати схему регулятора напруги на сучасній елементній базі;
- забезпечити акумулювання електроенергії сучасними приладами;
- забезпечити зовнішнє освітлення світлодіодним прожектором.

2 Розробка автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення

В багатьох країнах широко використовують альтернативні джерела електроенергії, зберігаючи в такий спосіб не відновлювані ресурси, а також зменшуючи викиди CO_2 в атмосферу та зводять рахунок за електроенергію майже до мінімуму.

Пристрій автономного зовнішнього освітлення є інженерною системою, що складається з десятків різних компонентів (сонячна панель, контролер заряду, аккумулятор, інвертор, система кріплень, система орієнтації на сонце, світлодіодний прожектор, датчик руху, комутаційне обладнання) (рис. 2.1). Тому для ефективної і безперебійної роботи вкрай важливо правильно провести проектування та розробку сонячної системи.

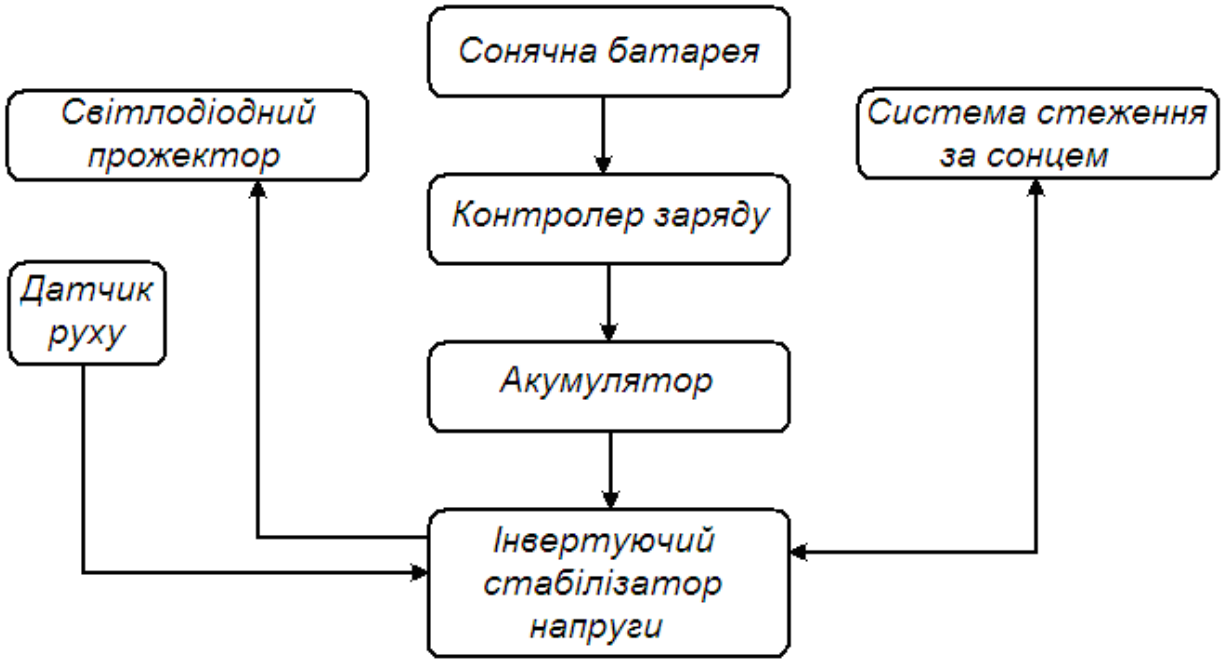


Рисунок 2.1 – Функціональна схема системи автономного зовнішнього освітлення на фотоелектричних перетворювачах

Інколи гостра необхідність в зовнішньому освітленні виникає в місцях, віддалених від центральної енергомережі. Світло вночі потрібне стоянкам за межею міста, деяким рекреаційним зонам, на проблемних ділянках автомагі-

стралей. Далеко не завжди тягнути туди лінію електропередач фінансово доцільно, адже вартість 1км ЛЕП обходиться в 100 тисяч гривень. Виходом з положення можуть стати ліхтарі-стовпи на сонячних батареях

2.1 Сонячна батарея автономної системи освітлення

За принципом роботи сонячна батарея являє собою фотоелектричний генератор постійного струму, який використовує ефект перетворення променевої енергії в електричну.

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

Сонячні панелі з полікристалічних фотоелектричних елементів найбільш поширені у зв'язку з оптимальним співвідношенням ціни і ККД серед сіх різновидів панелей. Їх ККД становить 12…14%. 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%.

Зазвичай монокристалічні елементи мають форму багатокутників, якими важко заповнити всю площу панелі без залишку. В результаті питома потужність сонячної батареї трохи нижча, ніж питома потужність окремого її елемента. Сонячні батареї з аморфного кремнію мають один з найбільш низьких ККД. Зазвичай його значення в межах 6…8%. Однак серед усіх кремнієвих технологій фотоелектричних перетворювачів вони виробляють найдешевшу електроенергію [6].

Сонячні панелі з телуриду кадмію (CdTe) виготовляються на основі плівкової технології. Напівпровідникову плівку наносять тонким шаром у кілька сотень мікрометрів. Ефективність елементів з телуриду кадмію невели-

ка, ККД близько 11%. Проте, в порівнянні з кремнієвими панелями, ват потужності цих батарей обходиться на кілька десятків відсотків дешевше.

Зі зростанням робочої температури, кожен тип сонячних батарей веде себе по-різному. Так у кремнієвих елементів номінальна потужність падає з кожним градусом перевищення номінальної температури на 0,43…0,47%. У той же час елементи з телуриду кадмію втрачають всього 0,25%.

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 0,2м^2 потужність модуля становить приблизно 10Вт. Напруга при максимальному навантаженні – близько 25В. Струм короткого замикання становить близько 500мкА. Вага такого модуля близько 2кг. Приблизний ККД сонячної батареї – від 4 до 18%. Термін служби такої пластини не менше 25 років.

Полікристалічні фотомодулі АХ-150Р призначені для 12-вольтних систем і використання в автономних і мережевих фотоелектричних пристроях (рис. 2.2). Потужність 150Вт, розмір 1360×850×30, U_p = 18,3В, I_p = 8,3А, вага 11кг.

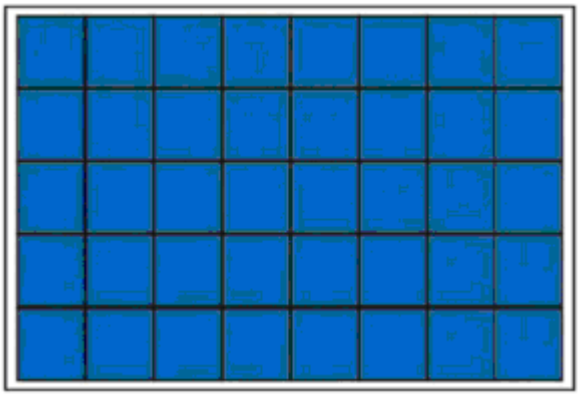


Рисунок 2.2 - Полікристалічний фотомодуль АХ-150Р (AXIOMA energy)

Полікристалічні сонячні елементи виробляються на основі полікристалічного кремнію, отриманого методом повільного охолодження – спрямованої кристалізації і розпиляного на пластини. Середня площа, займана системою в 1 кВт на базі полікристалічних панелей становить 8,3 м^2.

2.2 Система стеження за Сонцем

На даному етапі розвитку сонячної енергетики найбільш пильну увагу слід приділити обладнанню фотомодулів системою стеження за Сонцем, що дає найкраще співвідношення вартість/ефективність.

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 [7, 8]. Застосування системи спостереження дозволить змінювати кут нахилу фотоелектричного модуля протягом дня таким чином, щоб зберігати прямий кут падіння сонячних променів на його поверхню.

Кут нахилу вісі (полярний кут) визначається географічним положенням і відповідає широті місця, в якому змонтовано пристрій. Географічна координата Запоріжжя відповідає 47° південної широти. Тоді вісь слідкуючого пристрою буде повернута на кут 47° до горизонту. На Північному полюсі вона перпендикулярна поверхні Землі (рис. 2.3).

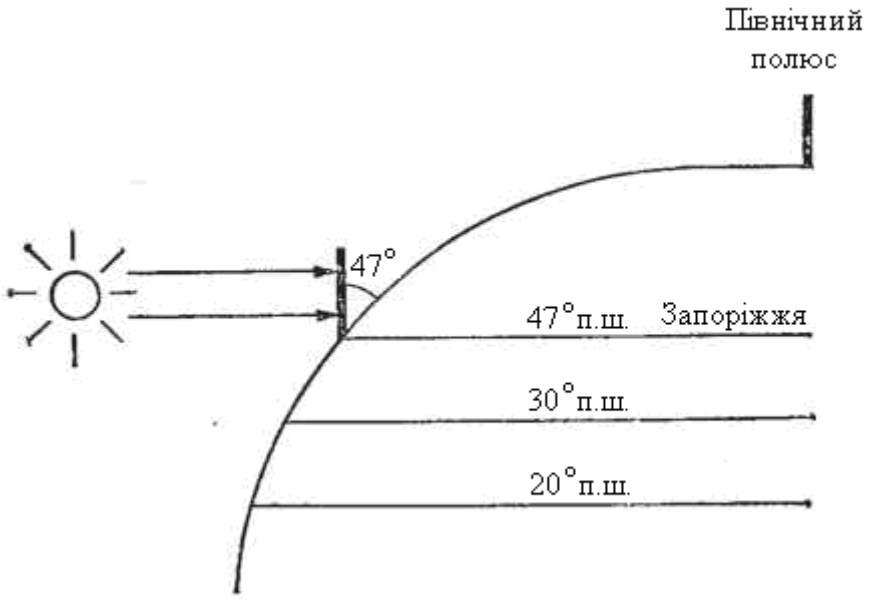


Рисунок 2.3 – Повертання вісі слідкуючого пристрою в залежності від географічної координати

Обертання сонячних елементів на схід або захід відносно цієї похилої вісі імітуватиме рух сонця по небосхилу. Якщо повертати сонячні елементи з кутовою швидкістю обертання Землі, можливо повністю «зупинити» Сонце.

Це обертання здійснюється механічною системою слідкуючого пристрою. Для обертання сонячних елементів довкола вісі необхідний двигун. У будь-який момент добового руху сонця площина сонячних батарей буде тепер перпендикулярна напрямку сонячних променів.

Електронна частина слідкуючого пристрою видає ведучому механізму інформацію про положення Сонця. По електронній команді панель встановлюється в потрібному напрямі. Як тільки сонце зміститься до заходу, електронний регулятор запустить електродвигун до тих пір, поки знову не відновиться потрібний напрям панелі на Сонце [4].

Розробляємий пристрій стеження за Сонцем використовує імпульсне регулювання, і без втручання зовні здатний орієнтувати сонячну батарею по найкращій освітленості. Функціональна схема пристрою слідкування за Сонцем представлена на рисунку 2.4.

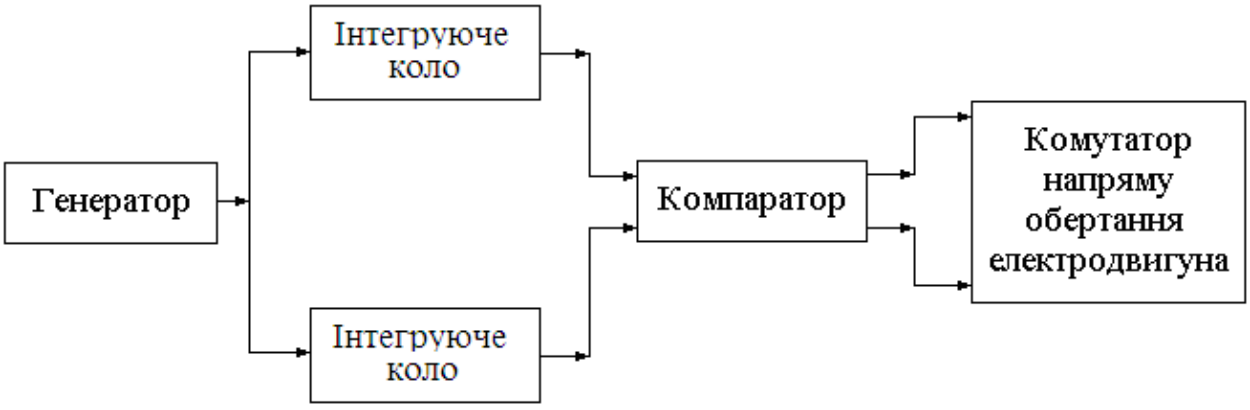
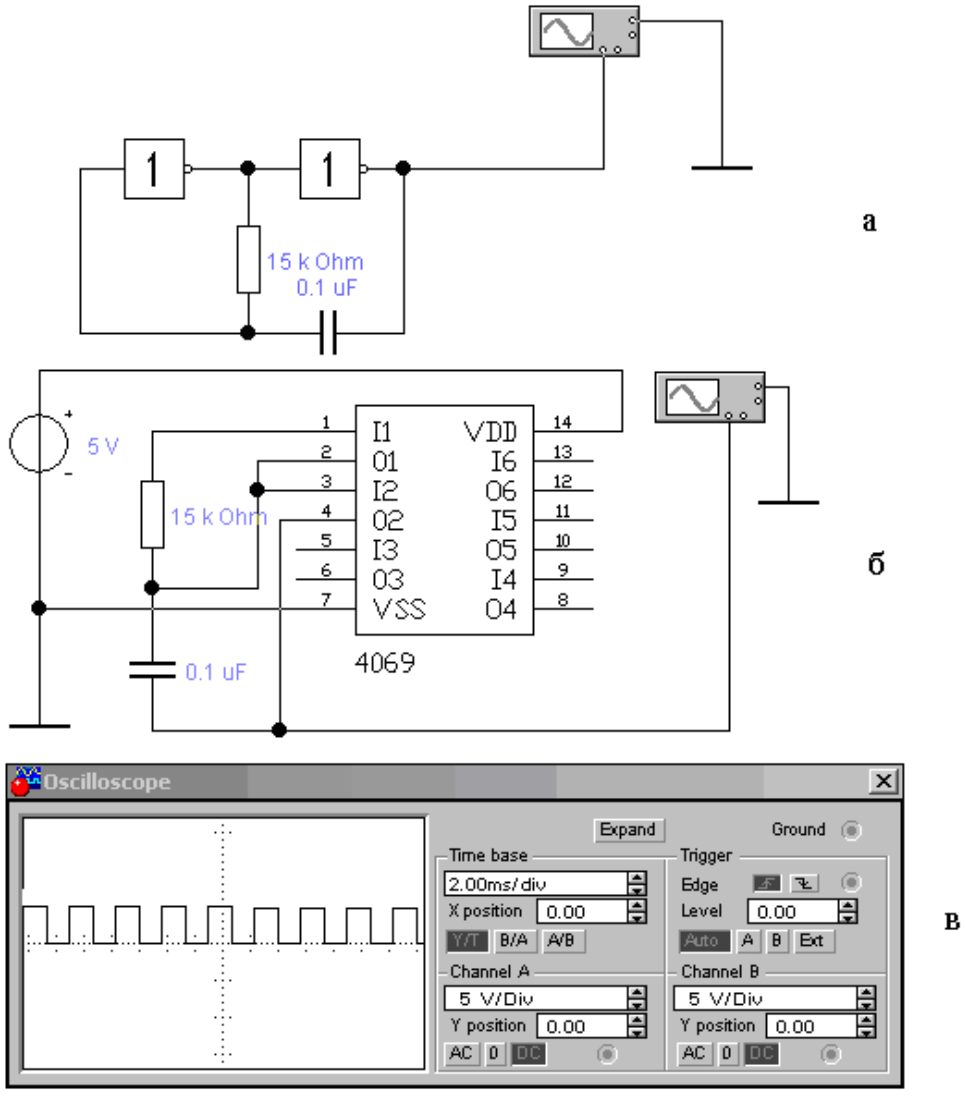


