

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Розробка систем керування роботою світлодіодних джерел світла

Виконав: студент 6 курсу, групи ЕЕмз
напряму підготовки (спеціальності) 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Вінце Р.Ж.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Андрійчук В.А.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Вакуленко О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
 Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
 Кафедра електричної інженерії
 Освітньо-кваліфікаційний рівень - магістр
 Галузь знань 14 – «Електрична інженерія»
 Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
 електричної інженерії
 д.т.н., проф. Тарасенко М. Г.

“ ____ ” _____ 2019 року

З А В Д А Н Н Я **НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Вінце Роберту Жігмондовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: *«Розробка систем керування роботою світлодіодних джерел світла.»*

керівник роботи Андрійчук Володимир Андрійович, д.т.н., проф

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 23 серпня 2019р. № 4/7-731

2. Строк подання студентом роботи - *грудень 2019 року*

3. Вихідні дані до роботи: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Науково-дослідна частина

3. Технологічна частина

4. Проектно-конструкторська частина

5. Спеціальна частина

6. Обґрунтування економічної ефективності

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

8. Екологія

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>			
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			
<i>Екологія</i>			
<i>Нормоконтроль</i>			

7. Дата видачі завдання - _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналітична частина</i>		
2	<i>Науково-дослідна частина</i>		
3	<i>Технологічна частина</i>		
4	<i>Проектно-конструкторська частина</i>		
5	<i>Спеціальна частина</i>		
6	<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>		
7	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>		
8	<i>Екологія</i>		
9	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>		
10	<i>Оформлення графічної частини</i>		

Студент

_____ (підпис)

Вінце Р.Ж.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Андрійчук В.А.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вінце Р.Ж. Розробка систем керування роботою світлодіодних джерел світла. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, Група ЕЕмз-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2019.

Стор. - 112; рис. - 42; табл. - 6; креслень - 6; джерел - 14; додатків - __.

Метою дипломної роботи було провести аналіз існуючих систем керування освітленням та їх технічні рішення для різного типу джерел світла та світлових приладів на їх основі. Дослідити можливість використання існуючих систем управління освітленням для впровадження їх в освітлювальні системи на основі вітчизняної світлотехнічної продукції.

Доповнено систему керування внутрішньо будинковим освітленням з використанням DSI-інтерфейсу. Доповнено програму для пристрою управління освітлювальною установкою на базі DALI – контролера. Удосконалено систему димерування в світлодіодних освітлювальних установках.

Запропонована система управління освітлювальною установкою змонтованою на базі світлодіодних джерел світла та блоком живлення з широтно-імпульсною модуляцією. Запропоновано мережеву систему управління вуличним освітленням населених пунктів. Запропоновано систему управління світлодіодними світильниками з використанням DMX – контролерів. Запропонована система керування освітленням виробничого приміщення з використанням DALI – контролера.

Ключові слова: системи керування DALI, світлодіоди, зовнішнє освітлення, розумний дім.

ANNOTATION

Vintse R.ZH. Development of control systems for the operation of LED light sources. 141 - Electricity, Electrical Engineering and Electromechanics. Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University. Faculty of Applied Information Technology and Electrical Engineering. Department of Electrical Engineering, EEMZ-61 Group. - Ternopil .: TNTU, 2019.

Pages - 113; Fig. - 42; tab. - 6; drawings - 6; sources - 14; applications - ___.

The aim of the thesis was to analyze the existing lighting control systems and their technical solutions for different types of light sources and lighting devices based on them. Investigate the possibility of using existing lighting management systems to integrate them into lighting systems based on domestic lighting products.

The home lighting control system with DSI interface has been added. The program for the DALI controller based control unit has been added. Dimming system in LED lighting installations has been improved.

A control system for lighting installation based on LED light sources and power supply unit with pulse width modulation is proposed. A network system for managing street lighting of settlements is proposed. The control system of LED fixtures using DMX controllers is offered. A control room lighting control system using a DALI controller is proposed.

Keywords: DALI control systems, LEDs, outdoor lighting, smart home.

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Аналіз систем керування випромінюванням світлодіодних джерел світла	11
1.2. Автоматизовані системи управління світловим потоком СД	14
1.3. Класифікація систем автоматичного управління (САУ) світлодіодним освітленням	16
1.4. Системи аналогового керування світлодіодним освітленням	18
1.5. Управління світлодіодними ОУ по мережі живлення	19
1.6. Димерування освітлення	21
1.6.1 Порівняльні характеристики димерування світлодіодних та розрядних ламп	23
1.6.2 Димери з дистанційним управлінням	24
1.7. Висновки до розділу	26
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	27
2.1. Способи регулювання світлового потоку СД приладів	27
2.1.1 Димерування СД при імпульсному живленні	27
2.1.2.Метод широтно – імпульсної модуляції імпульсного живлення	27
2.2. Визначення енергетичних та світлових характеристик в імпульсному режимі	29
2.2.1 Залежність світлових характеристик від тривалості імпульсів	31
2.3. Дослідження спектральних характеристик в різних режимах роботи	35
2.4. Висновки до розділу	37
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	38
3.1. Принцип вибору схеми регулювання	38
3.2. Імпульсні режими роботи світлодіодів	44
3.2.1 Енергетичні і світлотехнічні характеристики світлодіодів в імпульсному режимі	44
3.2.2 Дослідження температурних режимів роботи	47
3.3. Типи систем керувань вуличним освітленням	51

3.4. Мережева система управління світлодіодними освітлювальними установками	53
3.5. Висновки до розділу	54
4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	55
4.1. Протоколи цифрового управління СД світловими приладами	55
4.2. Адаптація і розвиток стандарту RDM	58
4.3. Комп'ютерні системи управління груповими світлодіодними освітлювальними пристроями	60
4.4. Висновки до розділу	62
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	63
5.1. Системи управління світлодіодними освітлювальними установками на базі інтерфейсу DALI	63
5.2. Передача даних і програмування світлотехнічної системи DALI	64
5.3. Дії, що виконуються системою DALI	68
5.4. Система управління освітленням та створення протоколу DALI	69
5.5. Технічні характеристики системи DALI	70
5.6. Висновки до розділу	77
6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	78
6.1 Економічне обґрунтування науково-дослідного проекту	78
6.2 Система техніко-економічних показників ефективності проекту	79
6.3 Особливості визначення техніко-економічної ефективності НДР	80
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	85
7.1. ОХОРОНА ПРАЦІ	85
7.1.1. Організація охорони праці на підприємстві	85
7.1.2. Вимоги до виробничого освітлення та його нормування	87
7.1.3. Штучне освітлення виробничих приміщень, його нормування та види	89
7.1.4. Вплив кольору на покращення умов праці та підвищення продуктивності виробництва.	90
7.2. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	94

7.2.1. Причини електротравматизму. Вплив електричного струму на організм людини.	94
7.2.2. Стійкість роботи об'єкту енергетики і фактори, що на них впливають.	98
7.2.3. Державна система моніторингу довкілля, основні завдання, організація і функціонування	100
8 ЕКОЛОГІЯ	103
8.1. Світло як екологічний фактор	103
8.2. Вплив абіотичних екологічних факторів на ріст рослин	104
8.3. Вплив екологічних факторів на інтенсивність фотосинтезу	107
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	111
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	112

ВСТУП

Актуальність теми роботи. У зв'язку з широким впровадженням світлодіодних джерел світла постає задача розробки як систем живлення, так і систем керування їх роботою. Останнім часом все більш популярним і поширеним стає «розумний дім», тому система управління освітленням є однією з його складових частин.

Вибір параметрів будь-якої системи управління диктується завданням, яке належить виконати з її допомогою. Важливо, щоб нова система могла досить просто інтегруватися в уже існуючу, об'єднатися з нею, працювати разом, а не замість неї.

Управління роботою світлодіодних джерел світла та світлових приладів на їх основі – складне технічне завдання, від рішення якого багато в чому залежать умови експлуатації ОУ а також створення передумов для раціонального використання електроенергії.

Раціональна система управління світлодіодним освітленням дозволяє істотно понизити витрати електроенергії на освітлення і здійснювати включення або відключення освітлювальних приладів за наступних умов:

- залежно від рівня природної освітленості приміщень (наприклад, по сигналах фотореле);
- по досягненню певного часу доби (наприклад, по сигналах таймерів);
- при натисненні людиною кнопок управління (наприклад, входячи в під'їзд, людина натискає кнопку, яка дає сигнал на включення освітлення);
- відключення освітлення здійснюється автоматично через заданий інтервал часу;
- при появі сигналів від датчиків присутності.

Нові вимоги відносно енергозбереження вимагають також багато і від управління освітленням, тому провідні європейські виробники компонентів для світильників (Helvar, Osram, Philips) створюють нові цифрові системи керування з використанням комп'ютерних технологій а також системи Інтернет зв'язку,

наприклад, відкритий протокол управління світлом DALI (Digital Adressable Lighting Interface – цифровий інтерфейс освітлення, що адресується).

Мета і завдання роботи: Провести аналіз існуючих систем керування освітленням та їх технічні рішення для світлодіодних джерел світла та світлових приладів на їх основі. Дослідити можливість використання існуючих систем управління освітленням для впровадження їх в освітлювальні системи на основі світлодіодних джерел.

Об'єкт дослідження: Механізми керування світлотехнічними системами різного призначення і побудованих на основі світлодіодних джерел світла.

Предмет дослідження: Техніко-енергетичні характеристики аналогових та цифрових системи керування світлодіодними освітлювальними установками для внутрішнього та зовнішнього освітлення.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження:

1. Доповнено систему керування внутрібудинковим освітленням з використанням DSI-інтерфейсу.
2. Доповнено програму для пристрою управління освітлювальною установкою на базі DALI – контролера.
3. Удосконалено систему димерування в світлодіодних освітлювальних установках.

Практичне значення отриманих результатів дослідження:

1. Запропонована система управління освітлювальною установкою змонтованою на базі світлодіодних джерел світла та блоком живлення з широтно-імпульсною модуляцією.
2. Запропоновано мережеву систему управління вуличним освітленням населених пунктів.
3. Запропоновано систему управління світлодіодними світильниками з використанням DMX – контролерів.
4. Запропонована система керування освітленням виробничого приміщення з використанням DALI – контролера.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи і її результати доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції

молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 2019 р.)

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 1 тезу доповідей «Розробка систем керування роботою світлодіодних джерел світла» у збірнику матеріалів VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Збірник тез конференцій. 27-28 листопада 2019 р., Тернопіль, С. 65)

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 розділів, висновків та переліку посилань.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз систем керування випромінюванням світлодіодних джерел світла

Управління яскравістю світлодіодних джерел (СД) світла – складне технічне завдання, від рішення якого багато в чому залежать умови експлуатації ОУ, здійснення керування освітленням, а також створення передумов для раціонального витрачання електроенергії.

Раціональна система управління світловим потоком СД дозволяє істотно понизити витрати електроенергії на освітлення і здійснює включення або відключення освітлювальних приладів за наступних умов:

- залежно від рівня природної освітленості приміщень (наприклад, по сигналах фотореле);
- по досягненню певного часу доби (наприклад, по сигналах таймерів);
- при натисненні людиною кнопок управління (наприклад, входячи в під'їзд, людина натискає кнопку, яка дає сигнал на включення освітлення);
- відключення освітлення здійснюється автоматично через заданий інтервал часу;
- при появі сигналів від датчиків присутності.

Управління СД залежить від місця розташування пунктів управління і може бути місцевим або дистанційним.

При місцевій системі управління включення і виключення освітлення робляться комутаційними апаратами (вимикачами, рубильниками або автоматами), встановленими в кожному з освітлюваних приміщень або на кожній з освітлюваних ділянок відкритої території.

При централізованій дистанційній системі управління усе управління роботою СД зосереджене в одному або декількох місцях, наприклад на центральному диспетчерському пункті (ЦДП). Централізоване дистанційне керування ділиться на дві системи управління. Якщо на освітлюваному об'єкті уся ОУ живиться від розподільного щита окремими лініями, то можливо централізовано управляти з пунктів живлення (ПП) усім освітленням об'єкта

безпосередньо комутаційними апаратами, що встановлені на цих лініях. Така схема живлення освітлювальних мереж зустрічається зазвичай тільки на невеликих промислових об'єктах і в різних адміністративних, учбових, лікувальних і інших аналогічних будівлях. На великих об'єктах ОУ живиться окремими лініями від розподільних пристроїв різних підстанцій. В цьому випадку для можливості здійснення централізованого дистанційного керування на кожній з освітлювальних ліній встановлюються блоки або ящики управління, дистанційне керування якими зосереджується в одному або декількох пунктах управління (наприклад, центральний диспетчерський пункт - ЦДП). Таким чином, можливе управління:

- місцеве, індивідуальне і групове;
- централізоване дистанційне з розподільного щита пунктів живлення (ПЖ) за допомогою комутаційних апаратів, встановлених на освітлювальних лініях, що відходять;
- централізоване дистанційне з пунктів управління (ПУ) – за допомогою проміжних пристроїв управління (або пристроїв, що керують струмом певної напруги контакторів або магнітних пускачів).

Для управління світлодіодними світловими приладами (СП) для внутрішнього і зовнішнього освітлення використовуються апарати управління, встановлені в розподільних пристроях підстанцій, розподільних пунктах живлення, ввідних розподільних пристроях, групових щитках.

Місцеве управління освітленням великих приміщень проводиться з групових щитків автоматами групових ліній. Апарати управління освітленням і щитки, з яких проводиться управління освітленням, розміщують у місцях, доступних і зручних для обслуговування.

Дистанційне керування внутрішнім освітленням виробничих приміщень здійснюється залежно від характеру і особливостей виробничого корпусу з одного або декількох місць (диспетчерський пункт, контора цеху і т.п.).

Автоматичне управління освітленням поділяється на фотоавтоматичне і програмне.

При фотоавтоматичному управлінні ввімкнення і вимкнення внутрішнього і зовнішнього освітлення здійснюється залежно від зміни природної освітленості і виконується за допомогою фотореле і фотоавтоматів.

Програмне управління застосовується для внутрішнього освітлення промислових підприємств. Воно передбачає ввімкнення і вимкнення СД залежно від часу початку і закінчення робочих змін і обідніх перерв. Управління здійснюється за допомогою програмних реле часу.

Для ввімкнення і захисту ліній внутрішнього і зовнішнього освітлення при дистанційному, автоматичному і телемеханічному керуванні застосовують ящики або блоки управління з магнітними пускачами і автоматами. Управління магнітними пускачами проводиться:

- з постів, пультів або шаф управління, встановлюваних у приміщеннях управління освітленням при дистанційному керуванні,
- з пульта диспетчера при телемеханічному управлінні.

При влаштуванні автоматичного управління на додачу до фотометричних автоматів і програмних реле часу передбачається можливість переходу на дистанційне керування.

Для централізованого дистанційного керування робочим освітленням дозволяється використовувати автоматичні вимикачі, встановлені на ВРУ, ГРЩ, РП і групових щитках.

На рисунку 1.1 схематично наведено можливі варіанти управління світлодіодними мережами освітлення.

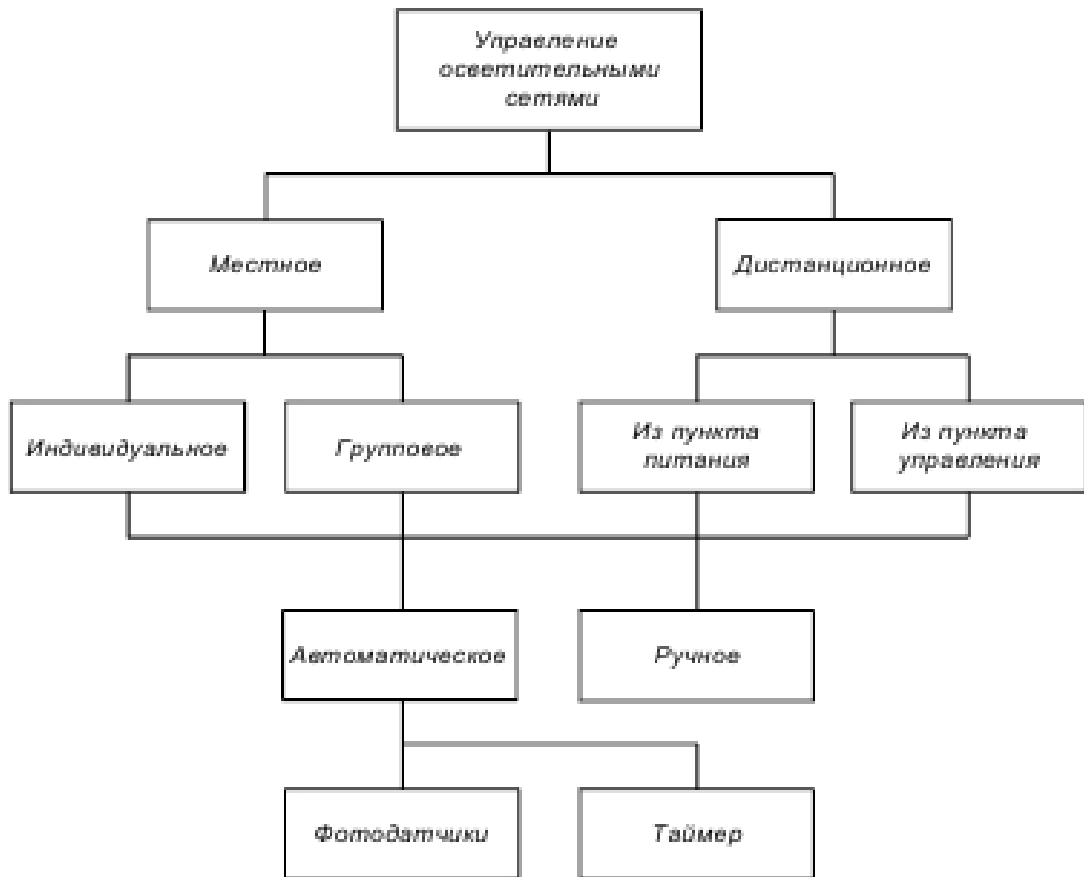


Рис.1.1 Управління світлодіодними мережами освітлення [1].

1.2. Автоматизовані системи управління світловим потоком СД

Управління різними процесами без втручання людини називається автоматичним управлінням, а технічні засоби, за допомогою яких воно здійснюється, – засобами автоматики.

Відповідно до виконуваних функцій усі елементи автоматичної системи діляться на три групи:

- вимірювальна;
- перетворювальна;
- виконавча.

Вимірювальну групу складають різного роду датчики. Перетворюючу – підсилювальні пристрої, регулятори, цифрові і мікропроцесорні пристрої.

Виконавчу – вимикачі, контактори, реле та ін.

Давач – цей пристрій, що перетворює вхідну дію будь-якої фізичної величини в сигнал, зручний для подальшого використання (найчастіше в електричний сигнал). Таким чином, давачі перетворюють будь-яку величину в електричний сигнал, який зручно передавати, обробляти, виводити на дисплей і тому подібне.