Рисунок 2.4 - Функціональна схема пристрою слідкування за Сонцем

Тактовий генератор виробляє імпульси, які поступають на інтегруючи ланцюги. В схему інтегруючих кіл входять світлодіоди, які освітлюються Сонцем. В залежності від освітлення формуються сигнали з різною тривалістю. Сигнали з інтегруючих кіл поступають на компаратор. Залежно від спів-

відношення тривалості імпульсів компаратор виробляє сигнали, які поступають на комутатор напряму обертання електродвигуна.

Обираємо схему генератора імпульсів, яка буде зібрана на мікросхемі виготовленій по МНОП технології. Проведемо аналіз функціонування генератора імпульсів в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.5).



а – на логічних елементах;

б – на мікросхемі 4069 (К561ЛН2);

в – діаграма функціонування

Рисунок 2.5 – Аналіз функціонування генератора імпульсів

Схема побудована на мікросхемі К561ЛН2 і виробляє імпульси з частотою 250 Гц.

Інтегруючим колом (інтегратором) називають коло, призначене для виконання операції інтегрування, тобто для одержання вихідної напруги $U_{вих}(t)$, пропорційної інтегралу від вихідної $U_{вх}(t)$ [8]:

$$U_{вих}(t) = \frac{1}{\tau}\int_0^t U_{вх}(t)dt$$

Проведемо аналіз функціонування інтегруючого кола в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.6).

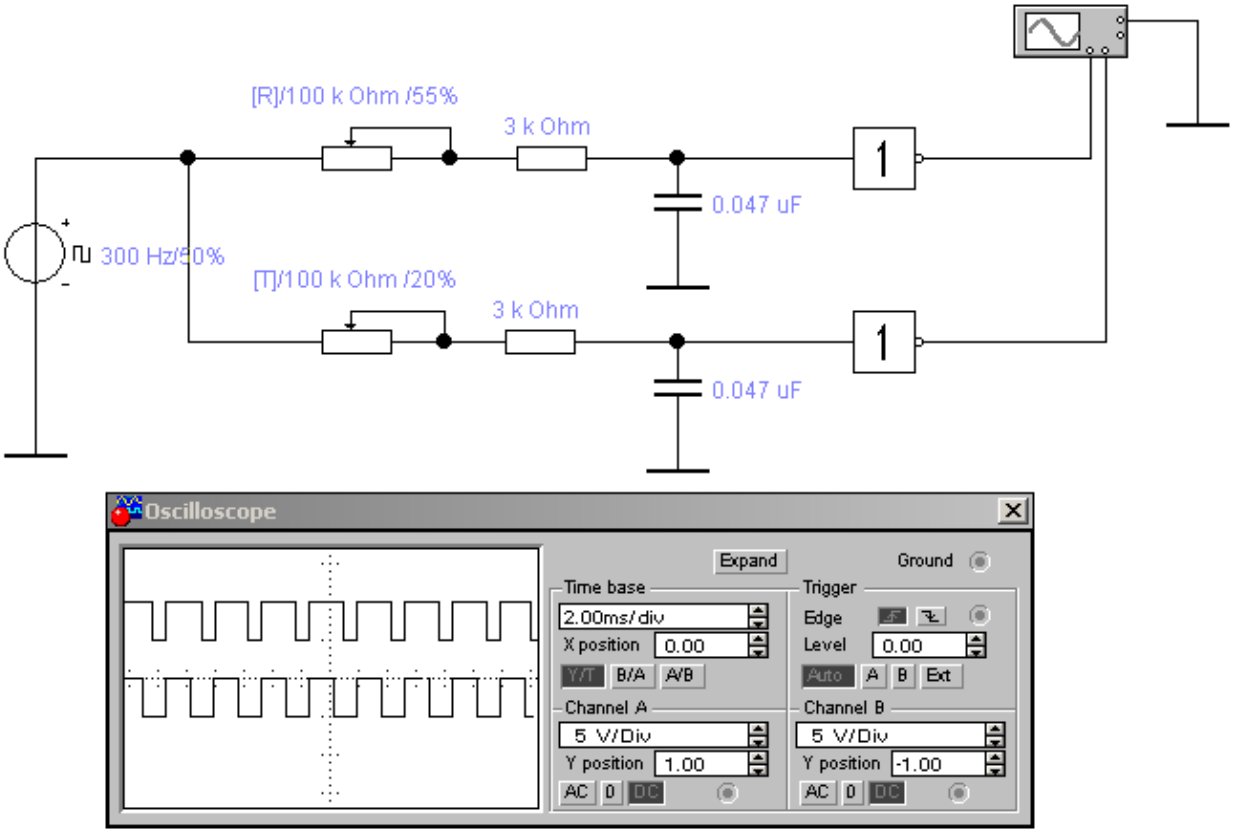


Рисунок 2.6 – Аналіз функціонування блоку інтегруючих ланцюгів

Форма вихідного сигналу залежить від заряду ємностей. Для перетворення тривалості імпульсів необхідно до виходу підключити формувачі, у якості яких обираємо інвертори. Параметри імпульсів повинні також залежати від освітленості фотоприймача, для подальшого орієнтування на сонце панелі. Таким чином тривалість імпульсів міняється залежно від постійної часу інтеграції, яка, у свою чергу, залежить від освітленості фотоприймача, який в схемі імітується змінним резистором. У результаті дослідження виявлено, що при зміні опору змінного резистора (зміні освітленості фотоприймача), змі-

нюється тривалість вихідного сигналу. Якщо в схемі замість одного фототранзистора використати два фотодіода, які включені у два інтегруючих кола, на виходах загальної схеми, в залежності від опорів змінних резисторів (освітленості фотодіодів), отримаємо імпульсні сигнали різної тривалості. Це необхідно для подальшого розвитку функціонування схеми.

Пристрої порівняння кодів призначені для вироблення вихідного сигналу у разі, коли коди двох чисел, які поступають на їх входи, виявляються однаковими [10].

Для реалізації схеми компаратора в пристрої слідкування за Сонцем використовуємо схему логічного складання по модулю два, алгоритм функціонування якої представлений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Алгоритм функціонування схеми порівняння

A	B	F_1	F_2
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	0

Рівняння функціонування схеми:

$$F_1 = \overline{A}_i B_i ;\ F_2 = A_i \overline{B}_i$$

Проведемо аналіз функціонування компаратора в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.7).

Діаграма функціонування показує, що якщо сигнали однакові (обидва фотодіоди засвітлені, або затінені), на обох виходах компаратора логічні нулі. Коли сигнали на входах різної полярності (засвітлений один із фотодіодів), на виходах сигнали протилежних рівнів. Такий алгоритм функціонування дозволяє побудувати схему керування направленням обертання електродвигуна. Схема комутатора реалізована на транзисторах, навантаженням яких є транзисторні ключі, які комутують обмотки електродвигуна.

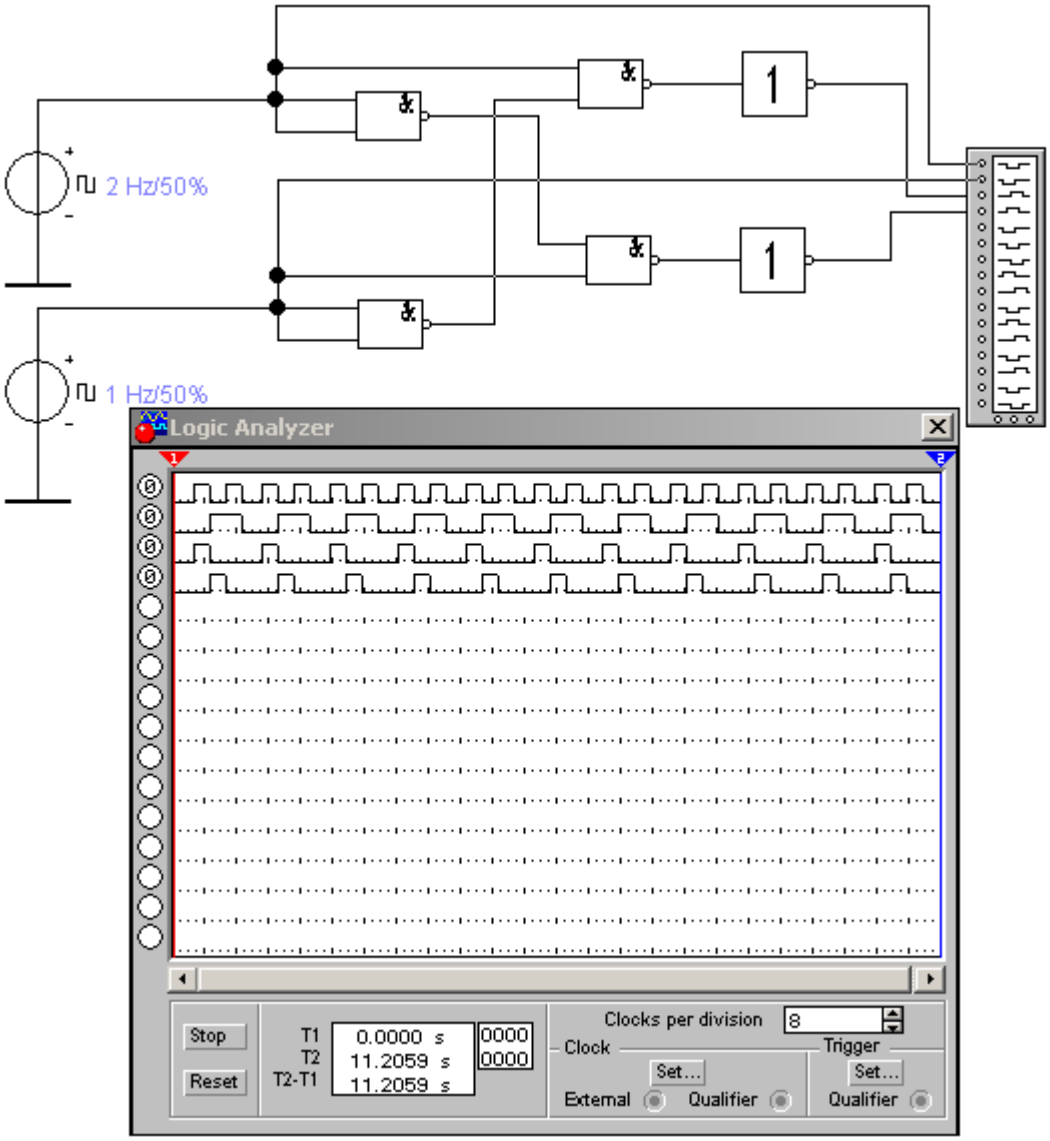


Рисунок 2.7 – Аналіз функціонування компаратора

Загальна функціональна схема пристрою слідкування за Сонцем представлена на рисунку 2.8.

Він складається з тактового генератора (DD1, DD4), двох інтегруючих ланцюгів (VD1, R6, C4, VD2, R7, C5), двох формувачів (DD5, DD6), цифрового компаратора (DD7, DD8, DD9, DD10), двох інверторів (DD2, DD3) і транзисторного комутатора (VT1…VT6) напряму обертання електродвигуна G1, керуючого поворотом платформи, на якій встановлена сонячна батарея.

З подачею живлення (від самої сонячної батареї або від акумулятора) генератор на елементах DD1, DD4 починає виробляти тактові імпульси, з частотою близько 300 Гц.

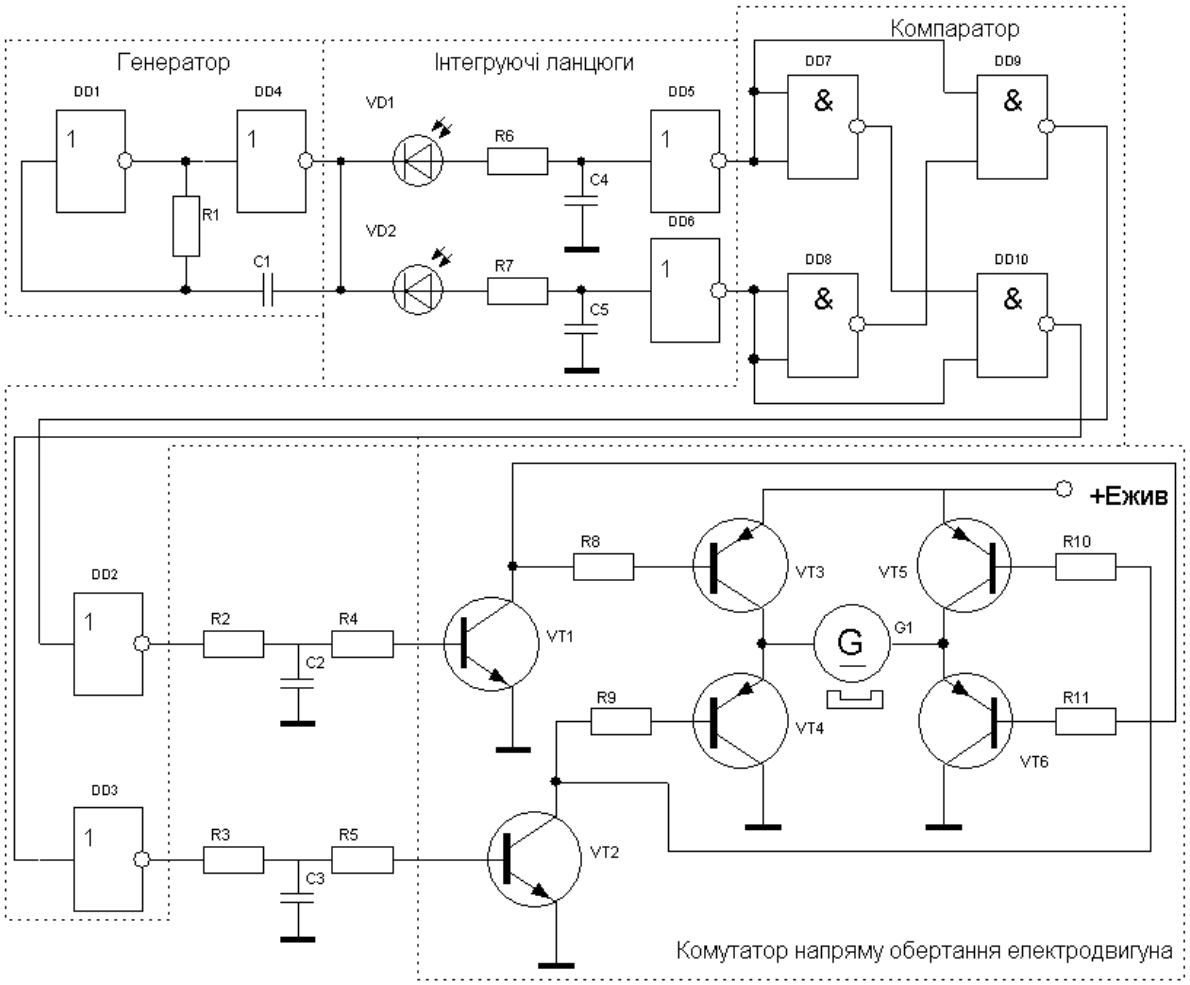


Рисунок 2.8 - Функціональна схема пристрою слідкування за Сонцем

При роботі пристрою порівнюється тривалість імпульсів, сформованих інверторами DD5, DD6 і інтегруючими колами VD1, R6, C4, VD2, R7, C5. Їх тривалість міняється залежно від постійної часу інтеграції, яка, у свою чергу, залежить від освітленості фотодіодів VD1 і VD2 (струм зарядки конденсаторів C4 і C5 пропорційний їх освітленості).

Сигнали з виходів інтегруючих ланцюгів поступають на формувачі рівня DD5, DD6 і далі – на цифровий компаратор, виконаний на елементах DD7, DD8, DD9, DD10. Залежно від співвідношення тривалості імпульсів, що поступають на входи компаратора, сигнал низького рівня з'являється на виході елементу DD9 або DD10. При рівній освітленості фотодіодів на обох виходах компаратора присутні сигнали високого рівня. Інвертори DD2 і DD3 необхідні для управління транзисторами VT1 і VT2. Високий рівень сигналу

на виході першого інвертора відкриває транзистор VT1, на виході другого – VT2. Навантаженнями цих транзисторів є ключі на потужних транзисторах VT3, VT6 і VT4, VT5, які комутують напругу живлення електродвигуна G1. Ланцюги R2, C2, R4 і R3, C3, R5 згладжують пульсації на базах управляючих транзисторів VT1 і VT2. Напрям обертання двигуна міняється залежно від полярності підключення до джерела живлення. Цифровий компаратор не дозволяє одночасно відкритися всім ключовим транзисторам, і, таким чином, забезпечує високу надійність системи.

В пристрої застосовані мікросхеми серій К561. Транзистори КТ315А, КТ814А. У останньому випадку між емітерами і базами транзисторів VT3 – VT6 слід включити резистори опором 1...10 кОм, аби запобігти їх випадковому відкриттю унаслідок значного зворотного струму (рис. 2.9).

Зі сходом сонця освітленість фотодіодів VD1 і VD2 виявиться різною, і електродвигун почне повертати сонячну батарею із заходу на схід. У міру зменшення різниці в тривалості імпульсів, що виробляються формувачами, зменшуватиметься тривалість результуючого імпульсу, і швидкість повороту сонячної батареї плавно сповільниться, що забезпечить її точне позиціювання. Таким чином, при імпульсному управлінні обертання валу електродвигуна можна передавати платформі з сонячною батареєю безпосередньо, без вживання редуктора.

Протягом дня платформа з сонячною батареєю буде обертатися услід за рухом сонця. З настанням сутінків тривалості імпульсів на вході цифрового компаратора виявляться однаковими, і система перейде в черговий режим. У цьому стані споживаний пристроєм струм не перевищує 1,2 мА (у режимі орієнтації він залежить від потужності двигуна). Акумулятор пристрою слідкування за Сонцем використовується для накопичення енергії, виробляємої сонячною батареєю і живлення самого електронного блоку. Оскільки електродвигун включається лише для повороту батареї (тобто на нетривалий час), вимикач живлення не передбачений. Для захисту фотодіодів від надлишкового опромінення застосований зелений світлофільтр.

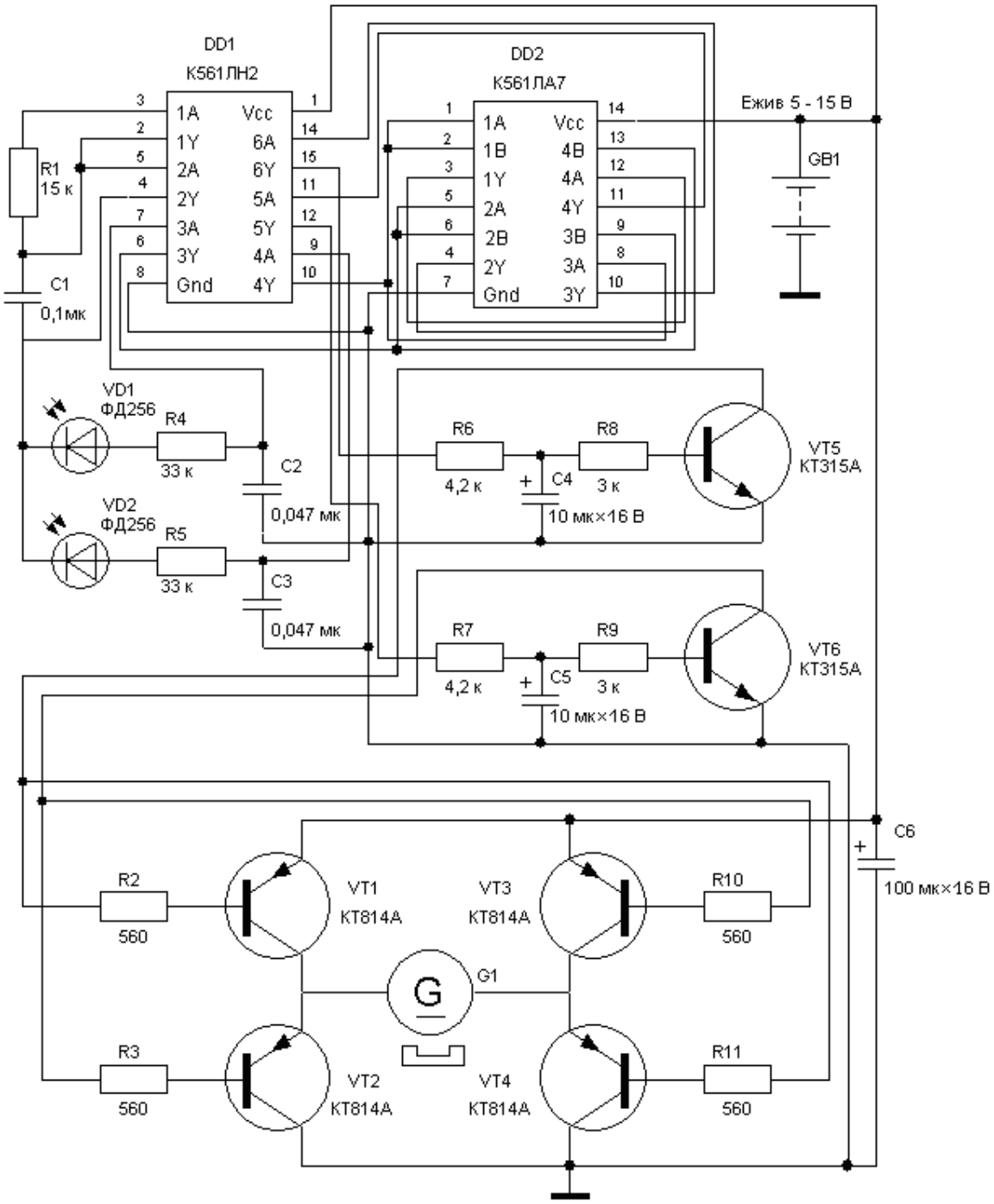


Рисунок 2.9 – Схема електрична принципова пристрою слідкування за Сонцем

Між фотодатчиками поміщають непрозору шторку. Її закріплюють перпендикулярно платі з таким розрахунком, аби при зміні кута освітлення вона затінювала один з фотодіодів [12, 13].

Сонячна батарея встановлена на платформі, під якою змонтований електродвигун ДПМ-25-Н1-05 (напруга живлення 12В), що обертає її в горизонтальній площині через редуктор.

2.3 Світлодіодний прожектор

Світлодіодні прожектори володіють рядом переваг перед традиційними галогенними прожекторами: надійність і економічність, компактність і висока ефективність. Світлодіодні прожектори не мерехтять, володіють тривалим терміном служби більше 30000 годин, захищені від попадання вологи і пилу (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Світлодіодний прожектор

Світлодіодний прожектор містить 12 світлодіодів сумарною потужністю 28Вт з спеціальною оптикою, забезпечують світловий потік 3200лм. Оптимальна висота установки прожектора 4.6 метрів.

Завдяки незалежному кріпленню прожектор можна направити в будь-яку сторону і підняти на будь-яку висоту для досягнення бажаної освітлюваної площі.

Світлодіодний прожектор можна купити в Україні. Український виробник світлодіодних прожекторів випускає якісний, і сертифікований товар, який має протоколи світлотехнічних випробувань.

Світлодіодні прожектори виготовлені в цілісному корпусі з алюмінієвого сплаву. Це свідчить про те, що даний освітлювальний прилад на всі сто відсотків захищений від пилу і води. Конструкція даного пристрою досить легка і міцна. Його легко можна прикріпити на стіну або стовп, а кабель живлення покритий спеціальною речовиною, яка не дозволяє волозі потрапити на дроти.

2.4 Пристрій контролю заряду акумуляторної батареї

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. У схему введена звукова сигналізація. Якщо з якої-небудь причини напруга в системі впаде нижче 10,5 В, зазвучить сигнал тривоги. Можна підключити до сигналізації також 15-вольтовий вивід індикатора, щоб сигнал подавався і у випадку перезарядження батареї [12].

У зв'язку з цими умовами робота схеми індикації на мікросхемі LM3914 повинна здійснюватися в режимі «точка» [8]. Світлодіоди із збільшенням напруги заряду загоряються і гаснуть послідовно. Таким чином можливо зафіксувати критичні мінімальну і максимальну напруги (рис. 2.11).

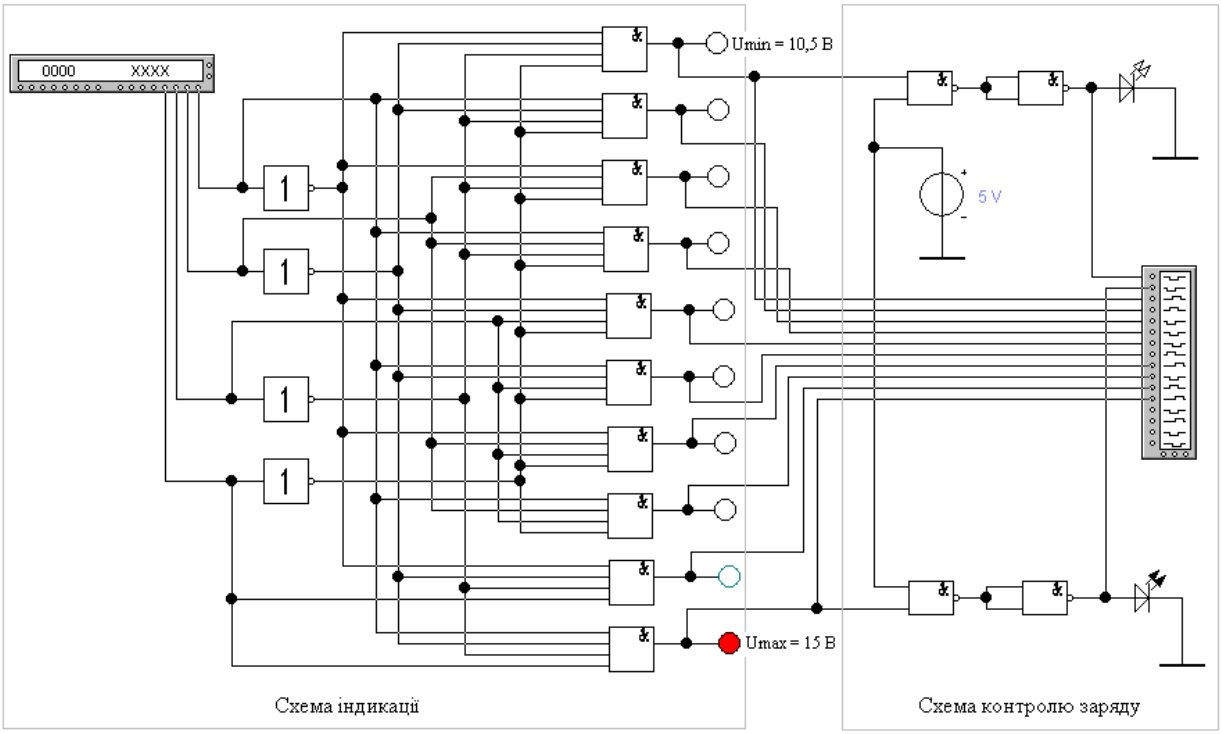


Рисунок 2.11 – Аналіз функціонування пристрою контролю заряду акумуляторної батареї

Режим роботи блоку індикації «точка» імітовано за допомогою схеми дешифратора, керування якого здійснює Word Generator. Досягши мінімальної і максимальної напруги заряду, спрацьовує схема сигналізації. Правильність функціонування схеми підтверджується діаграмами (рис. 2.12).