Оптичні (фотоелектричні) давачі працюють або на основі внутрішнього фотоефекту - зміни опору при зміні освітленості, або виробляють фото-ЕРС, пропорційну освітленості.

Розрізняють аналогові і дискретні оптичні давачі. У аналогових давачах вихідний сигнал змінюється пропорційно зовнішній освітленості. Основна сфера їх застосування – автоматизовані системи управління освітленням.

Давачі дискретного типу змінюють вихідний стан на протилежне значення при досягненні заданого освітлення.

Автоматизована система управління (АСУ) це комплекс апаратних і програмних засобів, призначений для управління різними процесами.

Автоматизовані системи управління освітленням, призначені для використання в громадських будівлях, де вони підтримують заданий рівень штучного освітлення в приміщенні. Це досягається введенням в систему управління освітленням фотоелемента, який знаходиться усередині приміщення і контролює створювану ОУ освітленість.

АСУ також враховують рівень природного освітлення в приміщенні.

АСУ враховує час доби і дні тижня. Це приводить до додаткової економії електроенергії для освітлення, що може бути досягнуто відключенням ОУ в певні години доби, а також у вихідні і святкові дні. Цей захід дозволяє ефективно боротися із забудькуватістю людей, які не відключають освітлення на робочих місцях перед тим як залишити робоче приміщення. Для її реалізації автоматизована система управління освітленням обладнана власним годинником реального часу.

АСУ враховує присутності людей в приміщенні. При устаткуванні системи управління освітленням датчиком присутності можна включати і відключати світильники залежно від того чи є люди в цьому приміщенні.

Сучасні АСУ можуть здійснювати дистанційне безпроводне керування освітлювальною установкою. Хоча така функція не є автоматизованою, вона часто є присутньою в автоматизованих системах управління освітленням завдяки тому, що її реалізація на базі електроніки системи управління освітленням дуже проста, а сама функція додає значну зручність в управлінні освітлювальною установкою.

1.3. Класифікація систем автоматичного управління (САУ) світлодіодним освітленням

Залежно від основної мети, завдання управління САУ класифікуються таким чином:

- системи стабілізації;
- системи програмного управління;
- системи, що стежать.

У системах стабілізації робочий параметр об'єкту (регульована величина) підтримується постійним в часі при постійному завданні. Наприклад, для стабілізації робочих характеристик світлодіода необхідно підтримувати постійну величину струму того, що протікає через нього.

У системах програмного управління робочий параметр об'єкту змінюється в часі за заздалегідь відомим законом, відповідно до якого змінюється завдання.

У системах стеження робочий параметр об'єкту змінюється в часі за заздалегідь невідомим законом, який визначається якимсь зовнішнім незалежним процесом.

Залежно від кількості регульованих величин системи можуть бути одновимірними (одна регульована величина) або багатовимірними (декілька регульованих величин).

САУ діляться на два основні класи: локальні і централізовані.

Для локальних систем характерне управління тільки однією групою світильників, тоді як централізовані системи допускають підключення практично нескінченного числа окремо керованих груп світильників. У свою

чергу, по охоплюваній сфері управління локальні системи можуть бути розділені на «системи управління світильниками» і «системи управління освітленням приміщень», а централізовані – на спеціалізовані (лише для управління освітленням) і загального призначення (для управління усіма інженерними системами будівлі: опалюванням, кондиціонуванням, пожежною і охоронною сигналізацією і т.п.).

Локальні системи управління світлодіодним освітленням.

Локальні системи управління світильниками із світло діодів у більшості випадків не вимагають додаткової проводки, а іноді навіть скорочують необхідність в прокладенні дротів. Конструктивно вони виконуються в малогабаритних корпусах, які закріплюються безпосередньо на світильнику або на колбі в одній з СД ламп.

Усі давачі, як правило, складають один електронний прилад, у свою чергу, вбудований в корпус самої системи.

Часто світильники, обладнані певного типу давачами, обмінюються між собою інформацією. За рахунок цього навіть у разі, якщо у будівлі залишилася єдина людина, світильники, що знаходяться на його шляху, залишаються включеними.

Централізовані системи управління СД освітленням

Централізовані системи управління СД освітленням, які якнайповніше відповідають назві «інтелектуальних», будуються на основі мікропроцесорів, які забезпечують можливість практично одночасного багатоваріантного управління значним (до декількох сотень) числом світильників. Такі системи можуть застосовуватися не тільки для управління освітленням, а також для взаємодії з іншими системами (наприклад, з телефонною мережею, системами безпеки, вентиляції, опалюванням).

1.4. Системи аналогового керування світлодіодним освітленням

Раніше всі системи управління освітленням були аналоговими. Пристрій мало-мальськи складних систем відрізнявся один від одного незначно, і був побудований за класичною схемою автоматизації. Основою системи є, як правило, контролер, до якого з одного боку підключені різні давачі, а з іншого виконавчі механізми. Зв'язок між давачами і контролером найчастіше аналоговий, такий же зв'язок і між виконавчими пристроями і контролером. Основним призначенням таких пристроїв є ефективне управління енергоспоживанням. Введення в експлуатацію і настройка таких систем досить складна, і ще більш складна, якщо в систему входить кілька таких аналогових контролерів управління освітленням.

Управління силою світла за допомогою зміни напруги - один з найперших і простих методів, закріплений в міжнародному стандарті ANSI E1.3 - 2001. Діапазон зміни напруги залежить від виробника, проте з часом найбільш поширеними стали рівні 0-10 В.

У найперших системах управління світловим потоком застосовувалися автотрансформатори. У 60-х рр. минулого століття з'явилися тиристорні системи аналогового управління, що дозволяють регулювати світловий потік віддалено. До середини 70-х рр. був встановлений єдиний діапазон зміни напруги, що управляє 0-10 В. Головний недолік аналогового управління - неможливість управляти великою кількістю СД світильників. Перевагою ж цього методу є простота виконання. Потрібні лише дві лінії: зовнішній керуючий сигнал і загальний зворотний провід. Керуючий струм зазвичай знаходиться в межах 1...4 мА. Інший варіант аналогового управління розрахований на отримання керуючого сигналу за допомогою внутрішнього драйвера і зовнішнього потенціометра. Недоліком аналогового підходу при управлінні десятками і тим більше сотнями освітлювальних приладів є велика кількість ліній управління, що робить даний метод непридатним для складних систем з декількома сотнями освітлювальних приладів. Система стає занадто дорогою. Крім того, в ній важко проводити діагностику і усувати несправності.

Другий недолік пов'язаний з послабленням сигналу на довгих лініях. Сигнал, прийнятий СД, може виявитися слабшим вихідного, що призведе до більш тьмяного освітлення або нерівномірності випромінювання в системах з декількома освітлювальними приладами. Крім того, аналоговий сигнал схильний до зовнішніх перешкод, шумів і перебоїв на лінії заземлення, особливо при передачі на великі відстані. Драйвери з аналоговим принципом управління освітленістю на 0-10 В застосовуються повсюдно. Проте, даний метод управління не забезпечує достатньої стабільності і не дозволяє отримувати дані з мережевого контролера.

1.5. Управління світлодіодними ОУ по мережі живлення

Управління світлодіодними ОУ може здійснюватися по електромережі. Це застосовується в комерційних і житлових приміщеннях. Напряга по мережі надходить на освітлювальний прилад і обмежує до необхідної величини світловий потік. Зазвичай даний підхід застосовується для регулювання сили світла ламп розжарювання. Регулятори СД ОУ можна розділити на дві групи: в одних обмеження діючого значення напруги проводиться по передньому фронту синусоїди, в інших – по її задньому фронту. В регуляторах першої групи використовуються симістори. Вони призначені для галогенних ламп і ламп розжарювання. Сила світла змінюється шляхом відсікання переднього фронту напруги електромережі (Рис.1.2а та 1.2б).

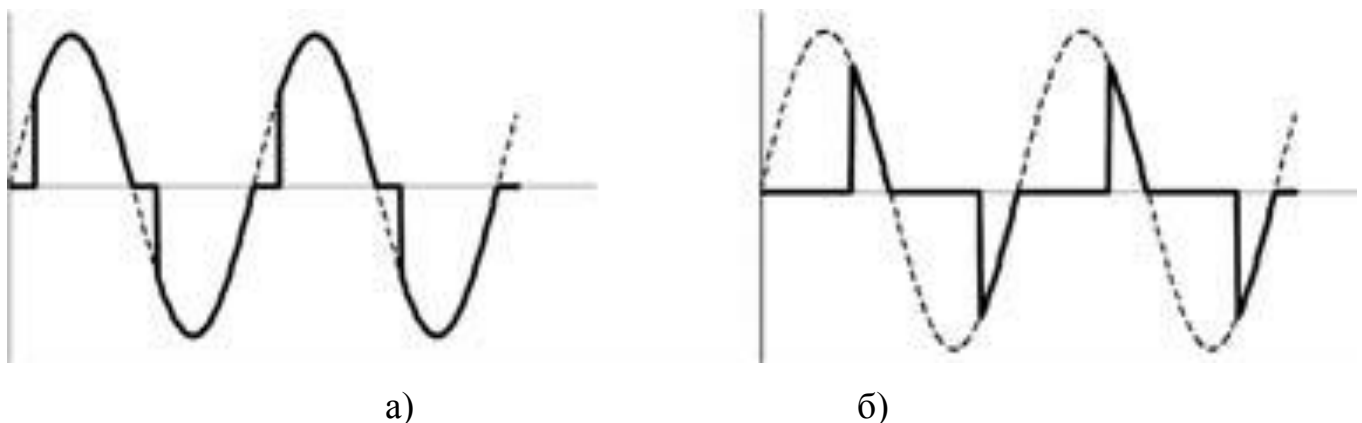


Рисунок 1.2 – Напряга мережі

Мінімальне навантаження становить 10-60 Вт. Ця вимога виконується в багатьох світлодіодних системах.

Регулятори з обмеженням сигналу по задньому фронту широко використовуються разом з трансформаторами для управління силою світла галогенних ламп. Їх особливість полягає в тому, що світильник швидко згасає і більш плавно включається. За рахунок плавного включення не виникає високого пускового струму.

Для аналогового управління освітленням потрібно, окрім самого світильника, ще два органи управління:

–командний орган (КО) – той, що посилає команду на зміну режиму роботи ОУ;

–виконавчий орган (ВО) – той, що безпосередньо змінює режим роботи освітлювальної установки.

У ролі КО традиційно виступають: давачі присутності або руху, кнопкові або дистанційні вимикачі, регулятори рівня, таймери, датчики освітленості. В ролі ВО – присмеркові вимикачі, імпульсні реле, міні-контактори, регулятори інтенсивності світла, тобто димери. Іноді функції КО і ВО поєднані в єдиному пристрої, прикладом служить димер зі вбудованим регулятором рівня освітлення.

1.6. Димерування освітлення

Управління СД освітлювальною установкою або окремим світловим приладом зводиться не лише до своєчасного включення або відключення, але і до плавної зміни яскравості джерел світла, усіх або деяких. Необхідність в зменшенні яскравості СД джерела світла виникає досить часто. Це і зниження потоку світла перед сном, і зміна світлової картини приміщення і, нарешті, з метою скорочення витрат. Для таких випадків і застосовується пристрій плавної зміни яскравості – димер. Слово «димерування» пішло від англійського «dim» («затінювати») і означає плавне регулювання яскравості світла. Отже, мета димерування – створення статичних або динамічних світлових сцен, економія

електроенергії і продовження терміну служби СД ламп (за рахунок «м'якого» пуску і використання економних режимів), тим самим створення затишної обстановки в приміщенні. При цьому споживана потужність зменшується пропорційно. Пристрої, які роблять димерування, називаються «димерами» або «світлорегуляторами».

Існує деякий поріг, при подачі потужності нижче за який лампа припиняє світитися. Це значення називають порогом димірування і виражають у відсотках від номінальної потужності джерела світла. Для лампи розжарювання поріг димерування рівний 0 %. Всі газорозрядні лампи (люмінесцентні, натрієві, металогалогенні) мають поріг димерування відмінний від нуля за самим принципом роботи лампи. Щоб підтримувався розряд, повинна підводитися потужність не нижче певного значення.

При виборі димера для світлодіодного СП слід враховувати тип СД, з якими він використовується.

Простим варіантом димера є змінний резистор, включений послідовно з СП СД. Недоліки його очевидні – низький ККД і необхідність забезпечення тепловідводу від резистора при великих потужностях.

Ефективнішим варіантом є застосування так званого лабораторного автотрансформатора (ЛАТР). Змінюється напруга живлення СД, відповідно, міняється її яскравість. Подібний пристрій має високий ККД, але дуже громіздкий, що утрудняє його масове використання. Тому в сучасних димерах використовують інший принцип.

Лампи розжарювання, галогенні лампи прямого включення в мережу 220 В і галогенні лампи з електромагнітними трансформаторами управляються димерами в режимі відсічення фази.

Нині найбільш поширеними є димери з регулюванням фази, що відсікають передній фронт, конструйовані на основі двонаправленого тріодного тиристора. Тиристор – двонаправлений перемикач, для включення якого потрібний лише короткий імпульс. У ланцюзі змінного струму він автоматично вимикатиметься при зміні полярності струму. Це відбувається, тому що напруга (а значить і струм) проходить через 0. При нульовому струмі тиристор не може

забезпечувати провідність і відключається. Кожну секунду процес перемикання здійснюється 100 разів (120 разів для мереж частотою 60 Гц). Серед побутових димерів останній тип називається «універсальним».

Подібні світлорегулятори залежно від навантаження можуть перемикатися на відсікання, як переднього, так і заднього фронту. Сучасні димери для СД джерел світла розрізняються типом напівпровідникового пристрою, що перериває струм: на тиристорах, симісторах, біполярних транзисторах, польових транзисторах.

У димерах, що випускаються промисловістю, замість тиристорів використовуються симістори. За принципом роботи симістор аналогічний тиристор, але пропускає струм в обох напрямках. Це дозволяє обійтися без діодного моста, на якому втрачається частина потужності.

Складнішим варіантом є димери на біполярних транзисторах, що відрізняються більшою універсальністю. Нарешті, кращі параметри (але і вищу ціну) мають димери на польових транзисторах.

Димери на тиристорах і симісторах зрізують передній фронт синусоїди. Транзисторні димери можуть зрізати як передній фронт синусоїди (маркування RL), так і задній (маркування C).

Електронна схема, по якій побудовано димер, перетворює напругу мережі до значень в інтервалі 0 – 10 В. Ця напруга, подана на електроди лампи, регулює потужність створюваного між ними електричного розряду, що впливає на яскравість світіння газу.

За типом сигналів, що управляють, існують два види регульованих апаратів:

- з управлінням аналоговим сигналом 0–10 В;
- з цифровим управлінням за стандартом DALI (Digital Addressable Lighting Interface).

Практично усі сучасні СД лампи від провідних виробників піддаються димеруванню, причому димерування практично не впливає на термін служби. А якщо замість виключення її на якийсь час димерують, то такий підхід навіть підвищує ресурс роботи лампи, оскільки термін служби скорочують саме часті включення і виключення. Поріг димерування СД ламп у провідних виробників досягає 0 %.

Димірування СД ламп дозволило компанії Feelux Lighting створити технологію Sun in House (SIH), що переводиться як «сонце у будинку». Завдяки їй вдається міняти колірну температуру освітлення залежно від часу доби або просто за бажанням користувача. Беруться дві лампи, що димеруються, одна з колірною температурою 2200 К, а інша – з 8000 К. Міняючи співвідношення рівнів світла цих ламп, можна регулювати колірну температуру в широких межах. Окрім особливих ламп, потрібно і спеціальний контролер, що є з двоканальним димером.

1.6.1 Порівняльні характеристики димерування світлодіодних та розрядних ламп

Є два типи компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ): без ПРА і з вбудованим ПРА. Перші димеруються точно так, як і звичайні люмінесцентні лампи. Другі або не димеруються взагалі, або працюють з димерами для звичайних ламп розжарювання.

Принцип роботи компактної люмінесцентної лампи, що димерується, із вбудованим ПРА такий же, як і у звичайної ЛЛ. Для того, щоб КЛЛ димерувалася, вона повинна мати здатність запускатися при зниженій потужності. Це обумовлено тим, що живлення на лампу і пусковий пристрій подається через одні і ті ж контакти.

Потужність КЛЛ, що димерується, як правило, не менше 18 Вт. Річ у тому, що для підтримки розряду в КЛЛ потрібна потужність не менше 1,8 Вт (у недорогих ламп цей поріг може бути близько 6 – 7 Вт), відповідно, для ламп меншої потужності глибина димерування буде занадто малою. Важливий нюанс: спочатку треба вивести регулятор димера хоч би на третину від максимальної потужності, щоб стався запуск лампи, а потім понизити освітленість до необхідного рівня.

Поріг димерування у КЛЛ може досягати 10 %. Часто поріг димерування КЛЛ складає 15 – 30 %.

Основна проблема димерування компактних люмінесцентних ламп із вбудованим ЕПРА пов'язана із зменшенням терміну свічення із-за старту з

недостатньо прогрітими електродами. Пов'язано це з тим, що димер зменшує потужність, що подається на увесь пристрій, у тому числі і на електроди лампи. У зв'язку з цим КЛЛ, що димеруються, виготовляються з великим «запасом міцності». Природно, вони коштують значно дорожче за звичайні компактні люмінесцентні лампи. З цієї причини КЛЛ, що димеруються, не знайшли широкого застосування.

Металлогалогенні лампи і ДНаТ димеруються дуже рідко. Дуже широко поширена думка, що металогалогенні лампи (МГЛ) взагалі не піддаються димеруванню. Насправді, для деяких сучасних моделей МГЛ димерування можливе при використанні спеціального електронного баласту. Поріг димерування у МГЛ складає усього 50 %.

Недоліки димерування МГЛ і ДНаТ:

- зміна колірної температури при зміні потужності, що підводиться;
- при зниженій потужності МГЛ працює в неоптимальному режимі, який характеризується падінням світловіддачі і зменшенням терміну служби.

Один з небагатьох прикладів – софіти для телезйомки репортажу, що живляться від акумулятора. Вони знаходяться в режимі зниженої яскравості, а у момент зйомки переводяться в режим максимальної яскравості. Димерування має сенс, якщо на запуск МГЛ може піти декілька десятків секунд.

Принцип роботи натрієвих ламп високого тиску практично такий же, як і у МГЛ. Відповідно, димерування здійснюється таким же способом. Для димерування придатні лише деякі моделі ламп. При димеруванні ДНаТ знижується термін служби лампи. Димерування ДНаТ не отримало широкого поширення.

Димерування СД ламп найбільш наближене до димерування ламп розжарення. Для цього використовуються як тиристорні, так і транзисторні регулятори живлення світлодіодних світлових приладів. Про методи та процеси химерування світло діодів більш детально буде розглянуто в другому розділі.

1.6.2 Димери з дистанційним управлінням

Димери з дистанційним управлінням – це, як правило, звичайні настінні сенсорні димери, укомплектовані спеціальною накладкою з ПЧ – приймачем або приймачем радіосигналу. Для дистанційного керування щитовими димерами застосовують додатковий модуль – приймач радіосигналу, до якого можна підключити виносну антену. Керований по радіо димер в приладовому виконанні – повністю автономний модуль, до складу якого входить приймальний пристрій.

Існує чотири способи управління роботою димера:

- механічний;
- електронний;
- акустичний;
- дистанційний.

Найбільш простий і поширений спосіб – механічний (з поворотною ручкою). Він припускає наявність в схемі потенціометра, включеного в низьковольтний ланцюг силового елемента, що управляє, – тиристора, дроселя, реостата та ін.

Світлорегулятор – димер, регулювання напруги якого має електронне управління (кнопки, сенсори), має у своєму складі різні давачі. Дистанційне керування світлорегулятором здійснюється за допомогою пульта управління по радіоканалу або ІК – сигналами.

Для управління акустичним світлорегулятором застосовується звуковий сигнал (хлопок, голосова команда та ін.). При виборі цього типу вимикача також слід враховувати сумарну потужність ламп, що підключаються до нього. Значення максимальної потужності димера рекомендується вибирати більше розрахункової потужності навантаження.

Стандартна потужність побутових димерів коливається від 20 до 1000 Вт.

1.7. Висновки до розділу

1. Проведено аналіз літературних джерел про методи керування роботою світлодіодів та установок світлодіодного освітлення.
2. Дано аналіз способів регулювання світлового потоку світлодіодних світлових приладів та освітлювальних установок на їх основі.

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Способи регулювання світлового потоку СД приладів

Світловий потік світлодіодних приладів (СП) може регулюватися різними способами:

–одноколірні білі світлодіодні світильники, що не настроюються, можуть регулюватися за допомогою сумісного димера загального призначення;

–світлодіодні світлові прилади, що можуть змінювати колір, а також СП білого світла з колірною температурою, що настроюється, можуть диміруватися за допомогою DMX або інших інтерфейсів керування.

2.1.1 Димерування СД при імпульсному живленні

Світловий потік одноколірних білих світлодіодних світильників, що не настроюються, із вбудованими драйверами можуть регулюватися за допомогою існуючих димерів загального призначення. У більшості світлодіодних драйверів «для регулювання потужності, використовується широтно-імпульсна модуляція (ШІМ)». Аналогічно димерам, що використовуються для ламп розжарювання, ШІМ включає і виключає СД з високою частотою, що зменшує час СД у включеному стані і забезпечує зменшення випромінюваного ним світла.

Загальноприйнятий метод управління яскравістю світлодіодних систем ґрунтується на використанні методу ШІМ, з певною частотою включення і виключення СД з різними коефіцієнтами заповнення. Коефіцієнт заповнення «визначається як відсоток часу, впродовж якого світлодіод включений».

2.1.2.Метод широтно – імпульсної модуляції імпульсного живлення

Широтно-імпульсна модуляція це «управління середнім значенням напруги на навантаженні шляхом зміни заповнення імпульсів, що управляють ключем».

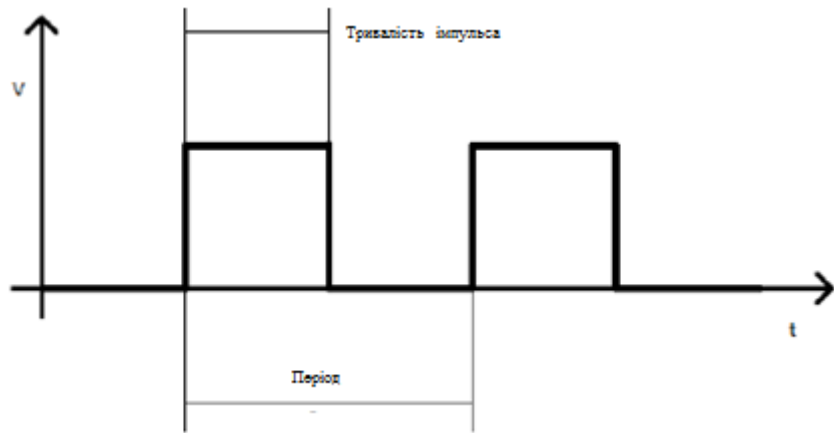


Рисунок 2.1. – ШІМ сигнал – заповнення 50%.

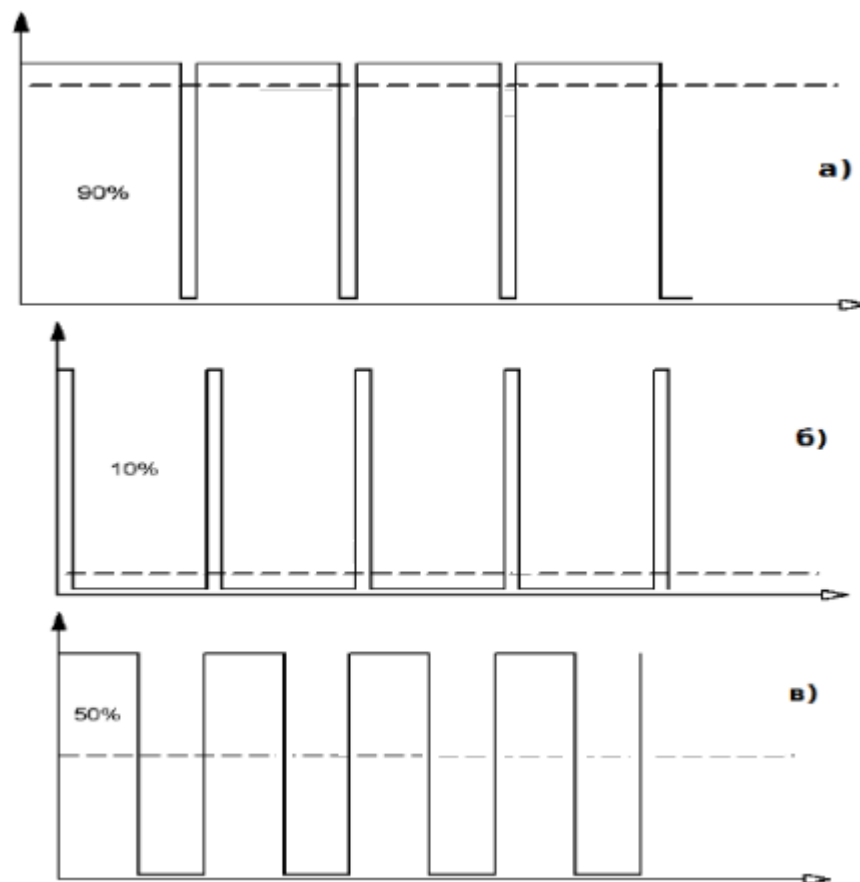


Рисунок 2.2 – ШІМ сигнали різної заповненості.

На рис. 2.2 показаний ШІМ сигнал із заповненням 50 %, оскільки тривалість імпульсу (ширина імпульсу) рівно половині періоду.

Міняючи заповнення можна міняти площу імпульса, а значить і напругу на виході. Таким чином, якщо на виході суцільні одиниці, то на виході буде напруга високого рівня, якщо нулі, то нуль. А якщо 50% часу буде високий рівень, а 50 %

низький то середнє значення напруги, а значить необхідна потужність буде складати 50 %.

На рис. 2.2 показано три різні сигнали ШІМ. На рисунку б) показано вихід ШІМ з 10 % шпаруватістю. Таким чином, сигнал має високий рівень протягом 10 % від періоду і низький – протягом інших 90 %. На рисунках а) і в) показано виходи ШІМ з 90 % та 50 % шпаруватістю, відповідно. Ці три виходи ШІМ відповідають трьом різним значенням аналогового сигналу, в 10%, 50%, і 90% повної потужності.

2.2. Визначення енергетичних та світлових характеристик в імпульсному режимі

Для СД світлових приладів часто використовується імпульсний режим роботи. Для визначення основних характеристик в імпульсному режимі ми провели наступні досліді: залежність енергетичних та світлових характеристик від тривалості імпульсів та від частоти імпульсів.

Досліді проводилися в фотометричній кулі при використанні генератора імпульсів Г5-78, та осцилографів С1-77 та С1-93 для одного світлодіода, а для світлодіодної матриці МТК 2-30W використовувався генератор імпульсів SOG1025 та осцилограф SOS1104CLF. Результати вимірювань представлені в таблицях та на графіках.

При дослідженні світлового потоку було використано «метод порівняння, який оснований на почерговому порівнянні освітленості фотометричного отвору світломірної кулі при дослідній і світловимірній лампі з відомим потоком. Світловимірна і дослідна лампи повинні мати можливо більш близькі кольорову температуру і світлорозподіл. Світлові центри встановлюються в центрі кулі, відхилення в обидві сторони не повинні перевищувати половини радіуса кулі. Якщо встановлено екран тоді елементи дослідної і світловимірювальної лампи не повинен спостерігатись із фотометричного отвора».

При проведенні вимірювань в світломірну кулю «почергово поміщується досліджувані лампи та еталонні і знімаються відліки n_1 , n_2 , m_1 , m_2 ».

Світловий потік досліджуваної лампи розраховується по формулі

$$\Phi_x = \frac{\Phi_{ет}}{n_1} \cdot n_2 \cdot \frac{m_1}{m_2}, \quad (2.1)$$

де Φ_x – «світловий потік вимірювальної лампи»;

$\Phi_{ет}$ – «світловий потік еталонної лампи»;

n_1 – «покази гальванометра при дії еталонної лампи»;

n_2 – «покази гальванометра при дії вимірювальної лампи»;

m_1 – «покази гальванометра при дії допоміжної лампи і наявності в кулі світловимірювальної лампи»;

m_2 – «покази гальванометра при дії допоміжної лампи і наявності еталонної лампи».

У кулі при вимірюванні світлового потоку досліджуваного джерела світла, додаткова лампа не встановлюється. Світловий потік визначається по формулі:

$$\Phi_x = \frac{\Phi_{ет}}{n_1} \cdot n_2. \quad (2.2)$$

2.2.1 Залежність світлових характеристик від тривалості імпульсів

Досліди проводилися на частотах (40, 80,100) кГц, на цих частотах найчастіше працюють імпульсні блоки для живлення світлодіодів. Ці частоти дозволені для використання в електронних пристроях на території України.

Для дослідження регульовальних характеристик на цих частотах ми зняли характеристики при різних коефіцієнтах заповнення.

В табл. 2.1 представлені результати вимірювань залежності світлового потоку від коефіцієнта заповнення при частоті 40 кГц.

Таблиця 2.1 - Залежність світлових характеристик від тривалості імпульсів при частоті $f=40$ кГц

P, Вт	U, В	I, А	Φ, лм	K _з , %	η, Лм/Вт
37	21,6	1,72	888	20	24
39	23,2	1,68	1108	30	28
40	26,4	1,52	1278	40	32
40	28	1,44	1420	50	35
41	29,6	1,4	1562	60	38
42	31,2	1,36	1669	70	39
43	32,8	1,32	1740	80	40
44	33,6	1,32	1775	90	40

В табл. 2.2 представлені результати вимірювань залежності світлового потоку від коефіцієнта заповнення при частоті 80 кГц.

Таблиця 2.2 – Залежність світлових характеристик від тривалості імпульсів при частоті $f=80$ кГц

P, Вт	U, В	I, А	Φ, лм	K _з %	η, Лм/Вт
43	19,2	2,24	895	20	21
48	23,2	2,08	1179	30	24
51	25,6	2	1363	40	27
52	27,2	1,9	1491	50	29
53	28,8	1,84	1590	60	30

56	31,2	1,8	1732	70	31
56	32,8	1,72	1775	80	31
59	34,4	1,72	1846	90	31

Таблиця 2.3 – Залежність світлових характеристик від тривалості імпульсів при частоті $f=100$ кГц

P, Вт	U, В	I, А	Φ, лм	K ₃ %	η, Лм/Вт
54	23,2	2,32	866	20	16
57	25,6	2,24	1122	30	20
59	27,2	2,16	1335	40	23
60	28,8	2,08	1491	50	25
61	30,4	2	1633	60	27
62	31,4	1,96	1704	70	28
63	33	1,92	1775	80	28
65	34,4	1,88	1846	90	29

На рис. 2.3 зображено графіки світлового потоку від коефіцієнта заповнення.

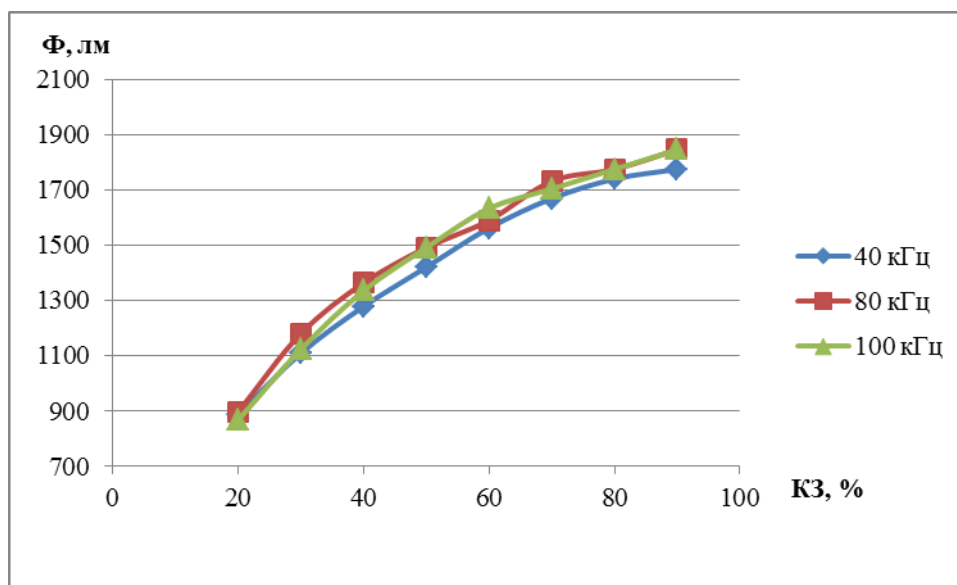


Рисунок 2.3 – Графік залежності світлового потоку від коефіцієнта заповнення

На рис. 2.4 представлено графіки залежності світловіддачі від коефіцієнта заповнення світлового потоку.

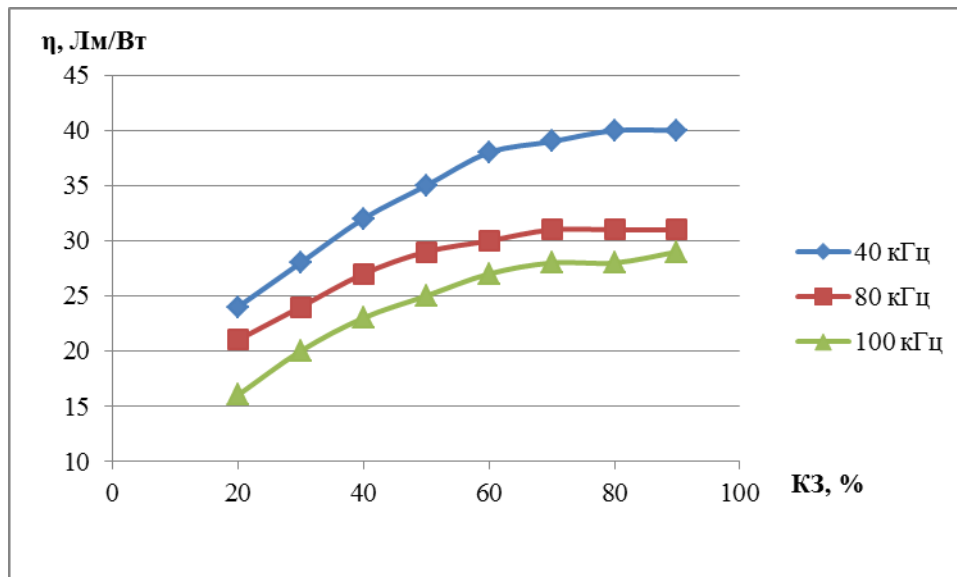


Рисунок 2.4 – Графік залежності світловіддачі від коефіцієнта заповнення світлового потоку

На рис. 2.5 представлено графік залежності потужності від коефіцієнта заповнення.

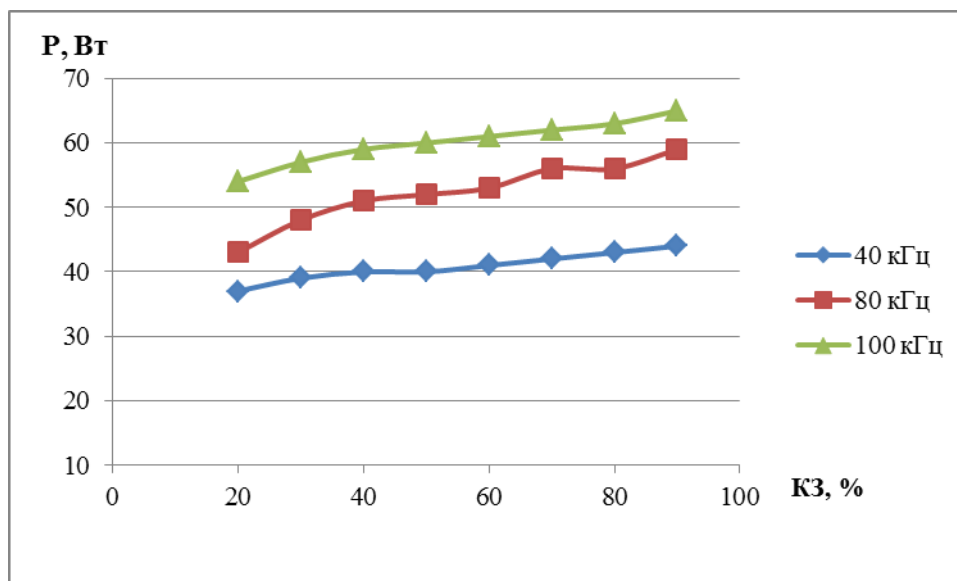
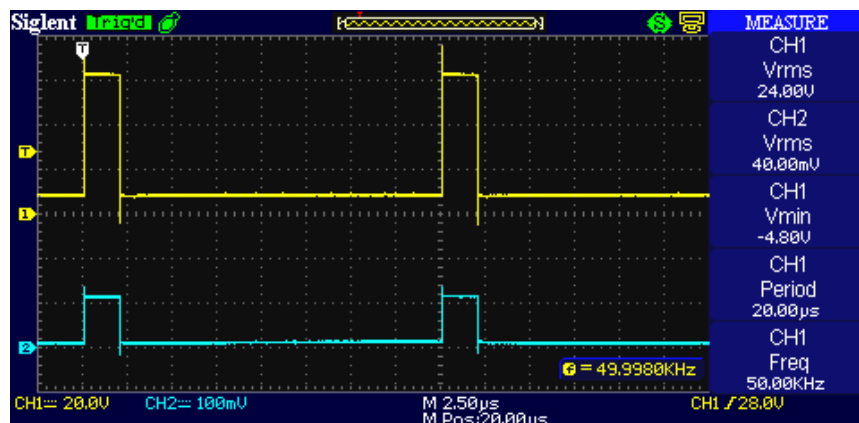


Рисунок 2.5 – Графік залежності потужності від коефіцієнта заповнення

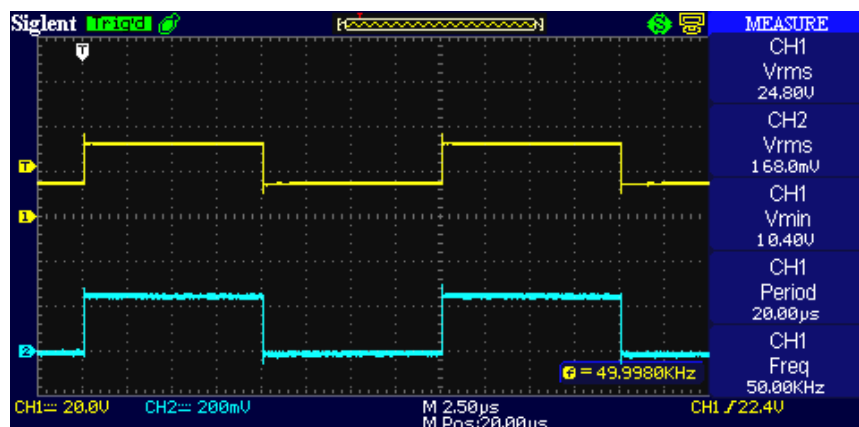
З одержаних результатів бачимо, що залежність світлового потоку від коефіцієнта заповнення є нелінійною, а споживана потужність лінійною.