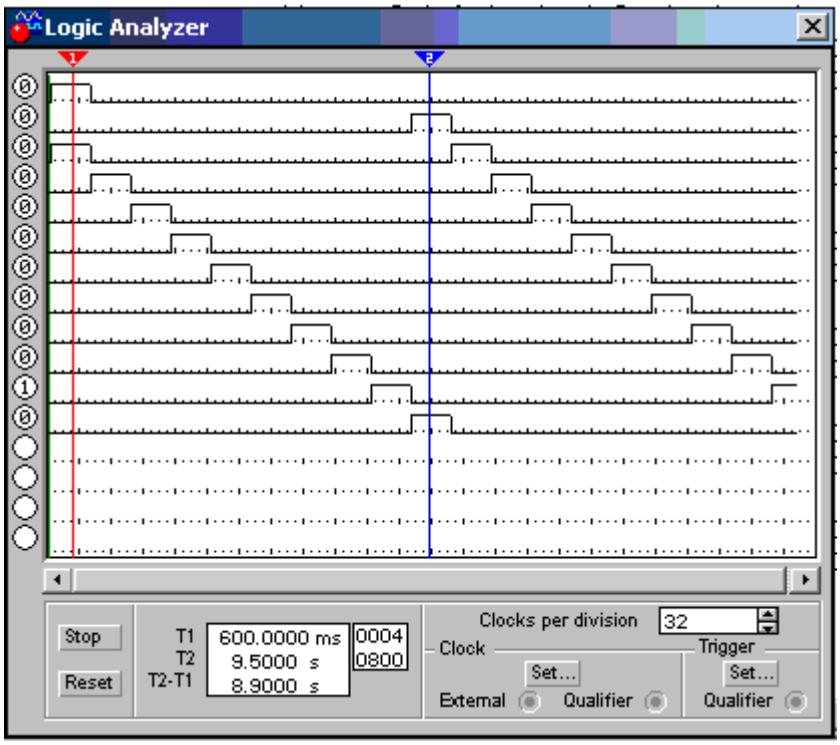


Рисунок 2.12 – Діаграма функціонування схеми контролю заряду акумуляторної батареї

Для реалізації схеми контролю ступеню заряду акумуляторної батареї оберемо мікросхему К561ЛА7 [14]. Логічна модель мікросхеми містить чотири двохвходових елемента І-НІ. Викостовуючи два елемента для кожного каскаду контролю реалізуємо задані функції і забезпечуємо контроль мінімальної і максимальної напруги заряду.

Схема електрична принципова пристрою контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей представлена на рисунку 2.13.

Резистори R1, R2, R3 утворюють дільник напруги, який дозволяє понизити вхідну напругу 12 В (від акумуляторної батареї) на 2,5 В. Це необхідних для роботи мікросхеми DA1. Масштаб перетворення напруги мікросхемою DA1, встановлюється змінним резистором R6. Вхідна напруга від акумулято-

рної батареї поступає на компаратори усередині DA1, які визначають його значення. Це значення потім відображається одним з 10 світлодіодів (табл.. 2.2).

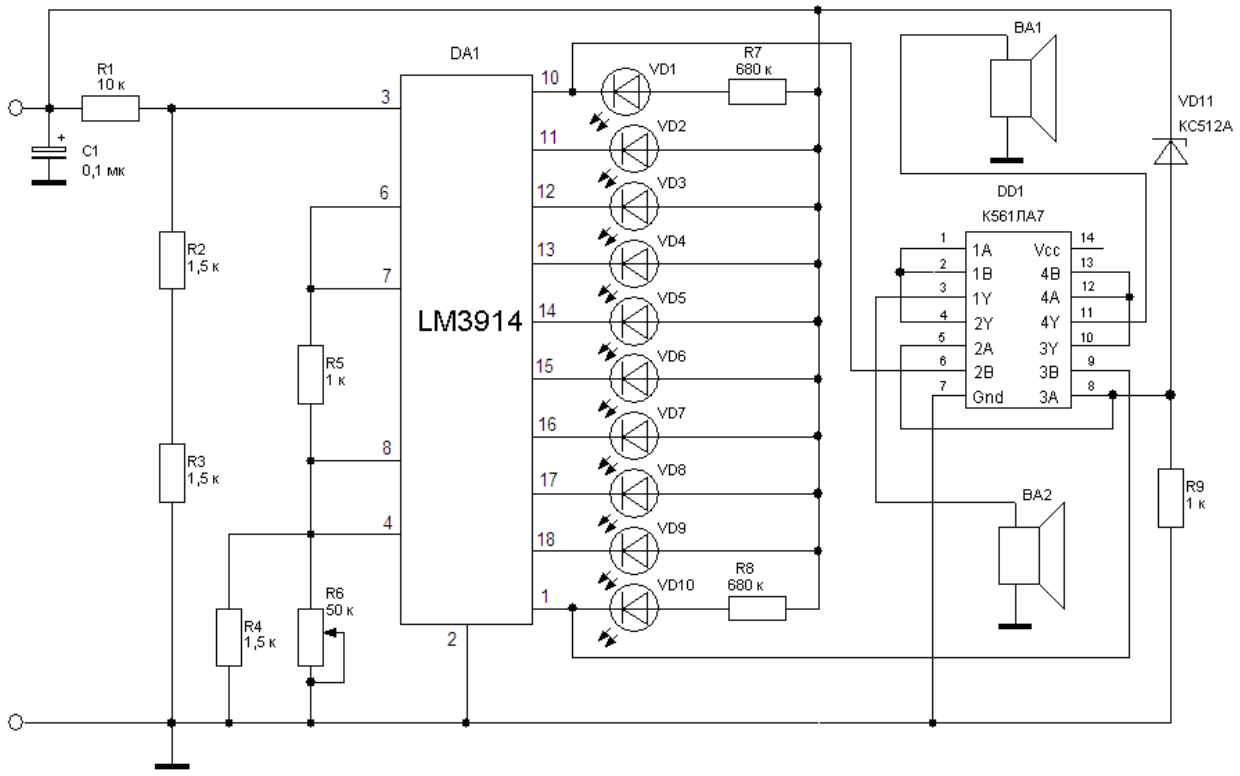


Рисунок 2.13 - Схема електрична принципова пристрою контролю напруги і ступеню заряду акумуляторних батарей

Стан батареї відображається двояко за допомогою кодування кольором світлодіодів. Наприклад, 13-вольтовий діод має зелений колір свічення.

Вважається, що батарея з напругою 12…14 В працездатна. Однак якщо напруга батареї знижується до 11,5 В, а потім до 11 В, то заряд виснажується. Ці діоди мають жовтий колір свічення. Останній 10,5-вольтовий діод має червоний колір свічення. Якщо напруга акумуляторної батареї впала до цього рівня, то в ній мало (або взагалі немає) запасеної енергії. Таким чином за допомогою колірної шкали можна визначити точне значення напруги батареї і її зарядовий стан.

2.5 Акумуляторна батарея

Акумулятором називається електричний пристрій, який при заряді від джерел постійного струму накопичує електричну енергію, а при розряді віддає її споживачам, будучи у цьому разі джерелом постійного струму.

Акумулятор – це хімічне джерело струму, що складається з позитивного та негативного електродів і електроліту, дія якого ґрунтується на використанні оборотних електрохімічних систем.

Свинцевий акумулятор має властивість оборотності, тобто здатність накопичувати електричну енергію від стороннього джерела струму в процесі заряду, зберігати її деякий час і віддавати в процесі розряду.

Акумуляторна батарея 12В 55А·ч забезпечує світлодіодному прожектору мінімум 5 годин роботи в нічний час (рис. 2.14).



Рисунок 2.14 – Акумуляторна батарея Vision FM 12V 55Ah

Акумулятор Vision серії FM – герметизована свинцево-кислотна акумуляторна батарея. Електроліт батареї абсорбований в скловолокнистий наповнювач (технологія AGM). Акумулятор не вимагає обслуговування і доливу води протягом всього терміну служби. Кожен елемент акумулятора забезпечений запобіжним клапаном. Корпус виготовлений з газонепроникної пластмаси ABS. Допускається експлуатація акумулятора в будь-якому положенні без витоку електроліту.

2.6 Моделювання схеми інвертуючого стабілізатора напруги

Інвертор перетворює постійну напругу 12В, яка генерується сонячними батареями, в змінну напругу 220В (рис. 2.15). Така напруга необхідна для живлення світлодіодного прожектора, системи позиціювання, датчика руху, ІЧ камери відеоспостереження [15].



Рисунок 2.15 - Система автономного зовнішнього освітлення з інвертором та додатковим обладнанням

Для всіх типів інверторів ключовий параметр - ККД (який має бути більш 90%). Вихідна напруга автономних інверторів як правило складає 220 В (50/60 Гц. Все автономні інвертори трансформують постійний струм акумуляторних батарей. Внаслідок цього вхідна напруга вибирається з ряду 12, 24, 48 і 120 В. Чім більше вхідна напруга, тим простіше інвертор і тим вище його ККД. При великій напрузі істотно менше втрати на передачу енергії від сонячного генератора до акумуляторної батареї, регулювальника зарядки і інвертора, проте при цьому ускладнюється конструкція сонячної електростанції і її експлуатація при небезпечній напрузі (вище 40 В). До форми вихід-

ного сигналу автономних інверторів пред'являються менш жорсткі вимоги. У ряді випадків (якщо дозволяє навантаження) можливе використання інверторів з трапецієвидним вихідним сигналом. Такі інвертори стоять в 2-3 рази дешевше за інвертори з синусоїдальним вихідним сигналом. Важливий параметр автономних інверторів - залежність ККД від потужності підключеного навантаження. ККД не повинен значно знижуватися при підключенні навантаження вдесятеро меншою (по споживаній потужності), ніж номінальна потужність інвертора. В той же час інвертор повинен витримувати перевантаження у вихідних колах (при підключенні електродвигунів і інших динамічних навантажень) [15]. Таким чином, до автономного інвертора пред'являються наступні вимоги:

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

Іноземні фірми пропонують широкий асортимент інверторів, спеціально розроблених для сонячних батарей. Такі інвертори вже мають блок регулювальника відбору максимальної потужності, блок регулювальника заряду, а також додатковий вхід підключення дизель - генератора (для екстреного заряджання акумуляторної батареї).

До вихідного сигналу мережевих інверторів пред'являються найбільш жорсткі вимоги. Для пониження втрат на перетворення такі інвертори працюють при високій вхідній напрузі. Оскільки їх вхідні ланцюги живляться безпосередньо від сонячної батареї, інвертори мають регулювальника відбору максимальної потужності (вбудований в інвертор). Мережеві інвертори мають також блок контролю потужності сонячної батареї (і включаються ав-

томатично, як тільки потужність сонячної батареї стає достатньою для формування змінного сигналу).

Інвертор з генератором частоти, для автономної системи представлено на рисунку 2.16.

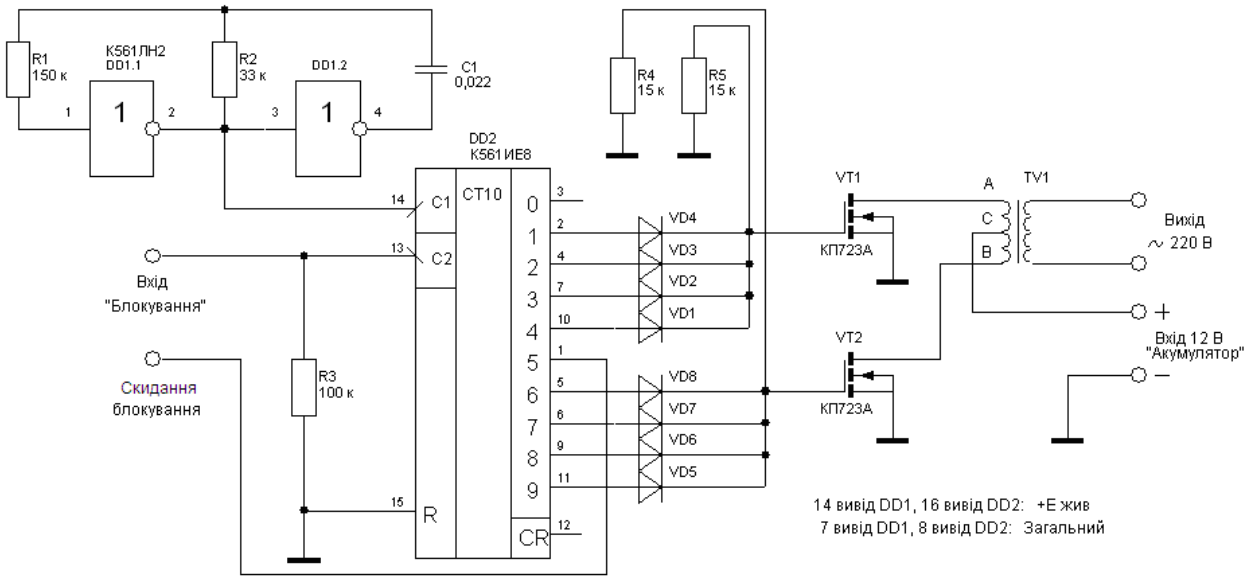


Рисунок 2.16 - Схема інвертора постійної напруги 12 В в змінну напругу 220 В

На елементах DD1.1, DD1.2 зібраний задаючий генератор з частотою 500 Гц. Дільник на DD2 формує дві імпульсні послідовності частотою 50 Гц із зрушеними на 180° фазами для управління силовими ключами VT1 і VT2 двотактного перетворювача (рис. 2.17).