Нелінійність залежності світлового потоку викликає труднощі для побудови системи регулювання світлового потоку.

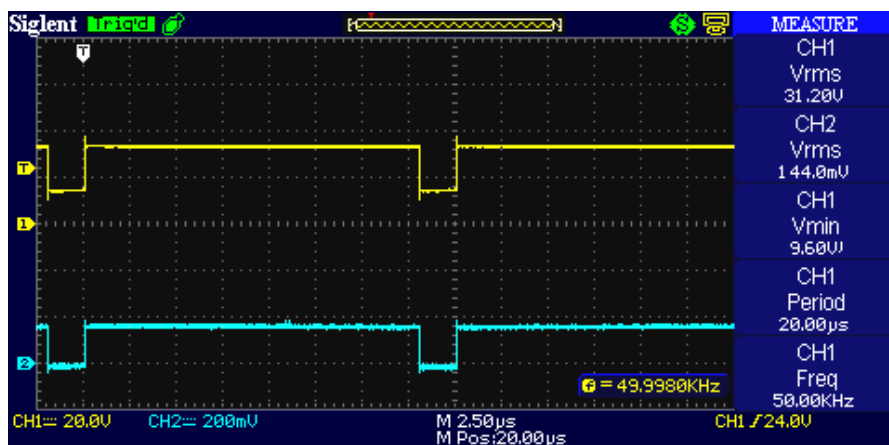
На рис. 2.11 представлено осцилограми струму та напруги на СД матриці при живленні її від генератора на частоті 50 кГц при коефіцієнті заповнення 10%, 50%, 90%



а)



б)



в)

Рисунок 2.11 – Осцилограми струму та напруги на світлодіодній матриці при коефіцієнтах заповнення: а)10%, б)50%, в)90%

2.3 Дослідження спектральних характеристик в різних режимах роботи

Окрім енергетичних та світлотехнічних параметрів в багатьох випадках цікаві також спектральні характеристики світлових приладів. На рис. 2.12 – 2.14 зображені спектральні характеристики білого синього та червоного світлодіодів.

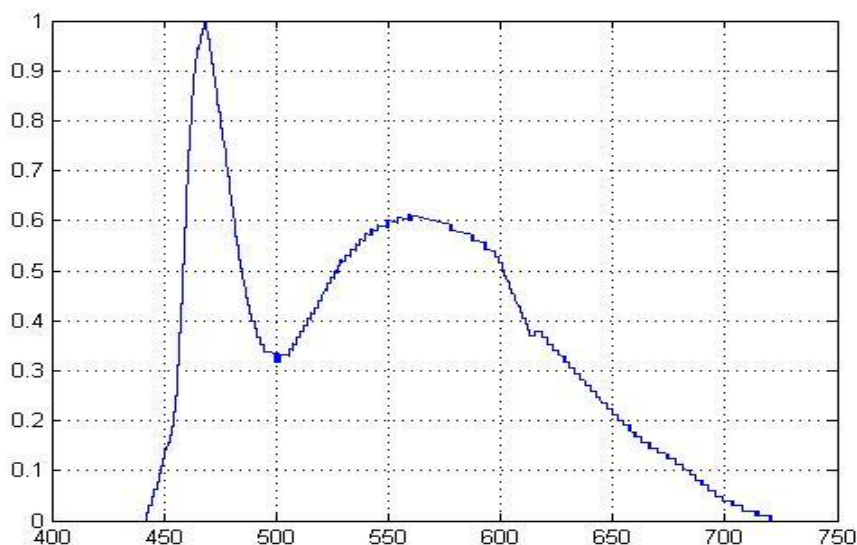


Рисунок 2.12 – Спектральна характеристика білого світлодіода

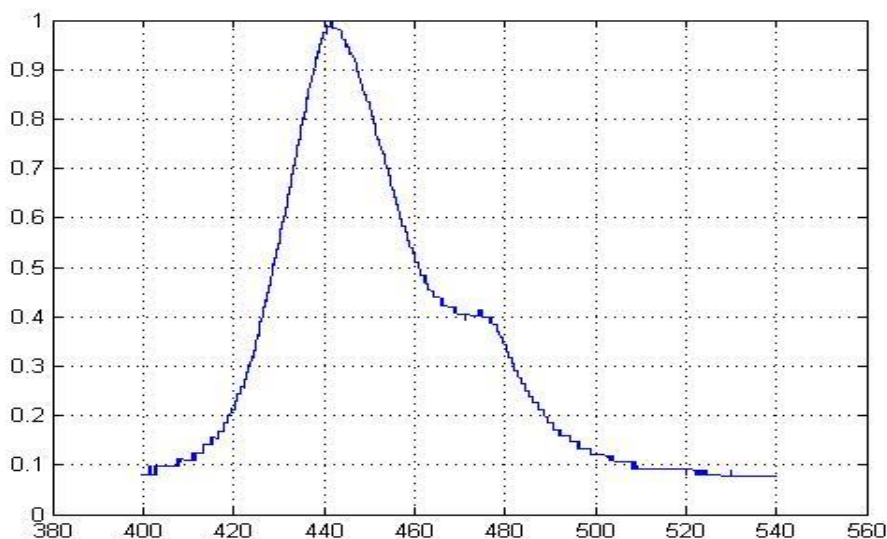


Рисунок.2.13 - Спектральна характеристика синього світлодіода

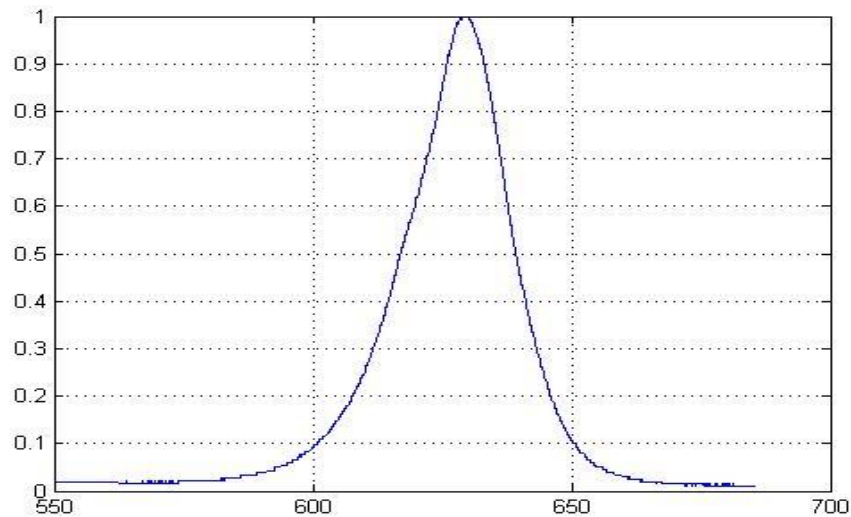


Рисунок.2.14 – Спектральна характеристика червоного світлодіода

Результати вимірювання спектрів світлодіодних ламп представлені на рис. 2.15.



а)



б)



в)

Рисунок 2.15 – Зображення спектрів світлодіодних ламп: а) Lemanso 12 Вт, б) Osram Parathom 6 Вт, в) Osram 10Вт

Для освітлення робочих поверхонь та підвищення енергоефективності освітлювальної установки доцільно використовувати світлові прилади, спектр випромінювання яких максимально наближений до спектральної чутливості людського ока.

На рис. 2.16, крива 1 представлено спектральну чутливість ока, яка була прийнята «Міжнародною комісією з освітленості (МКО 1924р.) і використовується для розрахунків».

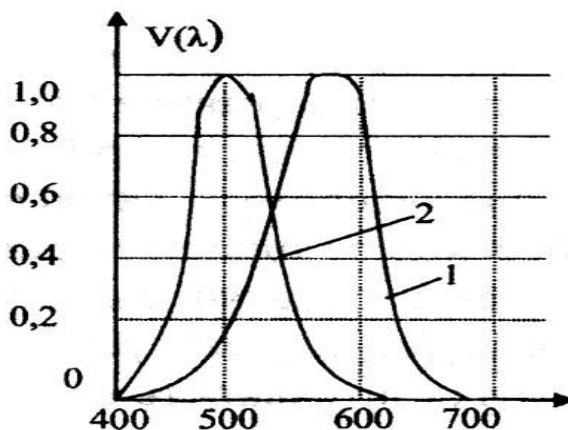


Рисунок 2.16 – Графіки спектральної чутливості людського ока $V(\lambda)$

2.4. Висновки до розділу

1. Розроблено установку, яка дозволяє вимірювати світлові та енергетичні характеристики напівпровідникових джерел в імпульсному режимі роботи. Дана установка дає можливість визначення світлового потоку при різних коефіцієнтах заповнення та при різних частотах слідування імпульсів.
2. Для зменшення температури кристалу і продовження терміну експлуатації світлодіода, доцільно використовувати широтно-імпульсний метод регулювання потужності. Для забезпечення відповідних теплових режимів здійснюють вибір частоти слідування імпульсів та коефіцієнту заповнення. Для зменшення температури при стабільному коефіцієнті заповнення, зменшують частоту подачі імпульсів.

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Принцип вибору схеми регулювання

СД широко використовуватися як джерела світла призначені для освітлення робочих поверхонь, архітектурного та ландшафтного освітлення. Тому окрім хороших показників джерел світла розглядаються також можливість регулювання світлового потоку.

Спершу розглянемо найбільш поширені схеми живлення напівпровідникових джерел світла, вони представлені на рис. 3.1. При виборі схеми включення керуються наступними чинниками:

- параметрами джерела або мережі живлення;
- кількістю напівпровідникових джерел світла та їх параметрами;
- потребою регулювання світлового потоку чи яскравості, а також діагностики.

Основні чинники джерела або мережі живлення на які звертають увагу є: постійна чи змінна напруга та її величина.

При підключенні великої кількості СД використовують різні способи підключення. Паралельне підключення окремих світлодіодів із одним струмообмежуючим резистором практично не використовується через великий розкид параметрів та нестабільність схеми в граничних режимах роботи. Послідовно із одним струмообмежуючим резистором сполучаються СД тільки одного типу. Цей випадок забезпечує працездатність схеми при пробої одного або декількох діодів. З'єднання кожного СД із струмообмежуючим резистором є надійний, але дорожчий метод підвищення надійності освітлювальних приладів. Через велику кількість пасивних елементів значна частина енергії втрачається на них.

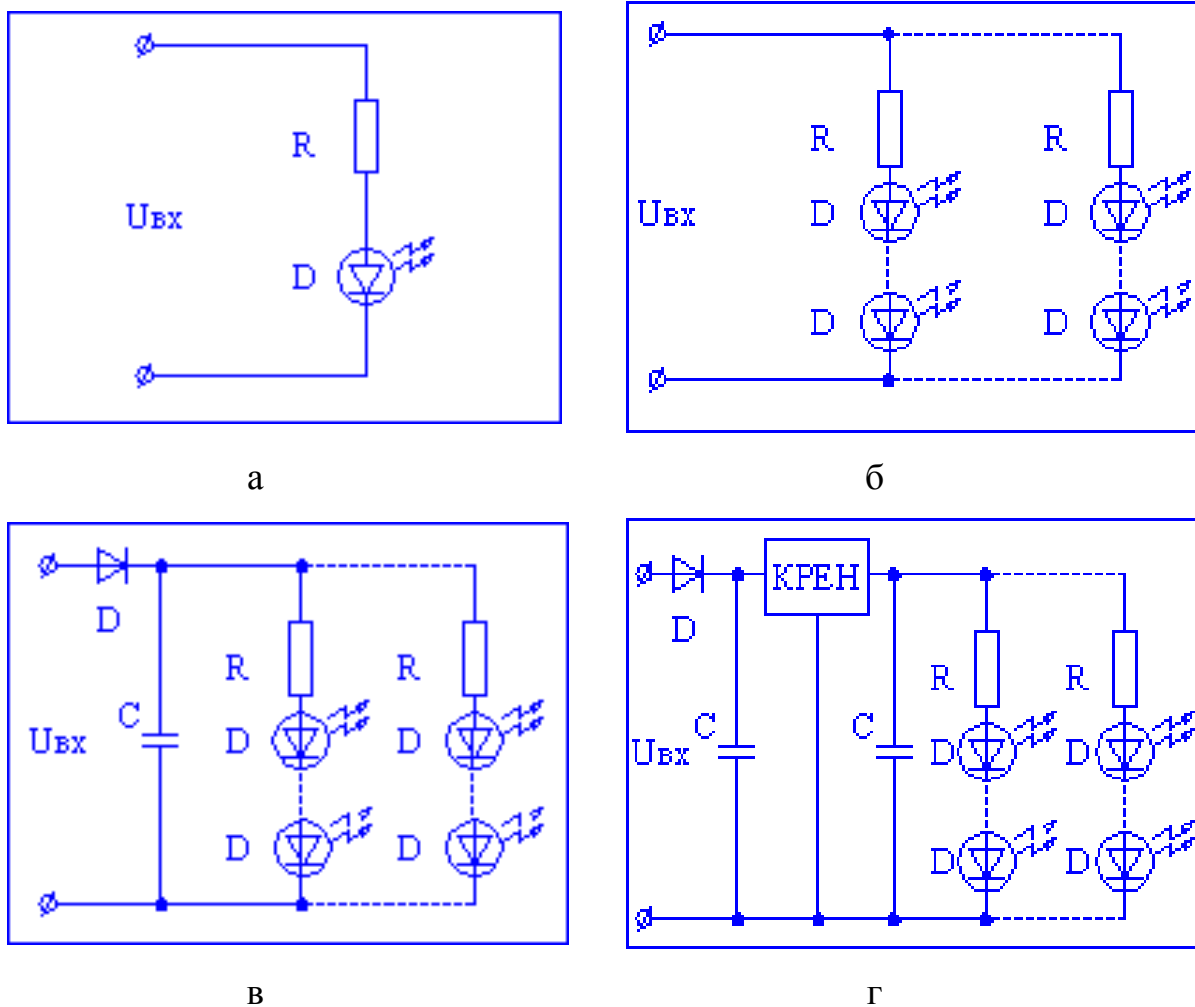


Рисунок 3.1. – Типові схеми включення СД

На рис. 3.2 приведено схему найпростішого регулятора побудованого на основі біполярного транзистора.

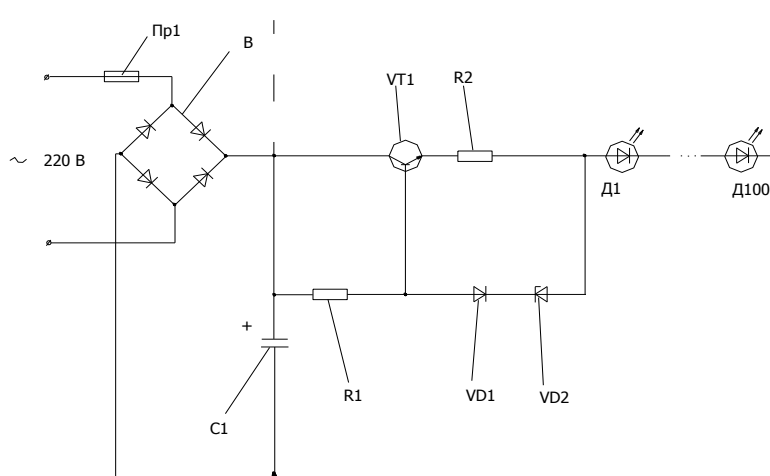


Рисунок 3.2 – Схема найпростішого регулятора світлового потоку СД.

Для живлення СД також використовують спеціалізовані мікросхеми, так звані драйвера. Використання таких мікросхем дозволяє суттєво покращити параметри струму та напруги живлення, виключення аварійних режимів роботи, а також, зменшення кількості пасивних елементів. На рис. 3.3 приведена схема живлення світлодіодів з використанням мікросхеми LM 3410.

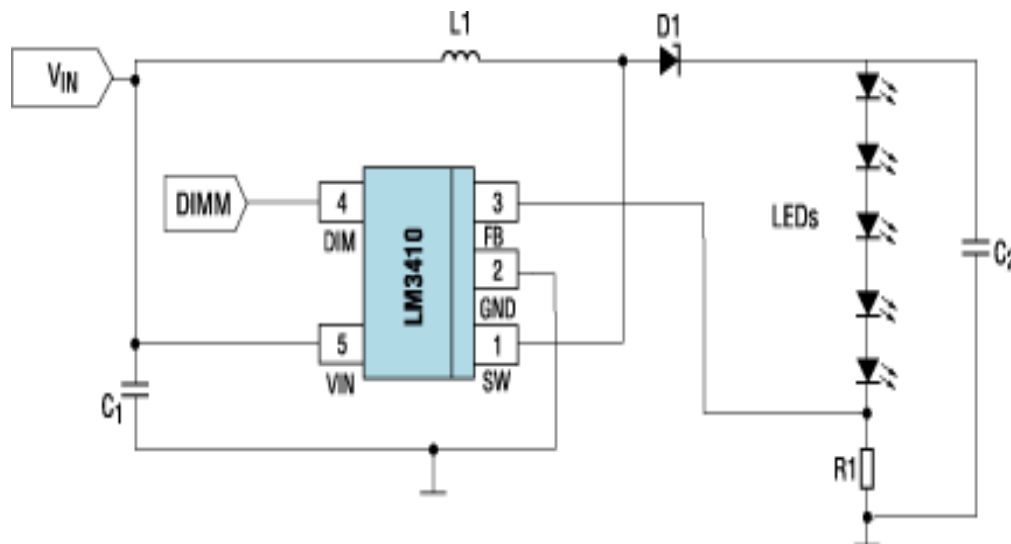


Рисунок 3.3 – Схема регульованого джерела живлення світлодіодів побудованого на мікросхемі LM 3410.

Коли існує потреба регулювання світлового потоку напівпровідникових джерел світла доцільно використовувати спеціалізовані блоки живлення. Більшість запропонованих на українському ринку драйверів не мають можливості регулювання світлового потоку.

Більшість фірм виробників світлодіодної продукції окрім випуску світлодіодів та їх модулів випускає також блоки живлення для цих джерел світла, так звані драйвера. В основному такі блоки для живлення напівпровідникових джерел світла запропоновані виробниками представляють собою перетворювачі змінної напруги в постійну.

У запропонованих виробниками драйверах може бути присутня можливість регулювання світлового потоку. Здебільшого це регулювання будується на зміні величини струму через світлодіод, чи за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШИМ).

СД в залежності від типу мають різні вольт-амперні характеристики (ВАХ). На рис. 3.4 (а) приведені ВАХ СД синього та червоного кольорів.

Проаналізувавши різницю, зроблено висновок про неприпустимість включення світлодіодів різних типів в одне коло схеми живлення. Навіть СД можуть мати широкий розкид параметрів, навіть в межах однієї партії.

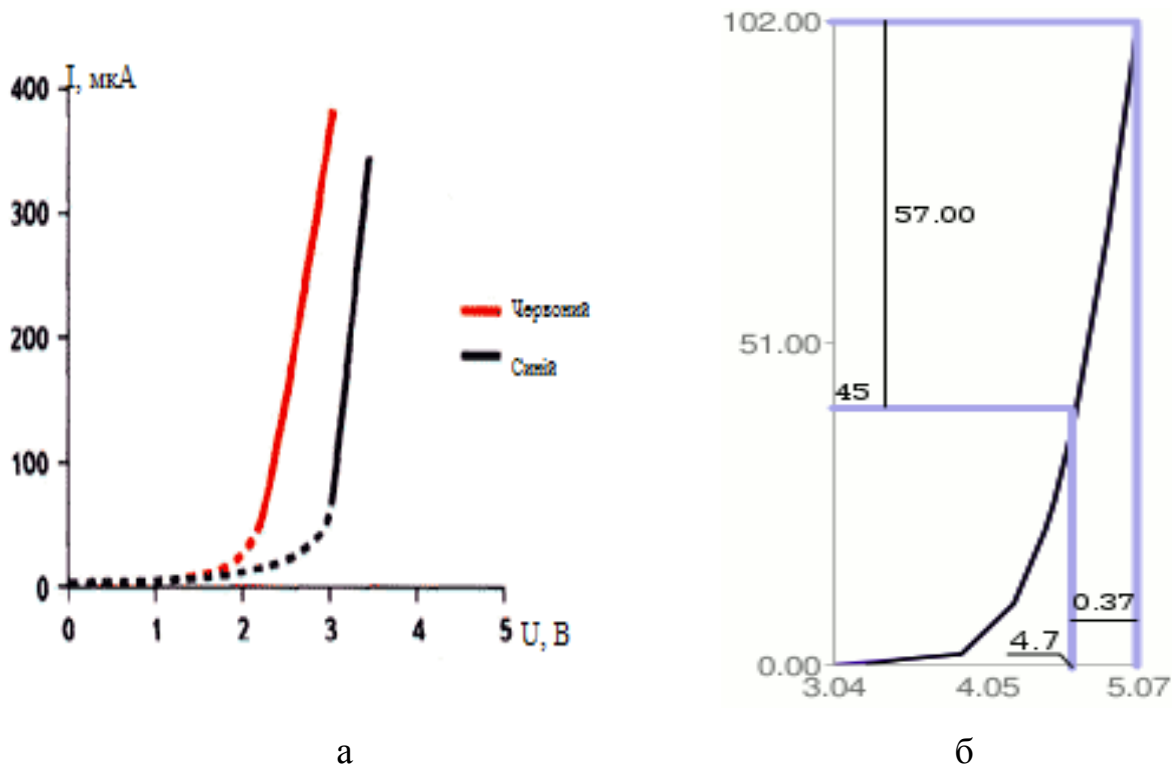
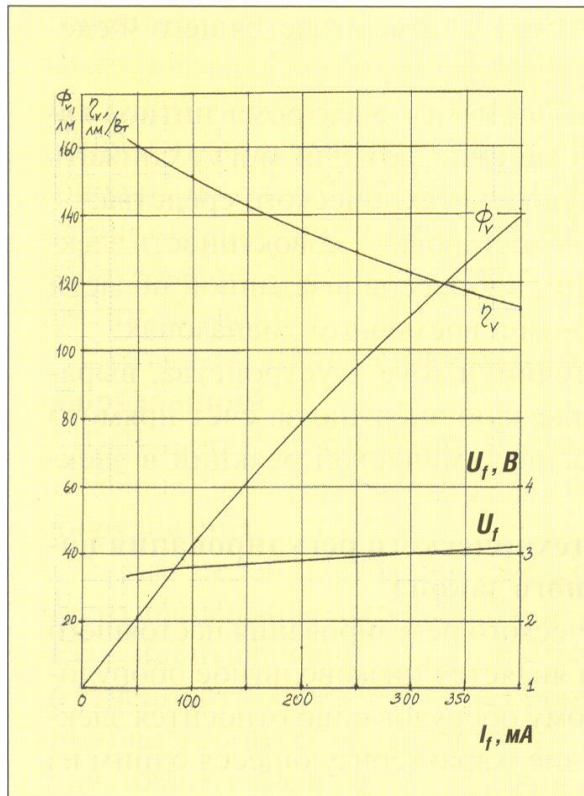


Рисунок 3.4 – ВАХ: червоного та синього СД (а); білого СД (б)

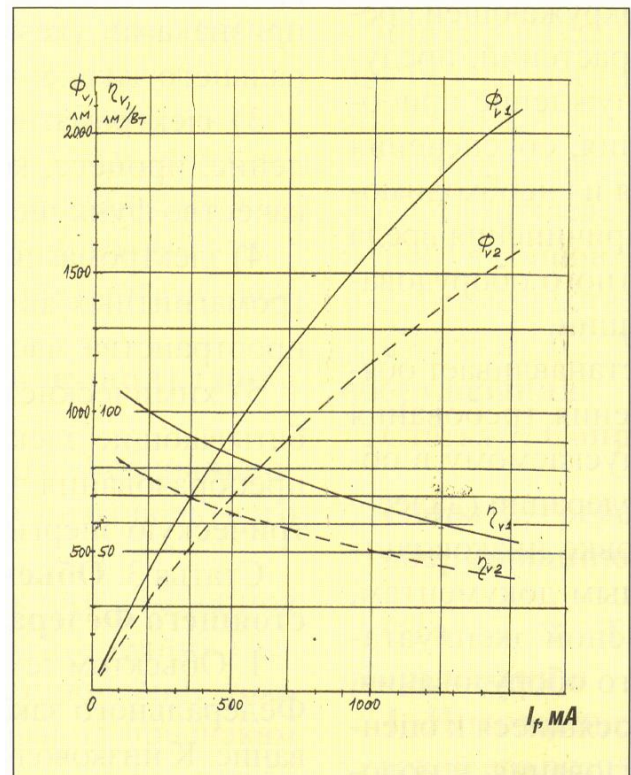
Пристрої регулювання побудовані по принципу зміни величини напруги живлення практично не використовуються, тому що, на робочій ділянці ВАХ доволі крута. Що в свою чергу, приводить до складності виконання схеми регулювання, яка могла б регулювати напругу живлення в доволі малому діапазоні. Межі регулювання величини напруги живлення приведено на графіку рис. 3.4 (б). Як бачимо із рисунка визначені межі регулювання знаходяться в досить вузькому діапазоні. При чому потрібно змінювати величину напруги при зміні вхідних параметрів: величини вхідної напруги, температури р-п переходу та зміни опору навантаження, зміни кількості світлодіодів.

Можливість регулювання шляхом зміни величини струму живлення СД виявилася більш надійною та простішою в реалізації. Це пояснюється значно ширшими межами регулювання рис. 3.4 (б), та практично лінійною люмен-амперною залежністю в робочому діапазоні рис. 3.5.

При зростанні струму через СД зменшується світловіддача, що є основною залежністю ККД СД. Тому регулювання світлового потоку зміною струму має також і недоліки.



а)



б)

Рисунок 3.5 – Графіки залежності світлового потоку Φ , світловіддачі η та прямої напруги U від величини струму I .

а - світлодіод типу Y-130 Бл

б – світлодіодних модулів: 1 МСО-21 Бл, 2 МСО-21 Бл-Т

Перспективою є зміна світлового потоку за допомогою ШІМ. На напівпровідникове джерело світла підключається постійна напруга із змінюваною тривалістю імпульсу. Значення напруги розраховується, коли амплітуда струму напівпровідникового джерела світла буде рівна номінальному струмові. При такому регулюванні світлодіод під час проходження імпульсу знаходиться в номінальному режимі. Для того щоб зменшити пульсації світлового потоку при низьких значеннях коефіцієнта заповнення потрібно вибрати вищу частоту.

Першим двом типам регулювання світлового потоку присутні наступні недоліки:

- світловіддача зменшується при зменшенні напруги від номінального значення, що в свою чергу зменшує економічний ефект від регулювання
- складність регулювання температури СД, що може негативно вплинути на термін експлуатації.

Цих недоліків позбавлений ШІМ регулювання світлового потоку у СД.

Щоб стабілізувати температуру, і зменшити її вплив на світлодіодне джерело світла застосовують ШІМ.

Керування світлового потоку в цьому випадку проводиться зміною тривалості імпульсу при сталій частоті. З номінальної напруги живлення СД визначають амплітуду імпульсу.

$$\eta = \frac{t_{im}}{T}, \quad (3.1)$$

де η - «коефіцієнт заповнення», t_{im} - «тривалість імпульсу», T – «період слідування імпульсів.»

ШІМ керування проводиться шляхом зміни коефіцієнта заповнення періоду сигналом живлення. Світловий потік, при ШІМ керуванні, пропорційний коефіцієнту заповнення.

Для регулювання температури на р-п переході можна використати зміну частоти живлення. Використання різних частотних діапазонів можна задовольнити будь які умови поставленої задачі.

Нами запропонований блок живлення з можливістю регулювання світлового потоку на основі ШІМ контролера ТЛ 494. Перевагами саме цієї мікросхеми є:

- можливість працювати в широкому діапазоні вхідної напруги (10-40 В), що дає змогу живити без додаткових вихідних каскадів від 1 до 10 потужних світлодіодів;
- наявність двох каналів відкриває можливості різної компоновки схем, можливі паралельні, послідовні ввімкнення вихідних каскадів, також можна використовувати півмостову та мостову схеми включення для збільшення вихідної потужності

- захист вихідного каскаду від короткого замикання та перевищення величини вихідного струму дозволяє виключити аварійні режими джерел світла збільшити їх термін служби.

3.2. Імпульсні режими роботи світлодіодів

Для світлодіодних світлових приладів часто використовується імпульсний режим роботи. Для визначення основних характеристик в імпульсному режимі ми провели наступні досліді: залежність енергетичних та світлових характеристик від тривалості імпульсів та від частоти імпульсів.

3.2.1 Енергетичні і світлотехнічні характеристики світлодіодів в імпульсному режимі

В установці для зняття енергетичних і світлотехнічних характеристик СД в імпульсному режимі використовують фотометричну кулю, яка «пофарбована білою матовою фарбою».

Фотометричний отвір фотометричної кулі становить 0,1 діаметра кулі.

Світлорозсіююче скло в «фотометричному отворі встановлюється в площині, дотичній до поверхні світломірної кулі». Поверхня світло розсіюючого скла, повернутого до внутрішньої стінки кулі, матова. Коефіцієнт пропускання його відомий. Таке скло є неселективним, розподіл пропущеного світла - розсіяне. Скло не повинно флюоресциувати.

Екран світломірної кулі «по своїх розмірах і розташуванню по відношенню до фотометричного отвора забезпечує захист отвору від прямих променів лампи». Величина екрана має бути такою, щоб забезпечувати захист фотометричного отвора від промерів лампи і отримувати найменше затемнення фотометричного отвора.

Екран знаходиться від світлового центра лампи на 0,3-0,5 дистанції між лампою і фотометричним отвором.

Пристосування для установки, повинні бути пофарбовані тою ж фарбою, що і вся внутрішня поверхня фотометричної кулі. Розташування цих пристосувань під час вимірювань не повинно мінятися.

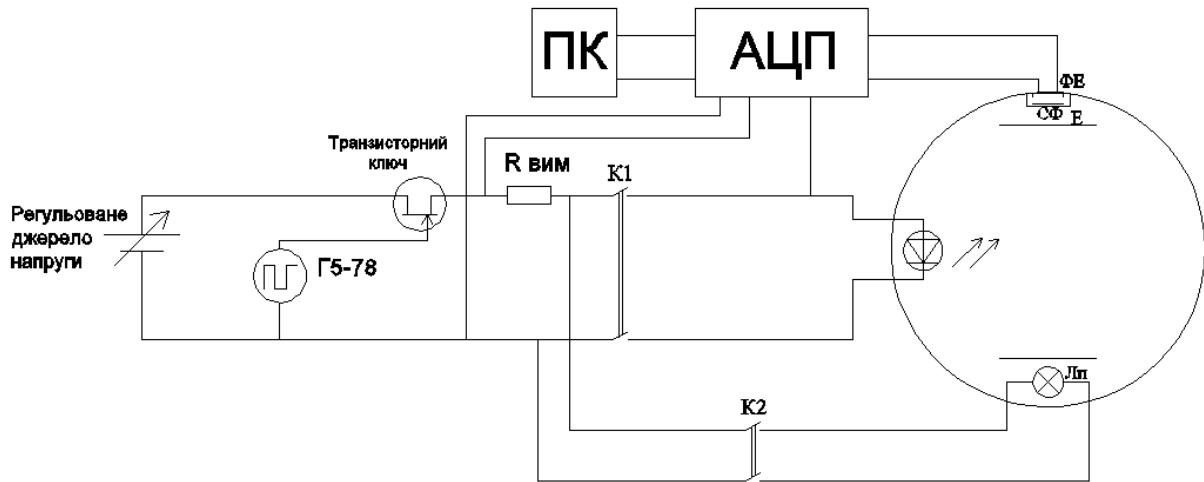


Рисунок 3.6 – Схема для дослідження світлодіодів в імпульсному режимі

Часто потужності генератора або величини його окремих параметрів вихідного сигналу недостатньо для виконання дослідів. В таких випадках використовується більш потужне джерело живлення, а для відтворення імпульсного режиму використовують електронний ключ. Сигнал керування яким можна подати із задаючого генератора, як зроблено в нашому випадку. Основними елементами електронних ключів є транзистор, що працює в ключовому режимі. Як правило, транзистор включається за схемою з ОЕ. Ця схема володіє великим коефіцієнтом передачі керуючого сигналу, а так же великим вхідним і малим вихідним опором, що полегшує узгодження ключа з джерелом сигналу і навантаженням.

Схема включення транзистора в ключовому режимі зовні не відрізняється від схеми включення в підсилювальному режимі. Різниця тільки в параметрах елементів схеми, що забезпечують режим роботи.

Під час проведення дослідження роботи СД ми використали Генератор імпульсів (ГІ) Г5-78. Цей тип приладів досить затребуваний не тільки в умовах фабричного виробництва, а й у радіоаматорів, оскільки відрізняється простотою використання і високою надійністю.



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд генератора імпульсів

ГІ Г5-78 не призначений для експлуатації в екстремальних кліматичних умовах. Вони дозволяють проводити дослідження на виробництві та в лабораторних умовах. Пристрій використовується при розробці, перевірці і обслуговуванні електронних пристроїв, а також мікросхем і цифрових даних з імпульсно модуляцією.

Прилад не тільки не поступається генератору імпульсів Г5-59, але значно перевершує його по ряду ключових характеристик, таких як частота повторення, мінімальні тривалості імпульсу, фронту і зрізу.

Основні дані Г5-78 :

- Частота до 500 МГц;
- Амплітуда основних імпульсів 0,4-5,1 В;
- Зсув основної лінії -1,1 ... + 1,1 В;
- Тривалість імпульсів 1,1 нс - 600 мкс;
- Часовий зсув основного імпульсу щодо синхроімпульса 1 нс - 500 мкс;
- Мінімальна тривалість фронту, зрізу не більше 0,5 нс.

Напруга живлення: 221 В; 50 Гц; споживана потужність 120 ВА; габарити 304X120X300 мм; маса Г5-78 9 кг.

3.2.2 Дослідження температурних режимів роботи

Останнім часом світлодіоди активно використовуються для створення світлотехнічних пристроїв. Однак з підвищенням температури світлодіодів погіршуються їх електричні параметри, значно знижується надійність роботи і строк служби. Саме тому завжди бажано знати залежність температури переходу від протікаючого струму.

Існують різні методи визначення температури р-п-переходу: вимірювання порогової напруги; вимірювання теплового опору; вимірювання зсуву прямого падіння напруги. Більшість цих методів непрямі, в них температура переходу визначається по легко вимірюваних параметрах. Розглянемо метод визначення температури переходу за спадом інтенсивності випромінювання. Цей метод простий в реалізації і не потребує дорогого обладнання.

З ростом температури інтенсивність випромінювання світлодіодів падає. Температурну залежність інтенсивності випромінювання світлодіодів поблизу кімнатної температури часто описують наступним рівнянням:

$$I = I|_{300k} \cdot \exp\left(-\frac{T-300}{T_1}\right), \quad (3.2)$$

де T_1 – характеристична температура конкретного світлодіода.

Даний метод складається з двох етапів: калібрувального, в якому в якому через світлодіод пропускається імпульсний струм і вимірювання при постійному струмі.

Схема установки для першого етапу експерименту представлена на рис. 3.8 і складається з наступних елементів:

- 1- Досліджуваний світлодіод;
- 2- Світлодіодний макет;
- 3- Нагрівний резистор ПЕВР-100;
- 4- Фотодіод ФД-24К;

- 5- Тримач світлодіода;
- 6- Термопара;
- 7- Цифровий мультиметр;
- 8- Генератор імпульсів;
- 9- Цифровий осцилограф;
- 10- Джерело постійної напруги.