Але перетворювач напруги споживає енергію постійно, навіть коли до нього не підключено жодного навантаження. При цьому марно витрачається енергія. Отже, в блоці управління потужністю необхідно передбачити можливість відключення інвертора. Аби уникнути крізних струмів перемикання, між виключенням одного ключа і включенням іншого існує "мертва зона" — 10% тривалості періоду. При подачі високого рівня на вхід "Блокування" обидва вихідних ключа закриваються. На рисунку 2.17 блокування імітується перемикачем, за допомогою якого логічна одиниця подається на вхід 15 мікросхеми 4017 (аналог К561ИЕ8).

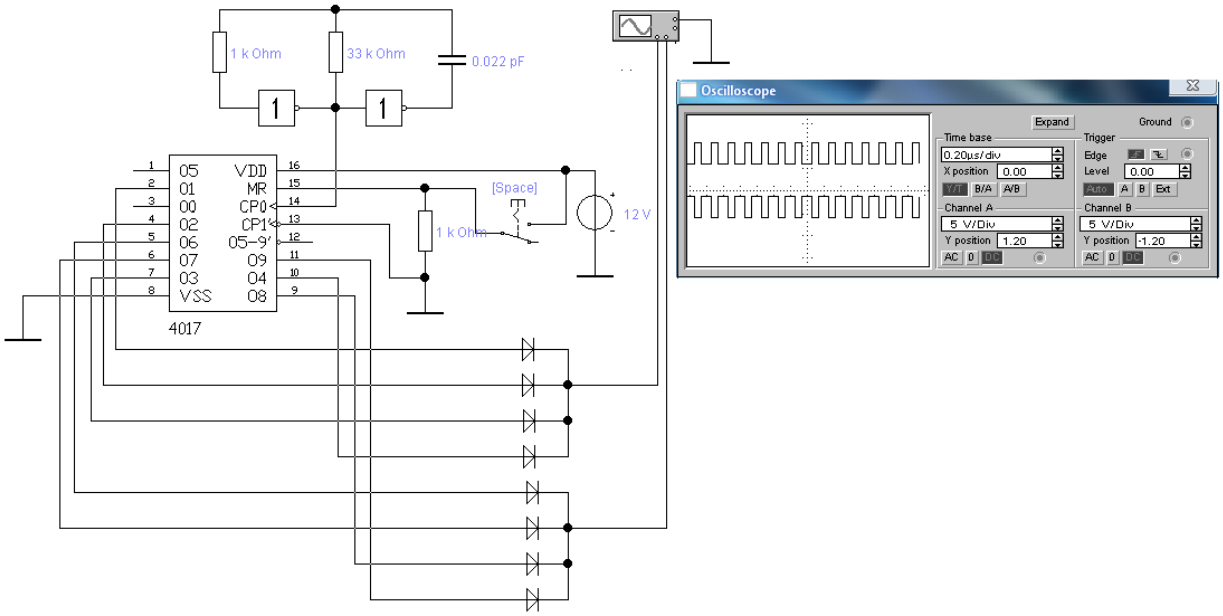


Рисунок 2.17 – Аналіз роботи схеми керування двохтактним перетворювачем

Вихідна потужність перетворювача обмежена потужністю силового трансформатора TV1 і максимальним допустимим струмом вихідних транзисторів. Коефіцієнт трансформації силового трансформатора $К_т$ = 20. Для надійності потрібно мати подвійний запас по струму і потрійний — по напрузі. Силові ланцюги мають бути по можливості коротше і виконані дротами відповідного перетину. Схема перетворювача споживає в черговому режимі струм порядку 7 мА.

Лічильник-розподільник К561ИЕ8 (рис. 2.16) має вхід скидання (вивід 13), високий рівень на якому наводить мікросхему у вихідний стан. При цьому припиняється рахунок, і всі виходи, окрім нульового (вивід 3), скидаються в нуль. Обидва вихідних транзистора VT1 і VT2 при цьому закриті, тобто перетворювач заблокований [14].

2.7 Датчик руху пристрою автономного зовнішнього освітлення

Детектори руху призначені для виявлення руху теплового об'єкта в зоні, яка освітлюється або охороняється. За принципом дії вони поділяються на

пасивні і активні. У цей 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°), методами обробки сигналу, конструкцією і т. п. Активні детектори використовуються, як правило, для охорони периметрів об'єктів.

Недоліком найпростіших і дешевих ІЧ детекторів руху є низька завадостійкість - вони спрацьовують навіть при виникненні теплового потоку, наприклад, через прогрівання Сонцем приміщення. Більш досконалі детектори позбавлені цього недоліку. Їх надійність і стійкість до теплових перешкод забезпечується багатоканальними п'єзоелементів 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.

Комбіновані детектори - це пристрої, що використовують два різних фізичних принципу виявлення руху. У переважній більшості подібних пристроїв реалізовані пасивний ІЧ і радіохвильовий принципи виявлення руху. Такі прилади, перш за все, відрізняє значно більш високі характеристики виявлення при вкрай низькій ймовірності помилкових тривог, у порівнянні з приладами, що використовують тільки один із принципів виявлення руху.

Використаємо інфрачервоний датчик руху для вуличного прожектора.



Рисунок 2.18 - Датчик руху ГІЧ PIR для прожектора вуличного освітлення

Датчик автоматизує процес освітлення території і економить електроенергію.

Три регулятора для налаштування:

- Sens - чутливість (дальність спрацьовування) датчика;

- Time - час роботи прожектора після спрацьовування датчика;

- Lux - поріг освітленості, при якому спрацьовуватиме датчик.

Дальність виявлення: до 12 м (оптимальна висота розташування - 1.5-2.5 м).

Кут виявлення: 120°.

Регулювання кута нахилу: 180°.

Міра захисту: IP44.

Живлення: 220 В.

Розмір: 16 × 6 × 4.5 см.

Серед великої різноманітності датчиків руху, особливе місце займають міні-датчики руху. Не дивлячись на невеликий розмір, вони не поступаються своїм «крупними аналогам» і забезпечують комутацію потужних світильників.

Міні-датчики руху складаються з двох вузлів: сенсорна з PIR-датчиком і силова частина. Перша розташовується в прямокутному корпусі, друга схожа на циліндр з декоративною кришкою.

Ці частини об'єднує кабель завдовжки 45 сантиметрів. З його допомогою вузли розміщують на відстані один від одного. Така конструкція дозволяє встановлювати датчик в світильнику або іншому пристрої.

Міні-датчики легко вмонтовуються в підвісні стелі. Вони малопомітні і не порушують цілісності дизайнерського рішення. Маленькі датчики руху для включення світла кріпляться на стелі пружинними затисками.»

Габарити силової частини і сенсора погоджені. Отвори діаметром 34 мм достатні для того, щоб вставить силовий блок розміром 24×24×165, а потім встановити у нього датчик.

2.8 ІЧ камера відеоспостереження з Vi-Fi модулем

IP-камера відеоспостереження знімає відео і транслює відео потік в цифровому форматі з використанням мережевого протоколу, що забезпечує маршрутизацію пакетів. По суті IP-камера – камера відеоспостереження плюс міні-комп'ютер. Складається з матриці, об'єктиву, центрального процесора, процесора обробки, процесора стискування, мережевого інтерфейсу.

Об'єктив фокусує зображення на матриці. Матриця перетворює колір в електричний сигнал. Сигнал поступає на процесор для обробки колірності, яскравості і іншого. Відеопотік поступає на компресор. Компресор стискує потік і дані готові до передачі в мережу через Ethernet-контролер.

У кожної IP-камери є власна IP-адреса, яка передається з підключенням і використовується для синхронізації камери з реєстратором: за допомогою команди або спеціальної програми реєстратор використовує IP-адресу камери і підключається по ній. Без IP-адреси неможливо налагодити устаткування на спільну роботу, отримати доступ до IP-камери з мобільного пристрою.

Існує три способи передачи сигналу IP-камерою: дротяний, безпровідний і гібридний (дротяній і безпровідний для забезпечення підвищеної надійності локальної мережі).

Дротяне з'єднання забезпечує стабільну і високошвидкісну трансляцію, але вимагає прокладки мереж, обмежених по довжині типом кабелю: 100 м – для витої пари, 500 м – для коаксіального кабеля, 100 км – для оптоволоконного кабеля (без урахування повторювачів або комутаторів).

Для безпровідної трансляції в IP-камеру вбудовують Wi-Fi-модуль (найчастіше) або 3G/4G-модуль. Дальність передачі обмежена і знижується із-за фізичних перешкод у напрямі роутера і електромагнітних перешкод.

IP-камера працює в мережі Ethernet-технології, яка об'єднує пристрої в локальну мережу (LAN) для пакетної передачі даних. Системі відеоспостереження, побудованій на базі IP-камер, досить звичайної локальної мережі офісу, що звично сполучає комп'ютери.

Ethernet описана стандартами групи IEEE 802.3. Стандарти визначають формат кадрів і протоколи управління доступом до середовища на канальному рівні моделі взаємодії пристроїв один з одним.

В основному IP-камери укомплектовані одним або декількома аудіовходами і аудіовиходами, передають аудіофайли на реєстратор і приймають аудіосигнал. У деяких моделях вже вбудований мікрофон, але при необхідності до кожної IP-камери з аудіовходом можна підключити професійний всенаправлений, двонаправлений або однонаправлений мікрофон (залежно від завдання).

IP-камери випускають в купольному, циліндровому, стандартного дизайну (box), cube, сферичному формфакторах.

Купольні IP-камери найбільш популярні. Передбачений горизонтальний (стельовий) монтаж, але спеціальні кронштейни відкривають можливість установки на вертикальній площині.

Циліндрові IP-камери встановлюють на поворотний кронштейн. Регулюванням задають напрям огляду. IP-камери bullet часто виконують у пилововологозахищеному і вандалозахищеному корпусі, з козирком, який оберігає від прямих струменів води і променів Сонця, з широким діапазоном робочих температур. Зазвичай монтують на вертикальну поверхню: стіну, стовп, обгороджування.

Корпусні камери або камери стандартного дизайну в основному випускають без об'єктиву і монтажного кронштейна, залишаючи інсталятору широкий вибір по установці і оснащенню пристрою, що підвищує гнучкість конфігурації і розширює сферу вживання моделі. Вбудовування в термокожух адаптує камеру до вуличних умов експлуатації.

IP-камери формфактора Cube розраховані на використання в приміщенні, укомплектовані кронштейном для закріплення на стелі, стіні, столі (настільний монтаж найбільш популярний).

Окрема група IP-камер – поворотні. Підтримують технологію PTZ, використовують спеціальне ПО і приводи для повороту і нахилу корпусу для

максимального рівня контролю і покриття більшої площі відеоспостереження. Поворотні IP-камери з автотрекінгом і детектором руху самостійно супроводжують об'єкт спостереження по всієї контрольованої області.

Класична камера зовнішнього спостереження виконана в корпусі «Bullet». Камера Dahua HFW1120S-W забезпечує надійний захист, як вдень, так і вночі (рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – 1,3МП вулична Wi-Fi IP відеокамера Dahua Technology DH-IPC-HFW1120S-W

Режим нічного бачення автоматично включається і вимикається, коли рівень освітлення міняється. Додаткові ІЧ-алгоритми забезпечують чітку картину навіть у повній темноті.

Камера підходить для зовнішнього використання і може витримувати значний перепад температур, дощ, сніг, мороз і іншу негоду. Корпус камери захищений за стандартом IP67.

Потужна технологія обробки зображень швидко знаходить людей на зображеннях і негайно відправляє повідомлення на смартфон, дозволяючи відстежувати те, що важливе, не отримуючи дратівливих помилкових попереджень.

Камера підтримує можливість запису відео трьома способами: мережевий відеореєстратор, карта пам'яті і надійне хмарне сховище IMOU з персоніфікованим доступом.

2.9 Конструктивні особливості системи автономного зовнішнього освітлення

Систему автономного зовнішнього освітлення рзраховано і спроєктовано у вигляді стовпа. Стовп має розбірну конструкцію, шо дозволяє легко монтувати пристрій у заданому місти ландшафту. Таке рішення полегшує обслуговування компонентів пристрою та можливість заміни складових на більш перспективні варіанти (рис. 2.20).