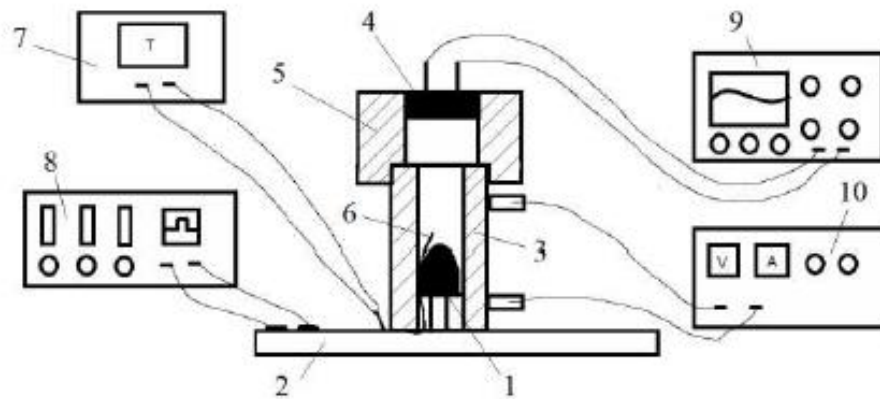


Рисунок 3.8 – Схема установки для калібрівального етапу вимірювань

Світлодіод поміщається в отвір в двоваттному резисторі ПЕВР-100, який нагрівається за рахунок проходження по ньому струму від джерела постійної напруги. Визначення температури відбувається за допомогою мультиметр з термопарою. В ході калібрівальних вимірювань на світлодіод подається імпульсний струм з генератора імпульсів, зі скважністю необхідною для виключення внутрішнього розігріву світлодіода. Зверху на систему світлодіода і резистора встановлюється фотодіод Фд-24К на тримачі з поганою теплопровідністю, який в процесі експерименту не дозволить нагріватись фотодіоду. Фотодіод підключається до цифрового осцилографа. З допомогою осцилографа фіксуються імпульси, які виникають в фотодіоді при проходженні імпульсного струму через світлодіод. При нагріванні світлодіода відбувається спад інтенсивності випромінювання світлодіода і відповідно відбувається спад вершини імпульсу на фотодіоді, який і фіксується з допомогою осцилограм.

Таким чином по падінню напруги на фотодіоді можна судити про температуру переходу.

Схема установки для проведення другого етапу вимірювань представлена на рис. 3.9 . Система аналогічна попередній і складається з тих самих елементів, за виключенням того, що замість нагрівного резистора використовується спеціальний перехідник.

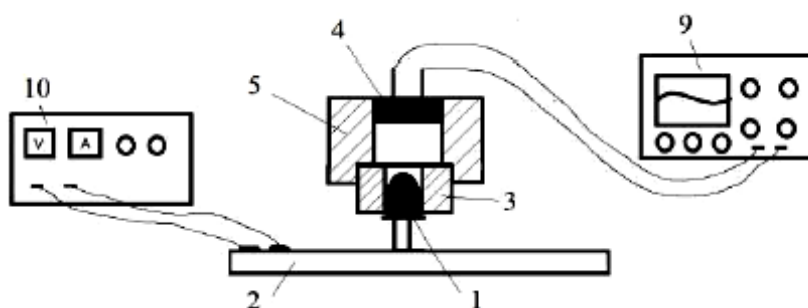


Рисунок 3.9 – Схема установки для проведення другого етапу вимірювань

На світлодіод подається постійний струм з джерела, зверху на світлодіод кріпиться спеціальний перехідник, який забезпечує щільну стиковку з фотодіодним тримачем. Цей перехідник виготовляється для кожного типу корпусу світлодіодів.

Вимірювання проводять за допомогою цифрового осцилографа. При подачі постійного струму на світлодіод, він починає розігріватись за рахунок інжекційного струму, що приведе до спаду інтенсивності випромінювання. Цей спад можна буде зафіксувати в момент включення, з допомогою фотодіода і підключеного до нього осцилографа. З допомогою калібрувальних вимірювань, знаючи спад напруги на фотодіоді в момент включення живлення на світлодіоді, визначимо температуру переходу діода.

Експеримент проводились для наступних світлодіодів фірми KnightBright: L10203UB – синій, L25BUWC – білий, L70605UW – білий з чотирма кристалами. Розглянемо детально експеримент для синього світлодіоду. Для інших світлодіодів він проводиться аналогічно.

В цьому методі не потрібно використовувати ніяких електричних контактів з СД, вимірювання проводиться тільки з допомогою фотодіодного блоку, який

приєднується безпосередньо на сам корпус світлодіоду зверху. Такий спосіб дозволяє з легкістю і великою продуктивністю проводити вимірювання світлодіодних світильників, які складаються з великої кількості світлодіодів, різних світлодіодних матриць, а також світлодіодів, до яких утруднений безпосередній доступ.

3.3. Типи систем керувань вуличним освітленням

Дискретне керування освітленням передбачає ввімкнення групи світильників на повну потужність протягом ночі шляхом подачі напруги на окремий світловий прилад (рис. 3.10)

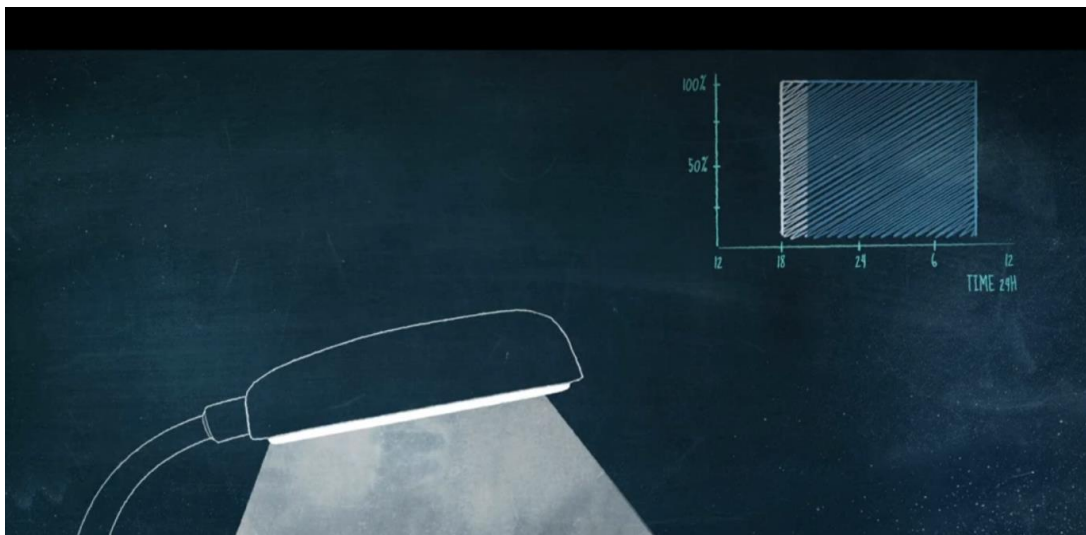


Рисунок 3.10 – Дискретне керування зовнішнім освітленням.

Автономна система з димерування, коли в кожен світильник вмонтовується програмований димер з таймером, який автоматично знижує потужність на 50% щоночі це економить до 25% електроенергії. На практиці використовують декілька ступеневі димери з різним ступенем димерування протягом робочого циклу, що економить до 40% електроенергії.

Автономна система управління з димеруванням та датчиком руху.
Додатково встановлюється датчик руху, який вмикає світловий прилад на 100% коли в полі його роботи з'являється рухомий об'єкт.

Групова система управління зовнішнім освітленням передбачає наявність шафи управління. Керування освітленістю здійснюється групою світильників димеруванням з шафи. Проте, якщо шафа приєднана паралельно до споживачів, вона може давати спотворення мережі, яке впливає на роботу освітлювальної установки і її технічного забезпечення.

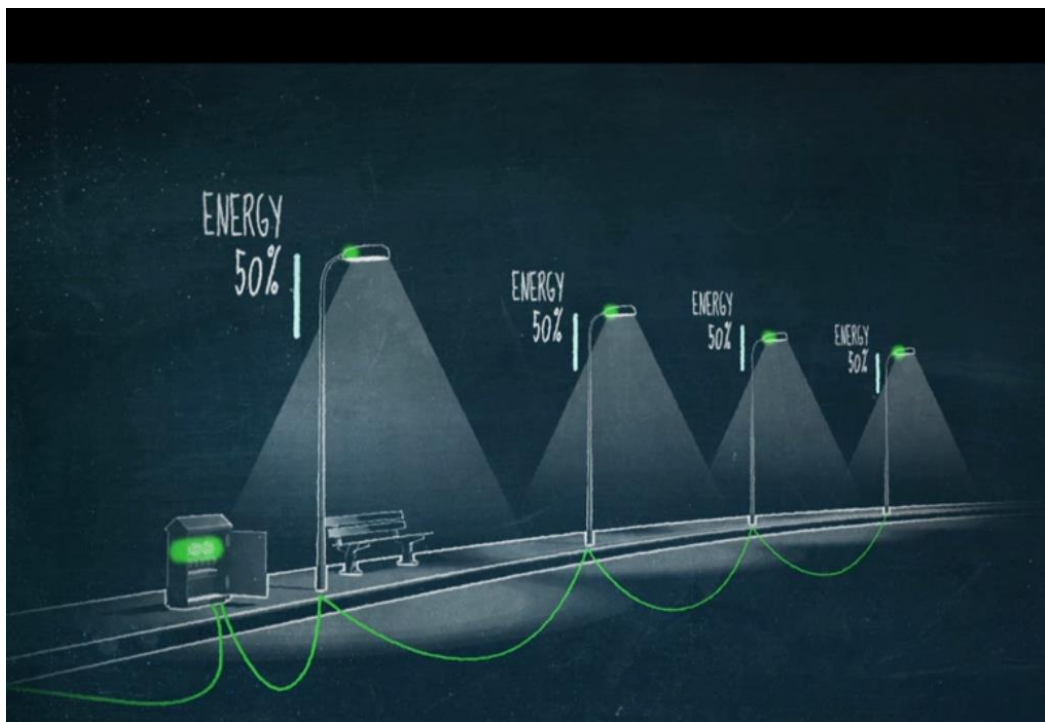


Рисунок 3.11 – Групова система управління

Для вирішення даної проблеми прокладають окремий сигнальний кабель а в кожен світильник вмонтовується програмований димер.

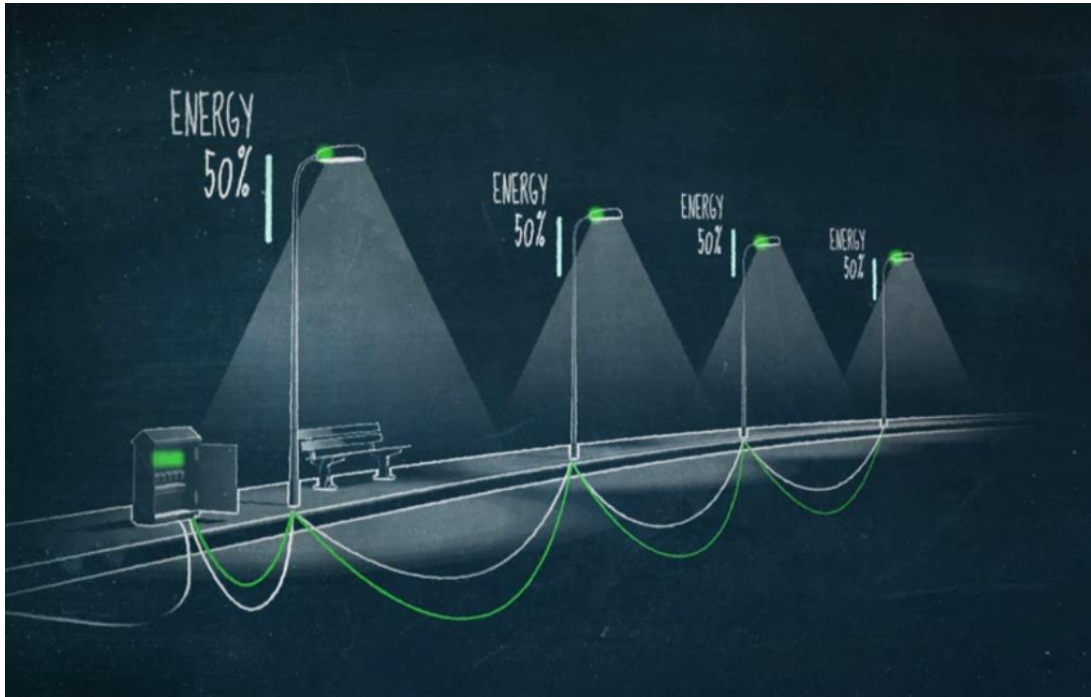


Рисунок 3.12 – Групова система управління з вмонтованими димерами.

3.4. Мережева система управління світлодіодними освітлювальними установками

Мережева система управління світлодіодними ОУ базується на двосторонньому зв'язку між світильником та центральним диспетчерським пунктом як по кабелю так і по бездротовій мережі (GSM або GPRS).

Основним елементом автоматизованої системи управління освітлювальними установками є шафа управління. Тут встановлені електричні пристрої, що відповідають за контроль навантажень, за розподіл живлення, за захист світильників від перепадів напруги і від коротких замикань. Це свого роду автоматизований пульт управління.

Обладнання шафи керування час від часу необхідно обслуговувати та оновлювати, щоб функціонування кабелів і пристроїв було безпечним і надійним. На час регламентних робіт, шафу знеструмлюють, і замінюють ті частини, що потрібно оновити.

Завдання шафи керування — це, головним чином, контроль спрацювання правильного реле залежно від поточної ситуації (в залежності від часу доби, від

умов освітленості, від стану давача присутності). Крім того, шафа управління дозволяє людині за допомогою пульта дистанційного керування оперативно регулювати інтенсивність світіння СП під час їх роботи, після того як фотореле вже спрацювало.

До шафи можна підключити і інші споживачі. Починаючи з вуличних ліхтарів на стовпах, які будуть активуватися за допомогою фотореле або з пульта дистанційного управління. Систему можна продовжити світлодіодами вздовж присадибних стежок, підсвіткою після настання сутінків, закінчуючи гірляндами на фасаді будинку та світильником над головним входом в будинок. Принципово обмежень немає, достатня умова — щоб той чи інший світловий прилад на вулиці потрапив у поле дії шафи і пульта. Блок-схема управління такою системою освітлення приведена на рис. 3.13.

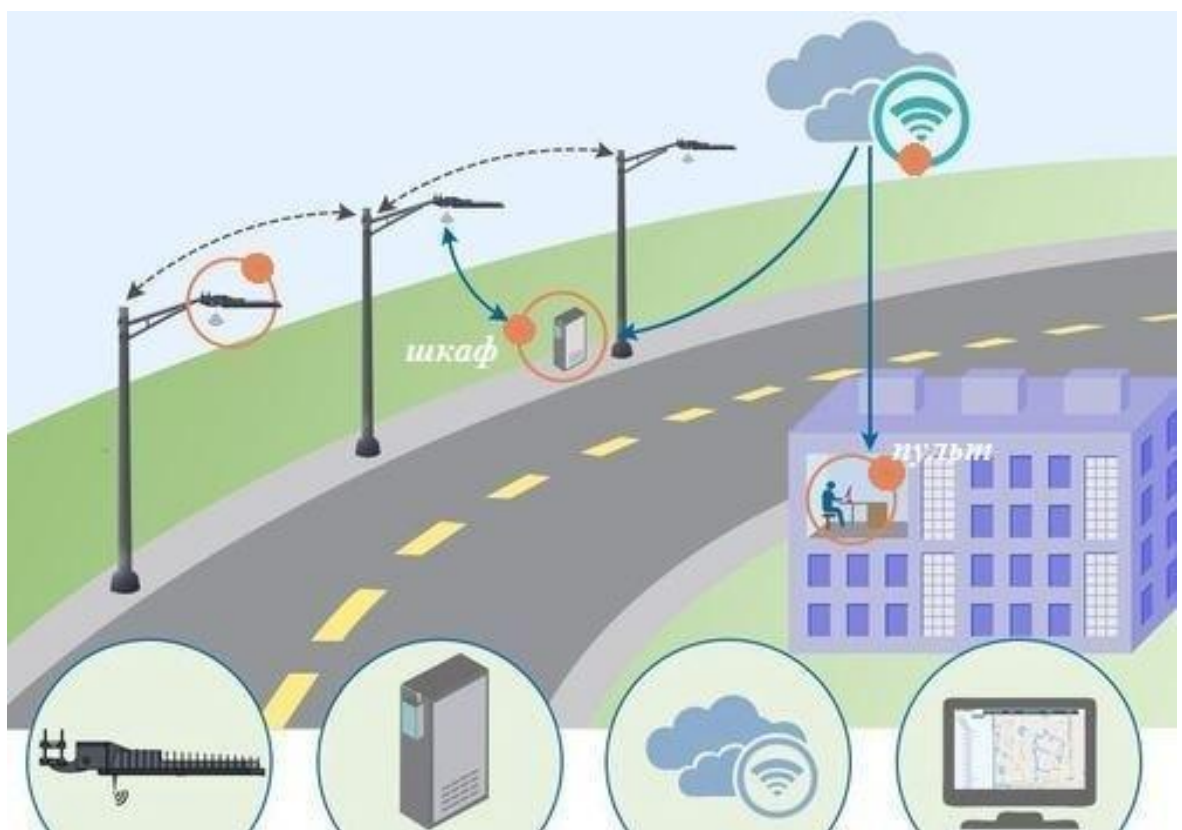


Рисунок 3.13 – Мережева система управління світлодіодним освітленням

3.5. Висновки до розділу

3. Зроблено детальний аналіз системи автоматизованого управління СД освітлювальними установками для зовнішнього освітлення (ІСУво).
4. Приведено переваги і недоліки цифрових систем керування ОУ.

4. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1. Протоколи цифрового управління СД світловими приладами

Термін «управління» включає цілий набір методів, протоколів і пристроїв для експлуатації світлових приладів. Простими методами управління є включення/виключення і регулювання світлового потоку.

Управління повноколірними білими СД світловими приладами (СП), що регулюються, може отримувати різні RGB кольори, регульовану колірну температуру. Організовувати складні світлові шоу «доступні як простим користувачам, так і професійним режисерам-постановникам». Динамічні СД СП зазвичай управляються за допомогою сигналів, що поступають із спеціально розроблених для цього контролерів з використанням комунікаційних протоколів, призначених для управління джерелами світла.

Отже, світлове устаткування з цифровим керуванням функціонує за допомогою різних протоколів управління. Їх нараховується відразу декілька штук, що створює користувачам широкий простір для дій.

Комунікаційний протокол – це «стандартний набір правил для передачі сигналів і інформації по каналу зв'язку. Разом із розвитком світлотехнічної промисловості розвивалися також і комунікаційні протоколи. Найбільш впроваджуваним форматом управління світлодіодними СП із зміною кольору є DMX-512A, або скорочено просто DMX».

У 1986 р. комісія «USITT (US Institute for Theatre Tehnology – Институт театральних технологій США) розробила протокол DMX-512» – відкритий стандарт цифрової передачі даних між пультом управління світлом і димерами для управління театральним і сценічним освітленням. DMX-512 (англ. «digital multiplex – цифровий помножувач») розроблений з метою стандартизації управління димерами. Даний стандарт розроблений для мереж з цифровою передачею даних, використовуваних для управління СД і іншими пристроями. Сьогодні функції цього протоколу значно ширші, ніж передбачалося спочатку. З освітлювального пульта управляються цифрові світлові прилади, колорченджери,

ліри, стробоскопи, димові машини, лазери, фонтани, сценічна техніка. Обмін можливий тільки в одному напрямі і не передбачає перевірки і виправлення помилок.

За стандартом DMX-512 кожен передавач сигналу може управляти приладами – димерами, сканерами, скролерами і так далі – кількістю до 32. Усі ці прилади з'єднуються послідовно. Для використання більш ніж 32 приладів потрібний розгалужувач DMX (splitter), що має один вхід і декілька виходів, до кожного з яких може бути підключені до 32 приладів.

Широке поширення протоколу DMX-512А пояснюється декількома причинами:

- у його основі лежить інтерфейс EIA485 (RS485);
- простота виконання;
- висока надійність;
- можливість управління декількома мережами світильників по трьох дротах;
- невисока вартість елементної бази;
- інтерфейс управління ізольований від СП (захищений).

Структура мережі DMX показана на рис. 4.1. Контролер підключається до лінії сполучених послідовно СП. Стандарт «EIA485 призначений тільки для систем з послідовно включеними світильниками». У кожному сегменті може бути до 32 пристроїв, загальна довжина сполучного дроту – 1 км.

Деякі виробники драйверів СД стверджують, що до одного порту DMX може бути під'єднано необмежену кількість драйверів.

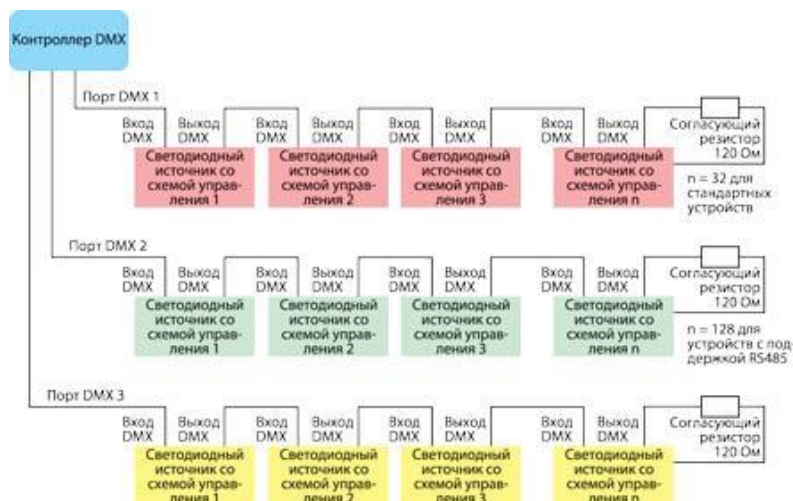


Рисунок 4.1 – Система освітлення з інтерфейсом DMX

Більшість світлодіодних світильників мають три канали, по одному для кожного кольору, який використовується в світловому приладі, – зазвичай червоного, зеленого і синього. Тому кожен СП отримує від контролера 3-ри окремі лінії даних DMX. Перший СП може бути запрограмований на отримання даних DMX по адресах 1, 2 і 3, другий - на отримання даних DMX по адресах 4, 5, і 6, і т. д.

Одна система DMX може включати максимум 170 трьохканальних світлових приладів (512 поділене на 3 дорівнює 170 плюс два неживані канали), що однозначно адресуються. Система освітлення може включати одну або декілька систем DMX.

Контролери DMX випускаються в різних конфігураціях, від дуже простого пристрою до повністю комп'ютеризованої системи, принцип роботи у них однаковий. Зазвичай усі вони мають USB – порт для підключення до ПК, власне мережеве джерело живлення 220В (виносний або вбудований), програмне забезпечення, спеціальні роз'єми (RJ-45, RJ-11 або XLR-3).

Сигнал DMX формується мікроконтролером і передається до першого СП, і до наступного і т.д. На рис. 4.2 приведено блок-схема підключення декількох СП до мікроконтролера. Лінія DMX під'єднується від мікроконтролера до «DMX входу» першого пристрою. З «DMX виходу» даного пристрою, лінією підключається до «DMX входу» наступного СП і так далі. Останній прилад повинен мати DMX термінатор.

Основним недоліком протоколу DMX – є одностороння передача від контролера до джерела світла. Відповідно, неможливо проводити моніторинг стану світильників і відстежування збоїв.

DMX використовується у більшості театральних пультів управління освітленням.

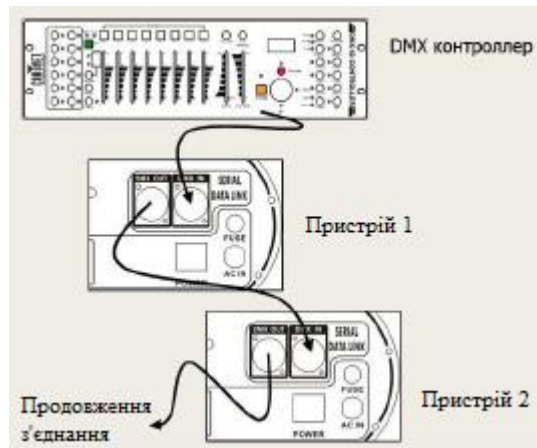


Рисунок 4.2 – Блок-схема підключення декількох СП до контролера.

Деякі виробники СД СП виготовляють власні DMX - контролери. Вони є менш громіздкими, ніж театральні пульти управління освітленням, і мають встановлені програми для світлових шоу.

4.2. Адаптація і розвиток стандарту RDM

RDM був ратифікований в 2006 році. Було потрібно якийсь час на те, щоб він широко увійшов на практиці. Схоже, що поки що DMX512 все-таки домінує, але пристрої RDM поступово витісняють DMX. Вже є кілька загальнодоступних консолей управління освітленням, що підтримують RDM, і росте список респондерів RDM, таких як скролери, диммери, біжать вогні [5]. Також вже з'явилися бездротові системи передачі даних для лінків DMX / RDM [5].

Підтримкою стандарту RDM стали доступні тестери DMX512 / RDM. З цими інструментами можна адресувати, конфігурувати респондери RDM, відстежувати їх стан, і все це без необхідності наявності консолі RDM. Введення в експлуатацію інструментарію тестування значно розширило можливості по розробці та оцінці контролерів і респондерів RDM. Деякі компанії роблять

пристрої - інжектори RDM, які можуть працювати між контролером DMX і респондером. Пристрій-інжектор вставляє пакети RDM в наявний потік даних DMX.

Сумісність з новими технологіями. RDM був розроблений так, щоб врахувати параметри традиційного послідовного інтерфейсу DMX512. В результаті можна зробити припущення про сумісність RDM з іншими технологіями освітлення.

RDM заснований на наявності в одній лінії тільки одного контролера, який забезпечує відсутність колізій даних. Є кілька інших рішень, які дозволяють передавати кілька потоків DMX від декількох контролерів, об'єднуючи дані в один потік DMX. У односпрямованій середовищі передачі це досить тривіально, однак стає набагато складнішим, коли залучається протокол RDM, так як стає досить складно направити зворотні RDM-відповіді від пристроїв назад до потрібного контролера.

RDM заснований на пристроях, які відповідають в заданий період часу, відведений на передачу відповіді. Якщо пристрій не почав відповідати в коректному вікні часу, то контролер швидше за все зробить повторну спробу запиту або припинить запитувати. У середовищі "тільки DMX" це не становить проблеми, так як затримка між пристроєм і контролером ймовірно буде дуже і дуже мала. Однак якщо DMX поширюється поверх проміжного носія даних то це може викликати деякі проблеми. Зазвичай якщо виробник здійснює управління через проміжний інтерфейс (як це робиться для бездротового DMX), то можливе перенаправлення відповідей RDM, якщо б вони були прийняті, разом з системою проксінг для підтримки процедури discovery.

Якщо ж виробник не керує проміжним середовищем передачі (якщо використовується мережа Ethernet) то тоді на базі DMX неможливо віртуально передати повідомлення RDM назад до контролера RDM. Однак можна здійснити обмін RDM з пристроями DMX через контролер на базі Ethernet. Оскільки контролери освітлення направлені до того, щоб повністю перейти на управління через Ethernet, то напевно в майбутньому пристрої DMX/RDM будуть витіснені новим протоколом. З'являться пристрої Ethernet-to-DMX, які перенаправляють

дані в середовище RDM і DMX, і далі вони будуть оброблені традиційними пристроями RDM і DMX.

На сайті протоколу RDM [4] і його форумах можна знайти спільноту, що допомагає виробникам і розробникам, які застосовують RDM в своїх продуктах, або користувачам, яким потрібно більше інформації, або у яких є питання по RDM. Організація ESTA не пов'язана з сайтом і не керує ним, однак цей сайт найкраще джерело інформації, оскільки на ньому активно працюють багато розробників протоколу RDM.

4.3. Комп'ютерні системи управління груповими світлодіодними освітлювальними пристроями

Управління світлотехнічними груповими світлодіодними пристроями може відбуватися за допомогою декодера, який може приймати сигнал управління від окремого пульта управління, контролера безпроводного керування, або персонального пристрою за допомогою ПЗ.

На рис. 4.3 приведена Блок-схема комп'ютерної системи, за допомогою якої можна здійснювати управління груповими світлодіодними освітлювальними пристроями.

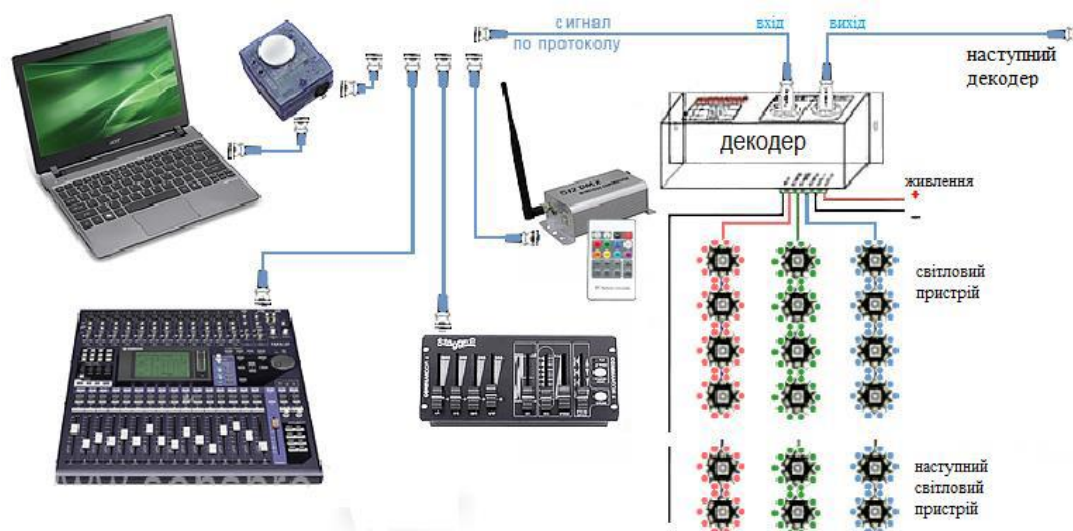


Рисунок 4.3 – Узагальнена структурна блок-схема комп'ютерної системи управління груповими світлодіодними освітлювальними пристроями.

Кожний з блоків є формально незалежним і може бути використаний, як автономний при відповідному підключенні [10].

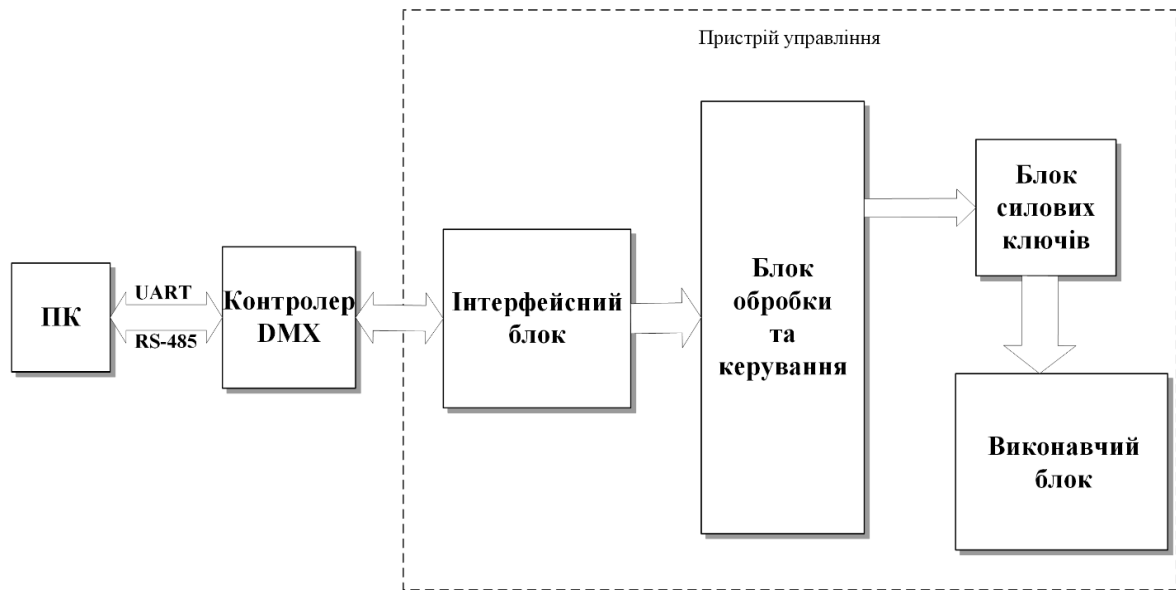


Рисунок 4.4 – Структура комп'ютерної системи управління груповими світлодіодними освітлювальними пристроями

ПК з'єднаний з контролером DMX, приймає дані на вхід інтерфейсного блоку, та підлагоджує його роботу.

Інтерфейсний блок приймає послідовний сигнал (код) та узгоджує параметри вхідної кабельної лінії з портами МК [7].

Блок обробки та керування проводить декодування сигналу в паралельний формат (0-5) В, які утворюються на виході мікроконтролера.

Блок силових ключів здійснює управління виконавчим блоком. Виконавчий блок управляється постійною напругою (0-12) В і здійснює плавне регулювання освітленням, що живиться змінною напругою мережі.

Для реалізації комп'ютерної системи управління груповими освітлювальними пристроями використовується комп'ютерна програма блок-схема алгоритму її роботи приведена на (рис.4.6).

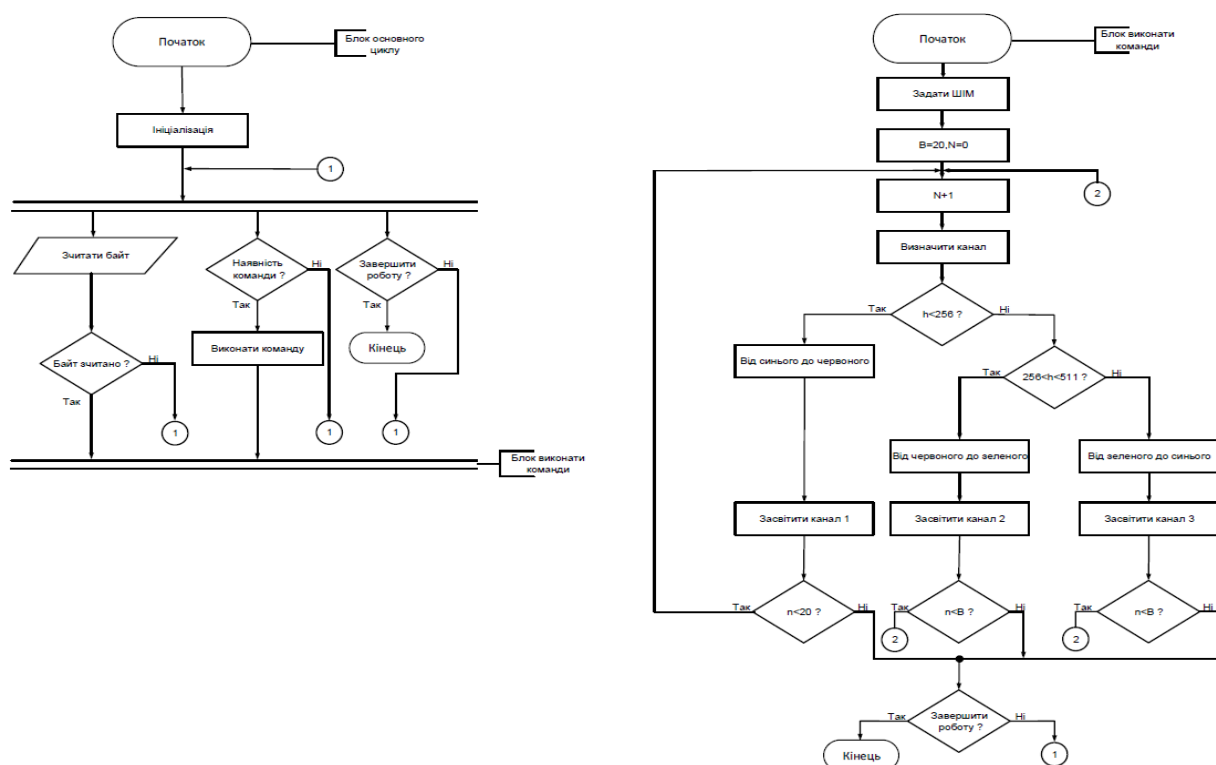


Рис. 4.6. Блок-схема алгоритму роботи комп'ютерної системи управління груповими світлодіодними освітлювальними пристроями.

Блок-схема алгоритму складається з 2 груп. Перша група представлена основним циклом. Друга група виконує надіслані команди.

Команда `#include <DMXSerial.h>`, яка стоїть на початку програми, підключає бібліотеку DMX. Дані передаються по USB з ПК на вхідні контакти мікроконтролера і вказується стан порту на читання або запис.

Після ініціалізації відбувається перевірка на наявність команди читання байту. Якщо команда поступила і пройшла перевірку, то вона виконується, якщо не поступила - система завершує свою роботу.

Для роботи системи живлення з широтно-імпульсною модуляцією сигналу використовується лічильник. Максимальне значення цього лічильника визначається кількістю рівнів яскравості та параметрами подільника напруги. Це відбувається для кожного освітлювального пристрою.

Наступним кроком в програмі відбувається управління рівнем яскравості освітлювального пристрою. При кожному переповненні лічильника до всіх значень додається 1, але якщо яскравість стає більша визначеного значення, то програма скидається в 0.

4.4. Висновки до розділу

1. Приведено переваги і недоліки цифрових систем керування ОУ. Розглянуто протоколи управління світловими приладами на основі світлодіодів.
2. Запропоновано систему керування внутрібудинковим освітленням на базі інтерфейсу DALI. Розглянуто можливість її практичного впровадження.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Системи управління світлодіодними освітлювальними установками на базі інтерфейсу DALI

Нові вимоги відносно енергозбереження вимагають також багато і від управління освітленням, тому провідні європейські виробники компонентів для світильників (Helvar, Osram, Philips) створили в 1999 році новий цифровий відкритий протокол управління світлом DALI (Digital Adressable Lighting Interface – цифровий інтерфейс освітлення, що адресується).