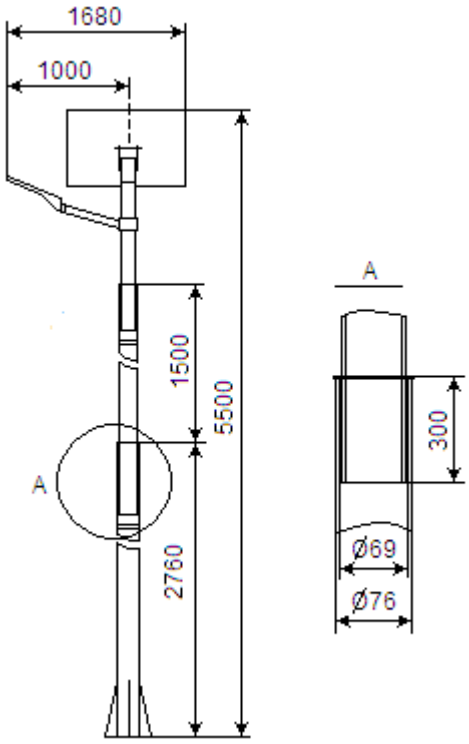


Рисунок 2.20 – Конструкція стовпа системи автономного зовнішнього освітлення

Пристрій автономного зовнішнього освітлення містить компоненти, які розміщені всередині стовпа у спеціальних карманах захищених від природних дестабілізуючих факторів: двигун та редуктор геліостата, проводка, плати з елементною базою (пристрій контролю заряду акумуляторної батареї, інвертуючий стабілізатор напруги, пристрій слідкування за Сонцем), комутаційні роз’єми, індикатори контролю функціонування компонентів. Навісні компоненти; сонячна батарея, датчик орієнтації геліостату, світлодіодний прожектор, датчик руху, ІЧ-камера відеоспостереження розміщені на відпо-

відних консолях та кріпленнях. Акумуляторна батарея може бути розташована у спеціальному колодязі під фундаментом стовпа або у розташованому неподалік приміщенні [16]. Загальна компоновка компонентів системи автономного освітлення представлена на рисунку 2.21.

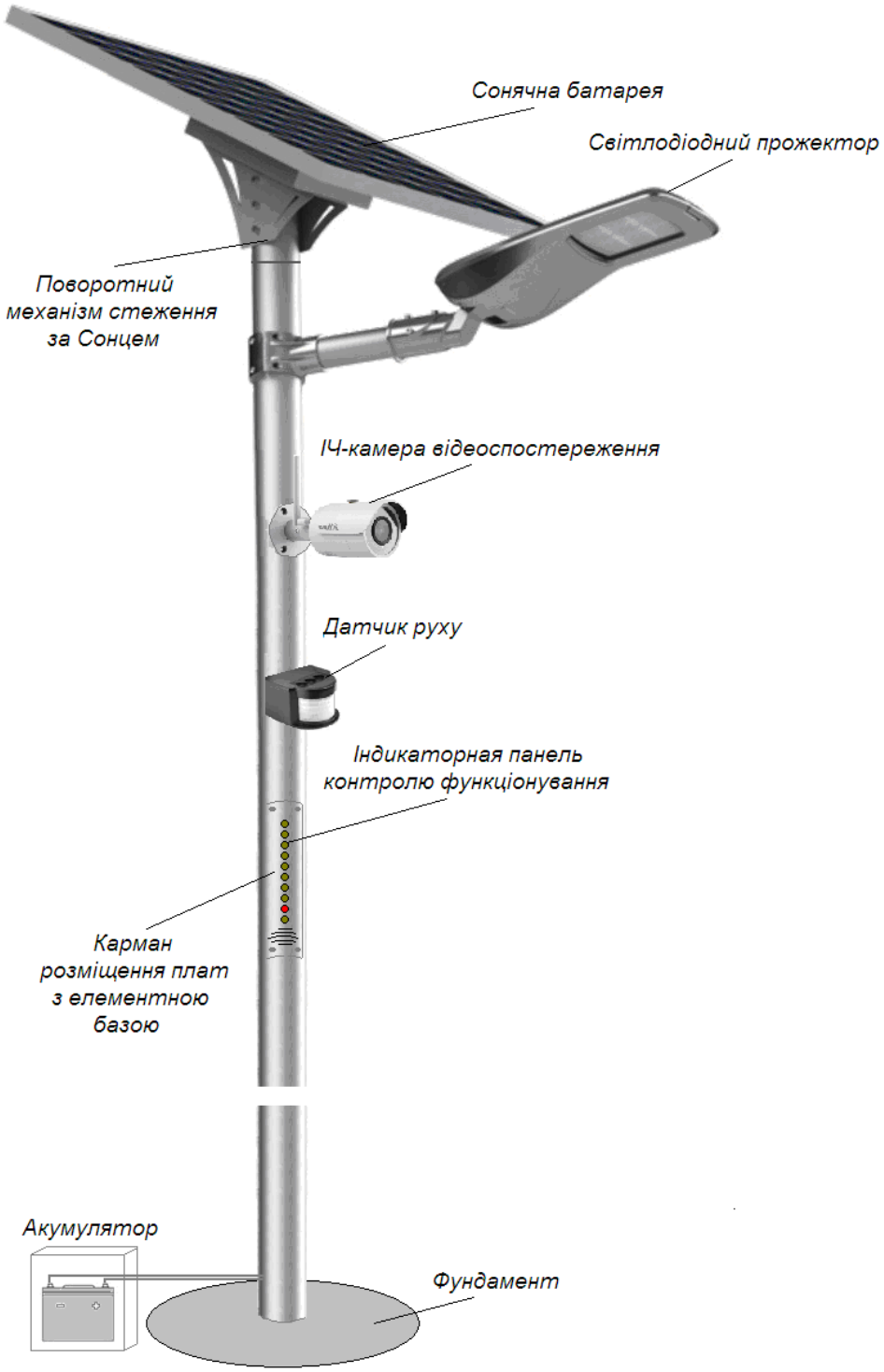


Рисунок 2.21 - Загальна компоновка компонентів системи автономного освітлення

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді малогабаритного мікромодуля і виконаний за сучасною маловитратною технологією тонкоплівкових гібридних мікрозборок, або за технологією печатних плат на фольгованому текстоліті. Обидві технології передбачають, що всі елементи будуть навісними, а напиленням на підкладці, або травленням поверхні виконується лише струмопровідний шар.

Для вибору технології виготовлення схеми системи зовнішнього освітлення проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [17].

Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва системи

Технологія		Короткий опис
A	Технологія печатних плат на фольгованому текстоліті	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано травленням фольгованого текстоліту.
B	Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді товстих композітних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано у вигляді тонких плівок.

Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3.

Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (табл. 3.3) [17].

У матриці прийняті наступні позначення: і – номер критерію; при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.3) і = 1, 2, 3, 4, 5, 6; Хі - локальний пріоритет, тобто відносна вага і-го критерію в глобальному критерії:

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^{6}\omega_i}$	Хі
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/7	1/5	3	0,664	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/3	1/7	3	1,042	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/5	1/7	3	0,460	0,051
4. Площа	7	3	5	1	1/5	7	2,297	0,254
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	4,277	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,293	0,033
$\sum$							9,033	1,00

Аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (табл. 3.4 - 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію , то і = 1, 2, 3, 4.

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}}{\sum_{i=1}^{4}\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}},$$

де $\sum$ - сума по стовпцю $\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$.

Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодія»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	3	1/5	1	3	1,16	0,19
B	5	1	7	7	3,96	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,39	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,56	0,09
$\sum$					6,07	1,00

Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «завадостійкість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	1	1/3	1,14	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,09
C	1	5	1	1/3	1,56	0,29
D	3	7	3	1	2,20	0,41
$\sum$					5,37	1,00

Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	1/5	1/7	0,61	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/3	1,85	0,29
D	7	9	3	1	3,71	0,58
$\sum$					6,41	1,00

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «площа»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	Xi
A	1	5	3	5	0,99	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,24	0,05
C	1/3	3	1	3	2,03	0,43
D	1/5	2	1/3	1	1,47	0,31
∑					4,73	1,00

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «сумісність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	Xi
A	1	5	1/3	1/5	0,76	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/2	2,41	0,41
D	3	9	2	1	2,47	0,42
∑					5,88	1,00

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	Xi
A	1	3	5	6	3,08	0,56
B	1/3	1	3	4	1,41	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,60	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,38	0,07
∑					5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл.. 3.10) [17].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації схеми системи зовнішнього освітлення з використанням технології печатних плат на фольгованому текстоліті.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Печатних плат на фольгованому текстоліті	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

За допомогою методу аналізу ієрархій проведене порівняння чотирьох типів технологій реалізації схеми системи зовнішнього освітлення за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) завадостійкість; 3) споживана потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «сумісність» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для технології печатних плат на фольгованому текстоліті. Проте найбільший глобальний пріоритет мають технологія тонкоплівкових гібридних мікрозборок та печатних плат на фольгованому текстоліті. Саме технологія печатних плат на фольгованому текстоліті й буде використовуватися для виготовлення схем системи зовнішнього освітлення.

3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення

Витрати на матеріали і напівфабрикати вказані в таблицях 3.11, 3.12. Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 9340,60 грн.

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення

Матеріали	Одиниця виміру	Кіль-кість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат, грн.
Полікристалічний фотомодуль АХ-150Р	шт.	1	2935	2135
Світлодіодний прожектор	шт.	1	1680	1680
Датчик руху	шт.	1		
Електродвигун ДПМ-25-Н1-05	шт.	1	189	189
1,3МП вулична Wi-Fi IP відеокамера Dahua Technology DH-IPC-HFW1120S-W	шт.	1	1960	1960
Акумуляторна батарея Vision FM 12V 55Ah	шт.	1	3115	3115
Мікросхема LM3914	шт.	1	15,90	15,90
Мікросхема К561ЛА7	шт.	2	10,80	21,60
Мікросхема К561ИЕ8	шт.	1	12,60	12,60
Мікросхема К561ЛН1	шт.	1	10,40	10,40
Мікросхема К561ЛН2	шт.	2	10,40	20,80
Транзистор КТ814А	шт.	4	11,05	44,20
Конденсатор К70-7	шт.	12	0,40	4,80
Резистор МЛТ 0,125	шт.	10	0,16	1,60
Фотодіоди ФД256	шт.	4	8,20	32,80
Транзистор КТ315А	шт.	2	5,00	10,00
Транзистор КП723А	шт.	2	15,00	30,00
Всього				9283,70

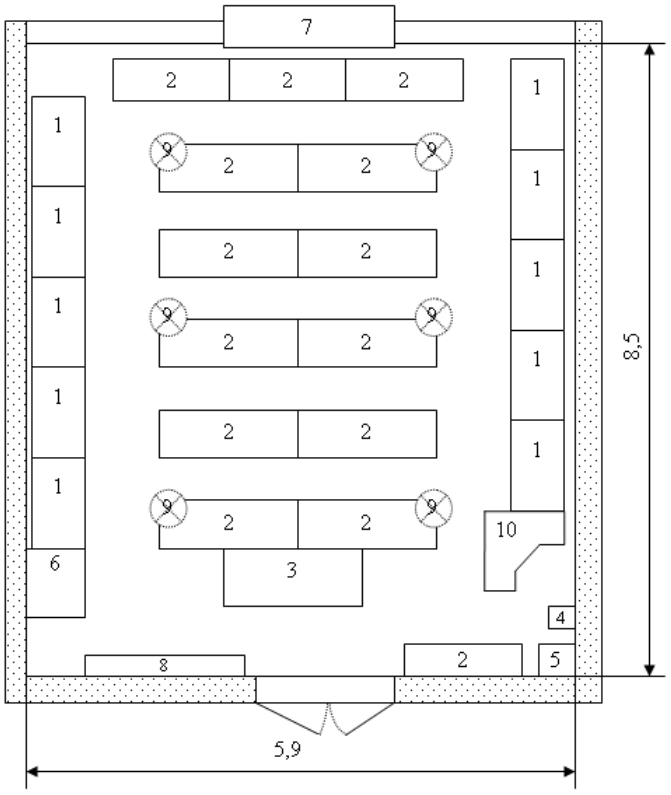
Таблиця 3.12 – Розрахунок вартості напівфабрикатів

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат, грн.
Фольгований текстоліт 40 × 60	шт.	5	40,00	40,00
Травильник	уп.	1	4,90	4,90
Трафарет	шт.	2	6	12,00
Всього				56,90

4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При виконанні дипломної роботи комп’ютерне моделювання та макетування автономної мікроелектронної системи зовнішнього освітлення, проводилися в аудиторії № 216 кафедри ЕІСПЗ, план якої представлено на рисунку 4.1.



1 - стіл комп'ютерний; 2 - стіл аудиторний; 3 - стіл викладача; 4 - автомат відключення електричного живлення; 5 - шафа силова; 6 - шафа універсальна; 7 - спліт система; 8 - дошка аудиторна; 9 - світильник 4-х ріжковий; 10 - стіл адміністратора мережі

Рисунок 4.1 – План аудиторії проведення експерименту № 216

Площа приміщення складає 50,15 м^2; об’єм 188,06 м^3; довжина приміщення 8,5 м; ширина приміщення 5,9 м; висота приміщення 3,5 м; число вікон 1; число робочих місць 2; освітлення: природне (через бічне вікно) і загальне штучне. Параметри приміщення задовольняють нормативним значенням: площа 6 м^2, об’єм 20 м^3 на одного працюючого [18].

Роботи, що проводяться в дослідницькій лабораторії, не представляють великої небезпеки, оскільки приміщення інженерної академії належать до приміщень без підвищеної небезпеки. Проте вживання електроустаткування може нести в собі ряд шкідливих і небезпечних для життя і здоров'я людей чинників, що працюють з ним. Основну небезпеку дослідницької лабораторії представляють використання електроприладів, які працюють при напрузі тих, що є небезпечними для життя.

Дія електричного струму на живу тканину носить своєрідний характер. Проходячи через організм, електричний струм виробляє термічну, електролітичну і біологічну дію [19].

Міра небезпечної і шкідливої дії на людину електричного струму і електричної дуги залежить від роду і величини напруги струму, частоти струму, дороги струму через тіло організму, тривалість дії електричного струму, умов зовнішнього середовища.

У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення небезпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати системи. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирко-психічні захворювання. Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Забезпечення безпеки пацієнтів і медичного персоналу від поразки електричним струмом при експлуатації - медичних електронних апаратів є одним з найважливіших умов їх проектування.

При проведенні лікувально-діагностичних заходів дотик пацієнта до якої-небудь заземленої металевої поверхні може викликати зміну напряму робочого струму, що в кращому разі понизить точність виміру. Тому коло пацієнта повинно мати подвійну або посилену ізоляцію, здатну витримати випробувальну напругу не менше 4000 В (при мережевій напрузі 150…200 В).

Міра небезпечної і шкідливої дії на людину електричного струму і електричної дуги залежить від роду і величини напруги струму, частоти струму, шляху струму через тіло організму, тривалість дії електричного струму, умов зовнішнього середовища [19].

У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення небезпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати системи. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирко-психічні захворювання. Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

У таблиці 4.1 [19] приведені гранично допустимі значення параметрів, що характеризують якість посиленої ізоляції, ці значення забезпечують необхідні умови електробезпеки пристроїв зовнішнього освітлення.

Максимальна електробезпека забезпечується пристроями зовнішнього освітлення з внутрішніми джерелами живлення, споживаючими мало енергії.

Таблиця 4.1 – Допустимі значення параметрів, що характеризують якість посиленої ізоляції

Стан ізоляції		Норма	Одиничні порушення
Мережа-корпус	I_{max}, мкА	100	500
	R_{min}, МОм	7	
	U_{min}, В	4000*	
	β_{min}, мм		
	δ_{min}, мм	5**	
Мережа-ємкісний вимірник	I_{max}, мкА	100	500
	R_{min}, МОм	7	
	U_{min},В	4000*	
	β_{min}, мм	8**	
	δ_{min}, мм	5**	

* – для робочої напруги 150 … 250В;

** – для робочої напруги 125 … 250В.

I_{max} – максимально допустиме значення струму витоку;

R_{min} – мінімальний допустимий опір ізоляції;

U_{min} – мінімальне значення випробувальної напруги при випробуваннях на електричну міцність;

β_{min} – мінімальний шлях струму;

δ_{min} – мінімально допустимий повітряний зазор.

4.2.1 Техніка безпеки при експлуатації електричних установок в лабораторії

Наявність в лабораторії шкідливих і небезпечних чинників застосовує проведення заходів щодо їх усунення, або зменшення до безпечних для життя і здоров'я величин.

Захисне заземлення застосовує для зниження напруга відносно землі до безпечної величини на металевих корпусах електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою але що виявилися під таким в результаті пошкодження ізоляції.

Оскільки на ділянці проведення роботи в лабораторії застосовується устаткування до 1000 В, опір заземлення має бути не вище 4 Ом [19]. Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. Клас по ПВЕ В – 1а.

4.2.2 Електроустаткування

Для досліджень вибрано електроустаткування, що не перевищує 1000 В, живлення здійснюється від двофазної мережі струму частотою 50 Гц, напруга 220 В з глухо-заземленою нетраллю. Все устаткування є стандартним і відповідає нормам СНіП11-2-80. Електроприлади, згідно ПВЕ, мають бути надійно заземлені. Допустимий опір заземлюючого системи 4 Ом. Також передбачається наявність автоматичних пристроїв відключення при коротких замиканнях або перевищення сили струму в ланцюзі.

4.2.3 Створення оптимальних умов праці в лабораторії проведення експерименту

При моделюванні системи зовнішнього освітлення, одним з етапів виготовлення макету було травлення печатних плат для подальшої збірки електронної частини експериментального макету. Розглянемо умови праці і можливі шкідливі чинники, які можуть виникнути при роботі на ділянці травлення печатних плат.

1. Освітлення – недостатнє освітлення викликає зменшення продуктивності праці, підсилює стомлюваність, збільшує кількість помилкових дій, що можуть привести до браку або нещасного випадку, також може розвинутися короткозорість. Для недопущення виникнення цих чинників на ділянці травлення печатних плат застосовується комбінована система – природне і штучне освітлення.

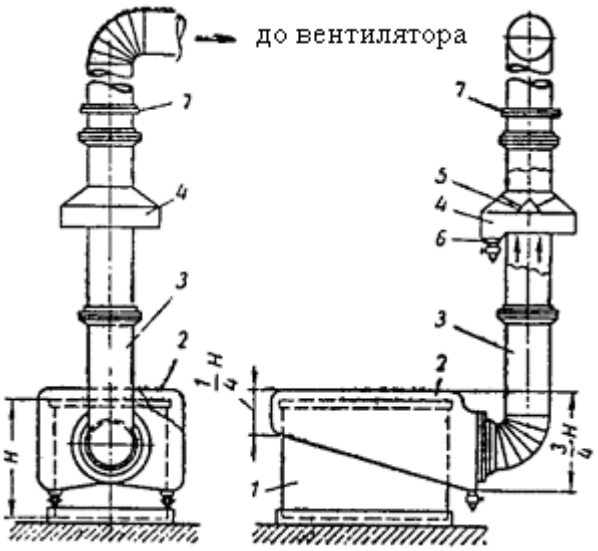
2. Мікроклімат – відхилення окремих параметрів мікроклімату від рекомендованих значень знижують працездатність, погіршують самопочуття, і можуть привести до професійних захворювань. Так, при низькій температурі повітря відбувається охолоджування організму, що сприяє виникненню простудних захворювань. При високій температурі виникає перегрів організму, що веде до підвищеного потовиділення і зниження працездатності. Працівник втрачає увагу, що може стати причиною нещасного випадку. Підвищена вологість повітря утрудняє випар вологи з поверхні шкіри і легенів, що веде до порушення терморегуляції організму, і до погіршення стану людини і зниження працездатності. При зниженій відносній вологості у людини з'являється відчуття сухості слизистих оболонок верхніх дихальних доріг. Швидкість руху повітря також має важливе значення, при температурі до 35…36 ºС надає на людину освіжаючу дію, а при температурі більше 40 ºС – несприятливе. По характеру виконувана на ділянці робота відноситься до легкої фізичної категорії 1б (виробляється сидячи, стоячи або пов'язана з ходьбою і супроводиться деякою фізичною напругою). У приміщенні де виробляються роботи такої категорії, встановлені наступні нормовані значення мікрокліматичних умов [16]:

- температура повітря в холодний період року 23…25ºС;
- відносна вологість 40…60 %;
- температура повітря в теплий період роки 22…24 ºС;
- швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с.

3. Виділення шкідливих речовин – при роботі на ділянці травлення печатних плат виділяється велика кількість шкідливих речовин. Травлення від-

бувається в розчині соляної кислоти. Температура розчину складає 60…70ºС. При цьому виділяються хлорид міді $CuCl_2$, водень H_2, можливе виділення хлору Cl_2. Водень при змішуванні з атмосферним киснем утворює вибухонебезпечну суміш. Хлор відноситься до другого класу небезпеки (високонебезпечні речовини), його нормована гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони складає 1 мг/м^3 [20]. Він може викликати важкі отруєння із смертельним результатом. Для захисту від дії на людину шкідливих речовин необхідне вживання не лише загальної, але і місцевої вентиляції.

Для ефективного відведення забрудненого повітря від ділянки травлення печатних плат застосуємо двобортні відсмоктувачі, розташовані біля кожної з чотирьох ванн травлення печатних плат. Ванни мають однакові розміри 500×200 мм. Схема двобортного відсмоктувача приведена на рисунку 4.2.



1 – корпус ванни; 2 – кожух бортового відсмоктування: 3 – витяжний повітряпровід; 4 – збірка для уловлювання розчину; 5 – конус в збірці; 6 – видалення конденсату: 7 – заслінка.

Рисунок 4.2 - Схема двостороннього бортового відсмоктування

Кількість повітря L (м^3/час), що видаляється одним двобортним відсмоктувачем, визначається по формулі [20]:

$$L = 1400 \cdot (0{,}53 \cdot B \cdot l / (B + l + H)\ 1/3 \cdot B \cdot L \cdot \alpha \cdot \beta \cdot k\Delta T,$$

де В – розрахункова ширина ванни, м; L – довжина ванни, м; Н – відстань від дзеркала електроліту до осі щілини, м (по конструктивних міркуваннях приймаємо 100 мм); α - коефіцієнт обліку конструкції відсмоктувача, що приймається рівним 1 для двобортного відсмоктувача; β – коефіцієнт обліку токсичності шкідливих речовин, що виділяються, приймається рівним 1,25; kΔT - коефіцієнт обліку температури електроліту, при різниці температур електроліту і довколишнього повітря в 50ºС приймається рівним 1,79.

Остаточно, маємо:

$$L = 1400(0{,}53 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}2 / (0{,}5 + 0{,}2) + 0{,}1)1/3 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}2 \cdot 1{,}79 \cdot 1{,}25 \cdot 1 = 175 \ (м^3/ч)$$

Загальна кількість повітря, що видаляється, $м^3/ч$, рівна:

$$L_{заг} = L \cdot n,$$

де n – кількість двобортних відсмоктувань.

$$L_{заг} = 175 \cdot 8 = 1400 \ м^3/ч$$

Заходи безпеки при роботі з ваннами для травлення печатних плат і травильними розчинами:

- вентиляція в лабораторії включається до початку робіт, а вимикається лише після їх закінчення;

- категорично забороняється робота з несправною вентиляцією, оскільки хлор, що в цьому випадку виділяється, може викликати отруєння людей, а водень створює з атмосферним киснем вибухонебезпечну суміш;

- всі роботи виробляються в гумових рукавичках і скляних окулярах щоб уникнути попадання травильного розчину на шкіру і в очі;

- в разі попадання розчину в очі або на шкіру, пошкоджені ділянки тіла необхідно промити водою протягом 15…20 хвилин і звернутися до лікаря;

- ємності з травильним розчином зберігаються в щільно закупорених ємкостях в місцях, що виключають їх можливе пошкодження;

- всі працівники зобов'язані знати техніку безпеки і міри надання першій допомозі хлором, що постраждав при отруєннях, і іншими хімічними речовинами, а також при поразці електричним струмом.

4.2.4 Природне та штучне освітлення

При виробництві якість продукту залежить від освітлення, тому на робочій ділянці має бути передбачене штучне освітлення.

Недостатнє освітлення викликає зменшення продуктивності праці, підсилює стомлюваність, збільшує кількість помилкових дій, які можуть привести до браку або нещасного випадку, також може розвинутися короткозорість. Для недопущення виникнення цих чинників на ділянці застосовується комбінована система – природне і штучне освітлення.

Зорова робота характеризується найвищою точністю, що відповідає першому розряду [20]; для загального штучного освітлення норма освітленості складе 400 лк; при природному бічному освітленні КЕОєн = 3,5 %. Оскільки виробництво не є пожежовибухонебезпечним, в лабораторії застосовують лампи розжарювання з робочою напругою 220 В. Це дає можливість рівномірно освітити всю лабораторію. Залежно від класу приміщення по вибухонебезпеці і від чистоти середовища виробничих приміщень, визначається схема розташування світильників, їх марка і конструктивного виконання.

Для освітленості приміщення з розмірами А = 8,5 м, В = 5,9 м та висотою Н = 3,5 м використовуються 6 світильників з чотирма лампами розжарювання. Коефіцієнти віддзеркалення світлового потоку від стелі, стін і підлоги відповідно рівні $p_{\text{стелі}} = 70\%$, $p_{\text{стін}} = 50\%$, $p_{\text{підлоги}} = 10\%$. Затінювання робочих місць немає. Висота світильника $h_c = 0{,}9\text{м}$, висота робочої поверхні над рівнем підлоги $h_p = 0{,}8$ м. Нормативна величина освітленості робочих місць з відеоплейними терміналами складає $E_н = 300...500$ лк. В даному приміщенні освітленість 350 … 500 лк.

4.2.5 Засоби індивідуального захисту

При експлуатації електроустановок для захисту обслуговуючого персоналу від поразки електричним струмом застосовують такі захисні засоби як:

- монтерські інструменти (універсальна оперативна штанга типа ШО-10У4, кліщі К-1000);
- спецодяг (гумові рукавички, взуття, чоботи);
- допоміжні пристосування (діелектричні килимки);
- сигналізатори напруги (двополюсний покажчик напруги типа МИН-1).

Всі інструменти з діелектричними ручками і перевірено напругою 1000 В.

Захисні засоби знаходяться в експлуатації і в запасі на складі. Там вони зберігаються в умовах тих, що забезпечують їх справність.

4.3 Протипожежна та техногенна безпека

Виробництво схем на мікромодульних елементах, згідно ДБН В.1.1–7–2002 [20], відноситься до категорії Б, оскільки це виробництво зв'язане із застосуванням трихлоретилену і аміаку з температурою спалаху парів від 28 °С до 61°С. Для зниження пожежної небезпеки використовують строго обмежену кількість (0,5 л) матеріалів, що зберігаються, здатних горіти, створюють перешкоди для виникнення пожеж; попередження можливості руйнування виробничих пристроїв.

Характерними причинами виникнення пожеж в лабораторії є необережне поводження з вогнем, порушення технологічних процесів, неправильні електропроводки і устаткування, неправильне користування електричними приладами і ін. Для лабораторії встановлена категорія пожежної небезпеки В.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться ділянка, виконані з тих, що не згорають і важко згорають матеріалів, що цегельних і виштукатурюють. Отже, вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно ДБН В.1.1–7–2002, в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі.

Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість пересування людей при евакуації – 16 м/мін [20].

Згідно правилами влаштування електроустановок ПВЕ, будівля, в якій знаходиться ділянка по заходах захисту від блискавок, відноситься до категорії 3 і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації приєднуються при введенні в об'єкт, що захищається, до заземлювачів електроустаткування. Отже, грозозахист заснований на стержневих громовідводах.

Для попередження пожеж на ділянці необхідно створити строгий протипожежний режим. Створюється загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж на робочому місці; створюється план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Як вогнегасні речовини можна застосовувати воду, вуглекислоту, хімічну і повітряно-механічну піну. Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлюють пожежні крани, які розміщені в шафах, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислий вогнегасник ОУ-2, в кількості двох вогнегасників на приміщення. Існує пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники лабораторії № 216 організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідують або вліво через лабораторний корпус для виходу на вули-

цю Добролюбова, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 4.3).

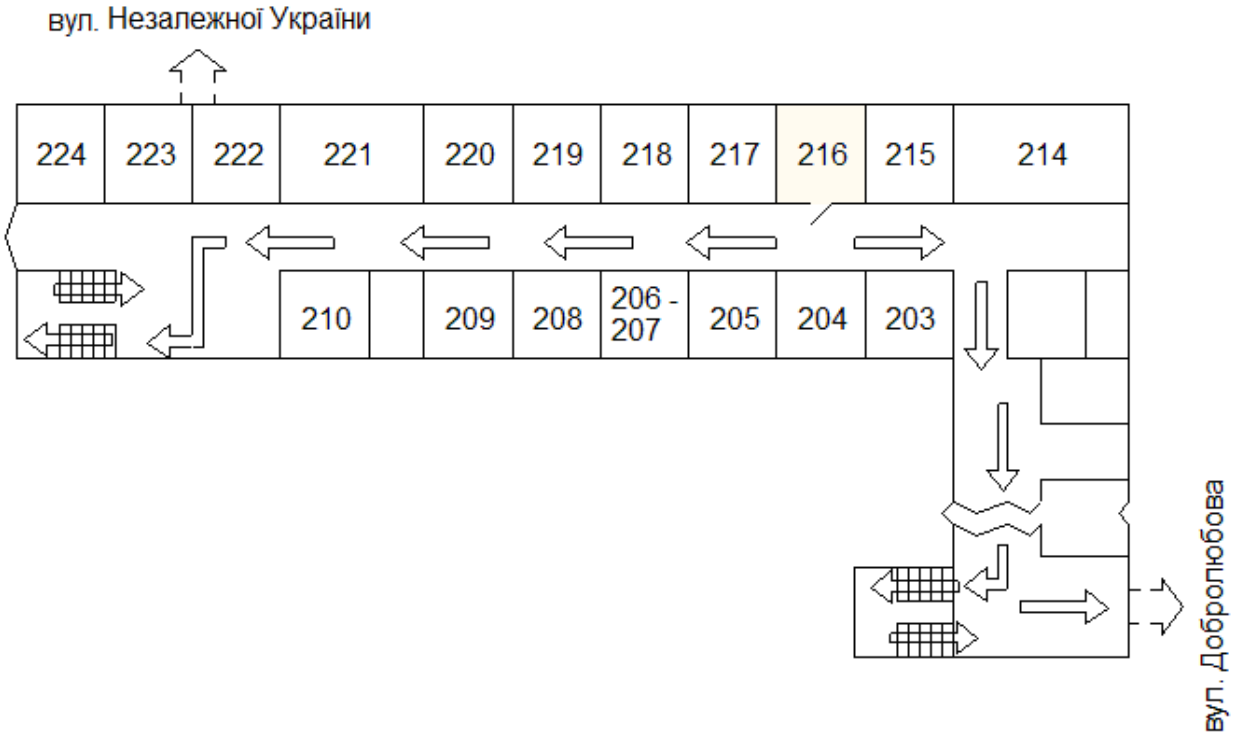


Рисунок 4.3 – План евакуації при пожежі із аудиторії проведення експерименту

Висновки та рекомендації

1. Обраний полікристалічний фотомодуль АХ-150Р призначений для 12-вольтних систем і відповідає по електричним параметрам габаритним розмірам, дизайну і коштовності використанню в розробленій автономній системі зовнішнього освітлення.

2. Застосування пристрою стеження за Сонцем дозволяє змінювати кут нахилу фотоелектричного модуля протягом дня таким чином, щоб зберігати прямий кут падіння сонячних променів на його поверхню, що підвищує ККД системи.

3. Розрахована схема контролера заряду не допускає перевантаження системи або зворотного струму в нічний час, регулює зарядну напругу у межі 15,5В, запобігає перезаряду акумуляторної батареї і сигналізує у разі виникнення критичної ситуації.

4. Застосований світлодіодний прожектор не вимагає зміни ламп або іншого додаткового технічного обслуговування, не чутливий до стрибків мережевої напруги і сам не створює таких перепадів, має рівний світловий потік, без стробоскопічного ефекту.

Рекомендується подальша модернізація системи автономного зовнішнього освітлення за рахунок використання дистанційного управління пультом і засобами IP-технологій.

Перелік посилань

1. Освітлення міст: Навч. посібник. Харків : ХНАМГ, 2018. 221 с.

2. Фонаш С., Ротворф А., Казмірські Л. Сучасні проблеми напівпровідникової фотоенергетики: Пер. з англ.. Київ : Наукова думка, 1988. 456 с.

3. Шиняков Ю.А., Шуригін Ю.А., Аркатова О.Е. Підвищення енергетичної ефективності автономних фотоелектричних енергетичних установок. Електроніка, Вимірювальна Техніка, Радіотехніка та зв'язок. Доповіді ТУСУРа : № 2 (22). частина 2, 2010. С. 102.

3. Попель О.С., Фрід С.Є., Альварес Г.М. До розрахунку надходження сонячної радіації на земну поверхню. Київ : Геліотехніка. №1, 1986. С. 56.

4. Плеханов С.І., Наумов А.В. Оцінка можливостей зростання виробництва сонячних елементів на основі CdTe, CIGS і GaAs / Ge в період 2010-2025 р.р. [Електронний ресурс] Режим доступу: AEnergy.ua

5. Наумов А.В., Плеханов С.І. Розвиток сонячної енергетики на основі тонкоплівкових CIGS-елементів. Київ : Енергія: економіка, техніка, екологія. № 7, 2013. С. 14.

6. Кузнєцов Ф.А., Резніченко М.Ф. Кремній для сонячної енергетики. Київ : Матеріали електронної техніки. №4, 2008. С. 4.

7. Gay, Wilson, Yerkes Performance advantages of two-axis tracking for large flat-plate photovoltaic energy systems. Conf. Rec. IEEE Photovoltaic Spec. Conf 16, 1982. P. 69-73.

8. Шереметьєв О. Д., Герасименко М. В., Сліпченко М. І., Письменецький В.О. Автономна система вуличного освітлення: пат. на корисну модель 95106 Україна : ХНУРЕ, 2014. 16 с.

9. Klein S.A., Beckman W.A.. Review of Solar Radiation Utilizability. Journal of Solar Energy Engineering, 1984. V. 106. P. 1-10.

10. Семенов Н.Н., Шилов А.Е. Семенов Н.Н. Перетворення сонячної енергії. Київ : Наукова думка, 1985. 467 с.

11. Aggarwal R.K. Estimation of Total Solar Radiation on Tilted Surface. Journal of Environmental Engineering and Technology, 2013. V.2. P. 4-6.

12. Damm J. An active solar tracking system. HomeBrew Magazine, 1990. P. 96.

13. Deshmukh M.K., Deshmukh S.S.. Modeling of hybrid renewable energy Systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008. V.12. P. 235-249.

14. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: Підручник. – Запоріжжя: ЗДІА, 2016. – 214 с.

15. Бойко В.І. та ін. Схемотехніка електронних систем. Кн. 1. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої: підручник. Київ : Вища школа, 2004. 344 с.

16. Колонтаєвський .П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемотехніка: підручник. Київ : Каравела, 2009. 287 с.

17. Белуха М.Т. Основи наукових досліджень. Київ : Вища шк., 1997. 271с.

18. Кожемякін Г.Б., Рижков В.Г., Бєлоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 48 с.

19. Ткачук К.Н. Охорона праці та навколишнього середовища у радіоелектронній промисловості. Київ : Вища шк., 1988. 240 с.

20. Горобець А.І., Степаненко А.І. Охорона праці в радіоелектронній промисловості. Київ : Техніка, 1987. 345 с.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
Національний університет «Києво-Могилянська академія» (м. Київ)
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (м. Дніпро)
Університет митної справи та фінансів (м. Дніпро)
Полтавський державний аграрний університет (м. Полтава)
Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова м.Хмельницький)
Криворізький національний університет (м. Кривий ріг)
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет» (м. Дніпро)
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (м. Чернівці)
Міністерство внутрішніх справ
Запорізький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Державна аудиторська служба України
Управління Східного офісу Держаудитслужби в Запорізькій області
Технічний Університет Молдови (республіка Молдова, м. Кишинев).
Маріямпольський університет прикладних наук (Маріямполе, Литва)
Університет Александраса Стульгінскіса (Каунас, Литва)
Університет Вітаутаса Великого (Каунас, Литва)
Університет Ромернса (Литва)
Інститут розвитку міжнародної співпраці (Республіка Польща)
Вища Школа Управління Охороною Праці в Катовіцах (Республіка Польща)
Ченстоховський Технологічний Університет (м. Ченстохова, Республіка Польща)
Гуманітарно-Природничий Університет ім. Яна Длугоша в Ченстохова
(м. Ченстохова, Республіка Польща).



Міжнародна науково-практична конференція
Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
«Сучасні перспективи розвитку обліку, фінансів, економіки, управління, права та інженерії»
5 – 6 грудня 2024 р.
м. Запоріжжя

УДК 628.971

Верьовкін Л.Л., к.т.н., доцент, доцент кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

Дяченко М.А. студент 2 курсу спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка», Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, м. Запоріжжя

АВТОНОМНА СИСТЕМА ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Проблема забезпечення ефективного та екологічно чистого вуличного освітлення є надзвичайно актуальним питанням в сучасному світі. Зростання урбанізації, підвищення вимог до комфорту та безпеки міського середовища, а також гостра необхідність переходу до відновлюваних джерел енергії стимулюють пошук нових, більш ефективних та екологічно чистих рішень.

Традиційні системи вуличного освітлення, підключені до централізованої електромережі, мають ряд суттєвих недоліків. Альтернативою є автономні системи освітлення, які використовують енергію сонця та не потребують підключення до електромережі. Такі системи дозволяють значно знизити витрати на електроенергію, зменшити навантаження на енергосистему та забезпечити освітлення в місцях, де відсутнє централізоване електропостачання.

Сьогодні в Україні та світі зростає необхідність у забезпеченні енергоефективного та надійного освітлення громадських просторів. Зважаючи на обмеженість традиційних енергетичних ресурсів та підвищення тарифів на електроенергію, важливим є перехід до використання альтернативних джерел енергії. Автономні системи вуличного освітлення на основі сонячних панелей можуть значно знизити навантаження на електромережі та скоротити витрати на обслуговування.

Сонячні світильники потребують суттєво менших витрат на обслуговування. Через відсутність проводів та кабелів, ризик аварій є мінімальним [1]. Цей тип освітлення не забруднює навколишнє середовище.

До недоліків слід віднести: значно вищі початкові витрати, ніж на побудову традиційних мереж освітлення; ризик крадіжки обладнання через його високу вартість; сніг або пил в поєднанні з високою вологістю знижують кількість накопиченої енергії на горизонтальних панелях; акумулятори протягом служби світильника повинні кілька разів бути заміненими, що підвищує вартість на поточне обслуговування.

Актуальність автономних систем полягає у тому, що сонячне вуличне освітлення є незалежним від загальної мережі. Отже витрати на електроенергію відсутні. Також це дозволяє встановлювати такі світильники у віддалених районах, в яких відсутня мережа.

Автономні світильники, які працюють від сонячних батарей, мають наступну конструкцію (рис. 1.1).

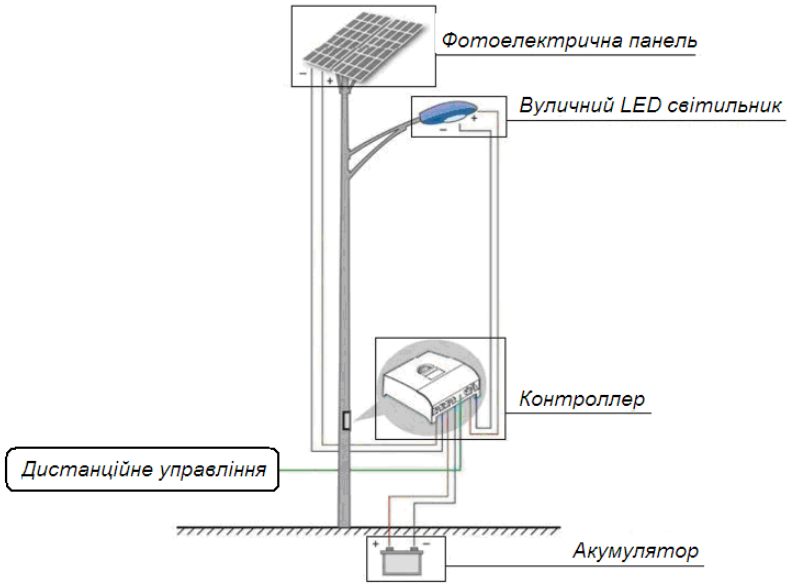


Рисунок 1.1 – Обладнання пристроїв освітлення на сонячних батареях [1]

Сонячна батарея розташовується в спеціальному плафоні, який захищає її від впливу пилу і води, блок освітлення складається з світлодіодних модулів, акумулятор розташовується у спеціальному контейнері, система контролю аналізує освітлення навколо світильника, вмикаючи або вимикаючи прилад за необхідністю.

Світильники вуличного освітлення на сонячних батареях стандартної конструкції справляються з значними температурними перепадами і можуть успішно працювати за температури від -50 ºС і до +40 ºС. Потужність їхнього акумулятора повністю залежить від виробника пристроїв.

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

Відмінністю автономної системи освітлення від існуючих аналогів являється застосування пристрою стеження за Сонцем, який дозволяє змінювати кут нахилу фотоелектричного модуля протягом дня таким чином, щоб зберігати прямий кут падіння сонячних променів на його поверхню, що підвищує ККД системи [2].

Розрахована схема контролера заряду не допускає перевантаження системи або зворотного струму в нічний час, регулює зарядну напругу у межі 14,5 В, запобігає перезаряду акумуляторної батареї і сигналізує у разі виникнення критичної ситуації.

Література

1. Освітлення міст: Навч. посібник. Харків : ХНАМГ, 2018. 221 с.

2. Попель О.С., Фрід С.Є., Альварес Г.М. До розрахунку надходження сонячної радіації на земну поверхню. Київ : Геліотехніка. №1, 1986. С. 56.