Він прийшов на зміну системі управління DSI (Digital Serial Interface). Управління освітленням можна розглядати як свого роду мистецтво, яке може знадобитися при освітленні театральної сцени, виробничих приміщень, вулиць і, нарешті, житла. Останнім часом усе більш популярним і поширеним стає «розумний будинок». Тому система управління освітленням є однією з його складових частин, і, забезпечуючи комфортність житла, займає не останнє місце. В якості такої частини практично ідеально підходить система DALI.

Вибір параметрів будь-якої системи управління диктується завданням, яке належить виконати з її допомогою. Важливо, щоб нова система могла досить просто інтегруватися у вже існуючу, об'єднатися з нею, працювати разом, а не замість неї. У плані інтеграції в інші системи управління система DALI досить проста і економічна.

Система управління освітленням на базі інтерфейсу DALI може бути легко інтегрована в різні системи автоматизації управління будівлею, такі, як LON, BACNet, KNX/EIB. Для такого об'єднання багато фірм випускають шлюзи KNX – DALI і LON – DALI. Цей союз дозволяє скоротити терміни на монтаж системи, зробити її в цілому менш витратною, а також гнучкішою в управлінні.

Стандарт протоколу і апаратні засоби DALI призначені тільки для управління освітленням, що говорить про вузьку спеціалізацію цієї системи. Тому

в цілому система вийшла високоефективною і недорогою. Підключення пристроїв, працюючих по протоколу DALI показано на рис. 5.1.

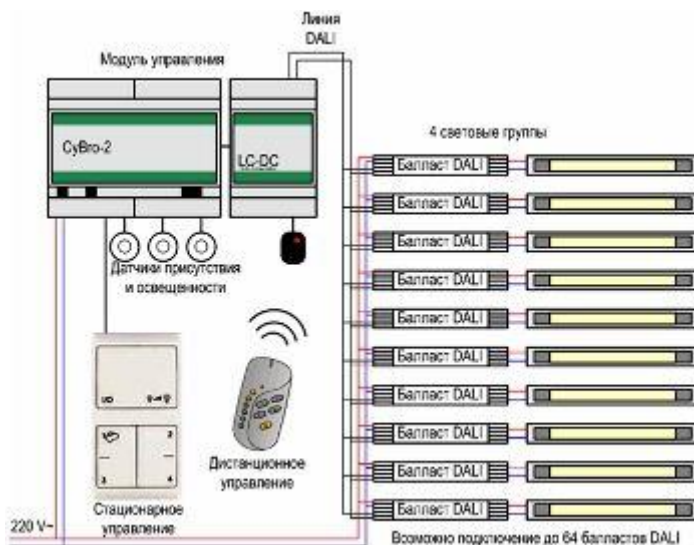


Рисунок 5.1 – Структурна схема системи DALI.

5.2. Передача даних і програмування світлотехнічної системи DALI

Стандарт DALI був розроблений як продовження аналогового інтерфейсу AVC 1-10 В. Це відкритий стандарт для люмінесцентних ламп з баластом. В кінці 2009 р стандарт був розширений. Зокрема з'явилася можливість управління світлодіодними інсталяціями. Протокол передбачає передачу даних по двох лініях (Рис.5.2).

Нині система DALI стандартизована згідно стандарту IEC 60929. Як показано на рисунках 5.1 та 5.2, зв'язок між контролером DALI і окремими пристроями здійснюється по двопровідній лінії. Лінія DALI – інтерфейсу двобічна, що дозволяє передавати інформацію як від контролера до периферійних пристроїв, так і назад.



Рисунок 5.2 – Передача данных по мережі DALI.

Для передачі даних використовується постійна напруга екстра - найнижчого значення 22,5В. При цьому полярність підключення лінії до різних пристроїв значення не має, а сама лінія має захист від напруги освітлювальної мережі. Перешкодозахищеність лінії така, що вона може розташовуватися в силовому кабелі і навіть просто використовувати вільні провідники цього кабеля.

Сигнал управління DALI передається по двох дротах напругою 15 В (це може бути будь-яка мідна пара, будь то вита пара або додатково прокладений силовий кабель). Максимальна довжина лінії управління не повинна перевищувати 300 м, дотримуватися полярності не обов'язково.

Мережа на базі шини DALI не має центрального процесора, тобто децентралізована. Така організація дозволяє підключати в цю мережу будь-які пристрої, призначені для роботи з шиною DALI. Такі пристрої, як правило, мають вбудовану енергонезалежну пам'ять, що дозволяє зберігати різну інформацію. В першу чергу це адреса пристрою, інформація про пристрій і стан підключених до нього світильників, і цілі набори команд, що іменуються також сценаріями.

У системі DALI, так само як в аналоговому протоколі 0 – 10 В, інтенсивністю світлового потоку світильника управляє електронний баласт. У разі, якщо управлінню підлягають світильники із звичайними ЛР або ГЛР 220 В, де спочатку не було ніякого електронного баласту, регулятор напруги лампи виноситься до світильника або вбудовується в нього. Командні органи також підключаються до шини DALI.

Кожен баласт і кожен КО має свою власну адресу. Всього один контролер DALI може працювати з 64 пристроями, максимум в 16 керованих окремо групах. Контролери DALI далі інтегруються в загальну шину диспетчеризації будівлі (таку, як E1B, LonWorks, C – Bus і тому подібне) через відповідні шлюзи. Для невеликих об'єктів можливо і окреме функціонування DALI – контролера, якому окрім безпосередньо управління освітленням можуть бути доручені управління приводами жалюзі, а також прості системи безпеки.

Керовані по DALI баласты можуть повідомляти контролер про несправності, такі як перегоріла лампа або спрацьовування теплового захисту самого баласту. Контролер DALI може зберігати до 16 світлових сцен, що викликаються з потреби.

Однією з переваг DALI є те, що все КО і ВО можуть бути гальванічно розділені, немає ніякої необхідності вести до вимикачів ту ж фазу, що і до світильників, та і розводка силових груп по світильниках зовсім не зобов'язана співпадати з логічно певними групами управління (світловими сценами).

У ролі КО виступають: датчики присутності/руху, кнопкові і дистанційні вимикачі і регулятори рівня, таймери, датчики освітленості, сенсорні панелі, ПЧ–приймачі, керовані з пульта, а також комп'ютери, що управляють інженерними системами будівлі. Сенсорні панелі можуть бути як спеціально розробленими для протоколу DALI, так і, що сполучаються з ним через шлюзи.

Світлові сцени можуть створюватися за допомогою будь-кого КО, будь то сенсорні панелі або навіть звичайні вимикачі, традиційно використовувані для некерованого освітлення. В ролі ВО виступають: ЕПРА газорозрядних ламп, електронні трансформатори 220/12 В для галогенних ламп розжарювання, панельні і щитові димери для ламп розжарювання і галогенних ламп 220 В, ПРА світлодіодних світильників, приводи воріт, жалюзі, контролери мікроконтакторів, релейні модулі. Існують також перехідні модулі, що дозволяють DALI–контролеру управляти аналоговими баластами 0 – 10 В. Програмування системи в цілому досить просте. Кожне повідомлення, яке отримує пристрій від контролера DALI складається з двох частин – адреси і команди. В цілому команда може виглядати так: {Device 0022, 25 %}. Це означає, що пристрою з адресою 0022

повинно включити освітлення на 25 % потужності. Слід зазначити, що димірування (регулювання потужності) в системі DALI можливе лише у разі застосування ламп розжарювання. Можливо також об'єднання пристроїв в групи, тоді команда може виглядати приблизно так: {Group 0210, Script 7}. Така команда повідомляє пристрої, що входять до групи Group 0210, що слід виконати сценарій Script 7.

У сценарії міститься деяка послідовність команд, наприклад, {OFF, 10%, 50%, 100%, 50%, 10%}. Згідно з цим набором команд вимагається відключити вказану групу, а потім змінити потужність, згідно вказаної у відсотках. Команди, що передаються по лінії зв'язку можуть бути індивідуальними для кожного пристрою, для групи пристроїв або для усіх пристроїв відразу (широкомовні).

Протокол DALI побудований таким чином, що дозволяє адресувати безпосередньо 64 пристрої, підключених до однієї лінії управління. Якщо виникає необхідність у більшій кількості керованих пристроїв, то використовуються DALI-роутери (маршрутизатори), які дозволяють збільшити місткість DALI-мережі до 200 пристроїв. Якщо ж і такої кількості недостатньо, то для об'єднання DALI-роутерів застосовуються DALI-шлюзи. При цьому кількість адрес зростає максимум до 12800.

Для проектування DALI-мереж застосовується спеціальне програмне забезпечення. Якщо передбачається мережа, що містить не більше 200 адрес, що відповідає одноранговій мережі в межах одного DALI-роутера, то для цих цілей цілком достатньо базового пакету програм (наприклад, Helvar Toolbox).

Для створення масштабніших мереж з використанням DALI – шлюзів знадобиться розширений пакет (наприклад, Helvar Designer).

5.3. Дії, що виконуються системою DALI

Перш за все це просте вмикання - вимикання як окремих світильників, так і цілих груп. Крім цього можливо димірування СД ламп. При диміруванні декількох груп світильників передбачена їх синхронізація.

Один пристрій управління DALI може відтворювати до 16 світлових сценаріїв і отримувати і зберігати інформацію про різні параметри системи: справність світильників, включений або вимкнений світильник, заданий рівень освітлення.

Електронні баласты DALI автоматично знаходять пристрій управління, при цьому всередині баластів зберігаються різні установки. Перш за все це адресація пристроїв, світлові сценарії, розподіл по групах, швидкості диммировання, значення потужності аварійного освітлення.

У складі системи DALI передбачено використання датчиків руху, присутності і освітленості, що дещо розширює функціональність пристрою в цілому. Завдяки цьому можливе програмування світлових сцен з урахуванням денного освітлення. Датчики руху програмуються на час спрацьовування до 30 хвилин.

Програмування та управління пристроєм досить просте і здійснюється кнопками з замикаючим контактом. Зовнішній вигляд пульта управління DALI-контролера показаний на рис.5.3.

У разі відключення електроенергії DALI-контролер запам'ятовує поточний стан, а при поновленні енергопостачання автоматично відновлює останній робочий стан. Тому збою в роботі системи не відбувається.



Рисунок 5.3 – Зовнішній вигляд пульта управління DALI-контролера.

5.4. Система управління освітленням та створення протоколу DALI

Протокол DALI розробили для заміни аналогового стандарту 1-10V і цифрового протоколу DSI «Digital Serial Interface». Робота над протоколом почалася в 1998 році, а вже з 1999 року з'явилися перші DALI-пристрої.

У 2002 році DALI був зареєстрований як міжнародний стандарт. Він швидко набув популярності, а 2011 року частка пристроїв DALI для управління освітленням на ринку Європи наблизилася до 55%.

DALI відповідає стандарту IEC 60929. Він відкритий, будь-який виробник може випускати відповідно до нього свою продукцію.

Протокол DALI застосовується для управління світлодіодним освітленням і іншими силовими навантаженнями. Одне з важливих переваг протоколу DALI - це можливість його інтеграції з верхніми рівнями диспетчеризації будівель, таких як BACNet, KNX / EIB і іншими.

Для інтеграції використовуються спеціальні шлюзи між системами для отримання двостороннього зв'язку і повноцінного управління з того чи іншого боку. Система управління може бути самостійним елементом управління або входити в загальну систему автоматизації будівлі (BMS).

Для вирішення певних завдань, в системі можуть бути задіяні пристрої в самих різних комбінаціях - датчики присутності, датчики освітлення, релейні модулі DALI, DALI-роутери, блоки живлення DALI, кнопкові інтерфейси, і інші пристрої.

5.5. Технічні характеристики системи DALI

- Напруга шини DALI: 9.5 - 22.4 V
- Блок живлення DALI: макс. 250mA.
- Швидкість передачі даних: 1200 біт / с
- Максимальна довжина шини DALI: 300м. (1,5 мм² дроти)
- Максимальна кількість пристроїв, підключених до однієї шини

DALI: 64 шт.

- Кількість груп: 16 груп можуть бути налаштовані на одній лінії DALI
- Кількість сцен: до 16 сцен можуть бути налаштовані в системі DALI
- Прокладання шини DALI можна вести в одному коробі з силовим проводом або використовувати один кабель з необхідною кількістю жил
 - Для прокладки шини DALI не потрібно дотримуватись полярності і спеціальної топології проводки, з'єднання можна виконувати по всіх відомих типах - зірка, послідовне і комбіноване з'єднання.
 - Двосторонній зв'язок дозволяє отримувати інформацію статусу баласту або драйвера DALI, а також стан світильника (включений / виключений), рівень яскравості світильника (при дімируванні), стан СД ламп і баластів світильників і т.д

Для управління системою використовуються команди, що складаються з адреси пристрою і коду дії. Команди можуть бути:

- індивідуальні - їх посилають пристрою з конкретною адресою;
- групові - відпрацьовують пристрої, що входять до певної групи;
- ширококомвні - виконують всі пристрої, що знаходяться на одній лінії;
- команди світлових сцен. Їх виконують ті пристрої, у яких в пам'яті записаний код сцени;
- команди стану приладу. Отримавши таку команду, пристрій передає свій стан: увімкнення /справне/ несправне, ступінь освітлення і інші.

В системі кілька пристроїв можуть мати однакову адресу. У разі надходження в лінію команди з такою адресою її виконують всі пристрої, що мають цю адресу.

На даний час Німецькою компанією Bruck Electronik GmbH (BEG) розроблені і випускаються наступні технічні системи керування DALI:

- DALI Compact - автономне рішення (Broadcast);

- DALI System single room - рішення для одного приміщення;
- DALI System multi-room - рішення для кількох приміщень;
- DALI System building solution - рішення для автоматизації будівлі.

Проаналізуємо кожну із систем.

DALI Compact – може виконувати локальне керування освітленням в невеликих і середніх проектах. Поєднує в собі все найнеобхідне для локального управління освітленням: DALI блок живлення, ручне управління з кнопкових вимикачів, реле і контролер. Все необхідне для управління розміщене в одному корпусі пристрою. Програмування проводиться за допомогою потенціометрів на пристрої, з пульта дистанційного керування або програми для смартфонів.

Блок-схема системи керування DALI Compact приведена на рис.5.4.

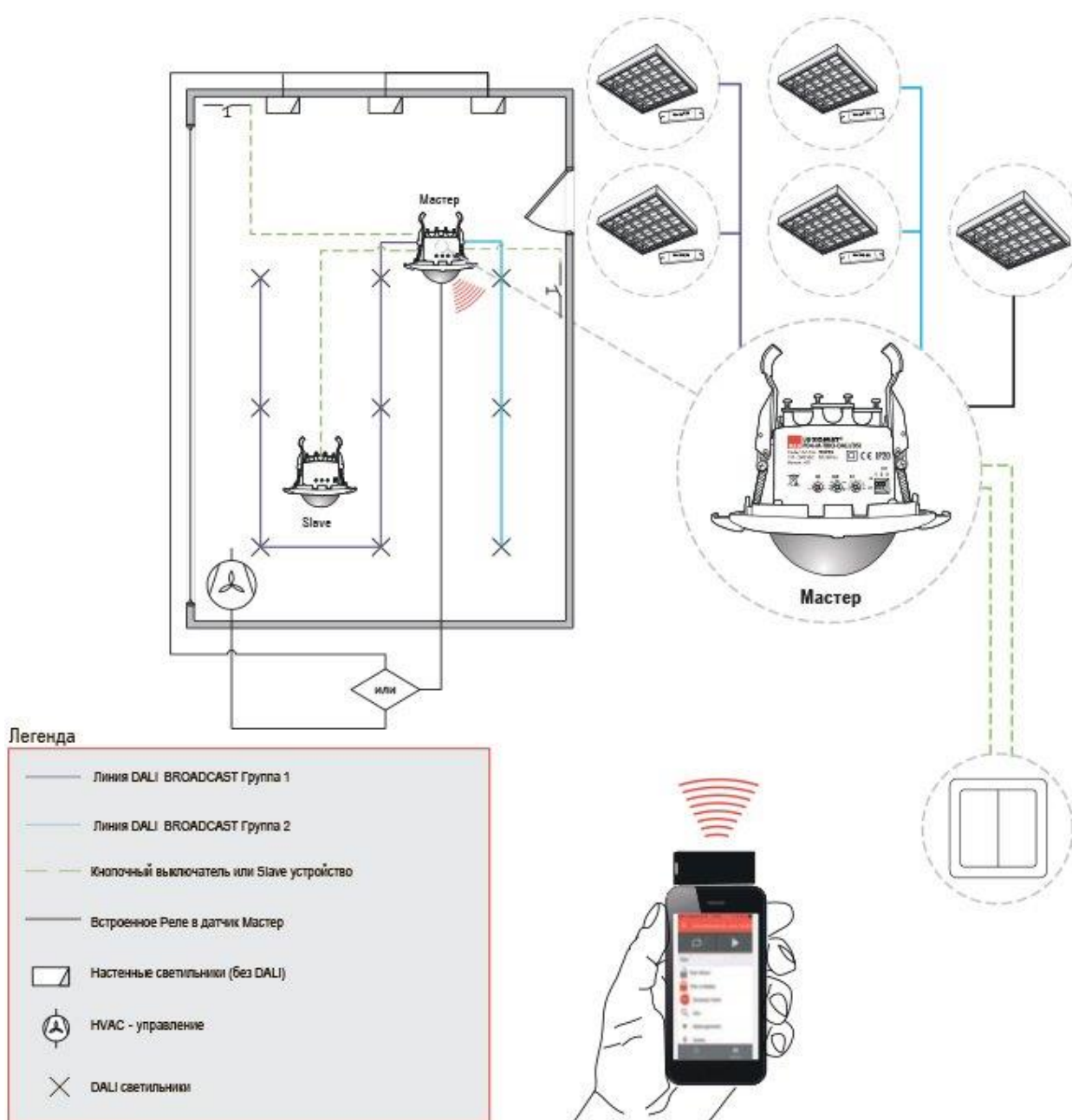


Рисунок 5.4 – Блок-схема системи керування DALI Compact

DALI System - масштабована система для збалансованого і скоординованого управління освітленням в будь-якому типі проекту або будівлі. Устаткування масштабованої системи «DALI System» поділяється на різні підгрупи і в залежності від конкретних завдань, конфігурація обладнання в них може складатися з різних пристроїв. «DALI System» включає в себе всі необхідні пристрої для автоматизації освітлення всієї будівлі - блок живлення і контролер DALI, DALI-роутер, датчики присутності DALI, DALI-реле і кнопочний інтерфейс DALI.

На додаток до можливостей адресації і принципу Мультимастер, пристрої можуть бути і приймачами і передавачами, перевага даної системи - це масштабованість, від окремих кімнат до управління всім будинком по шині DALI.

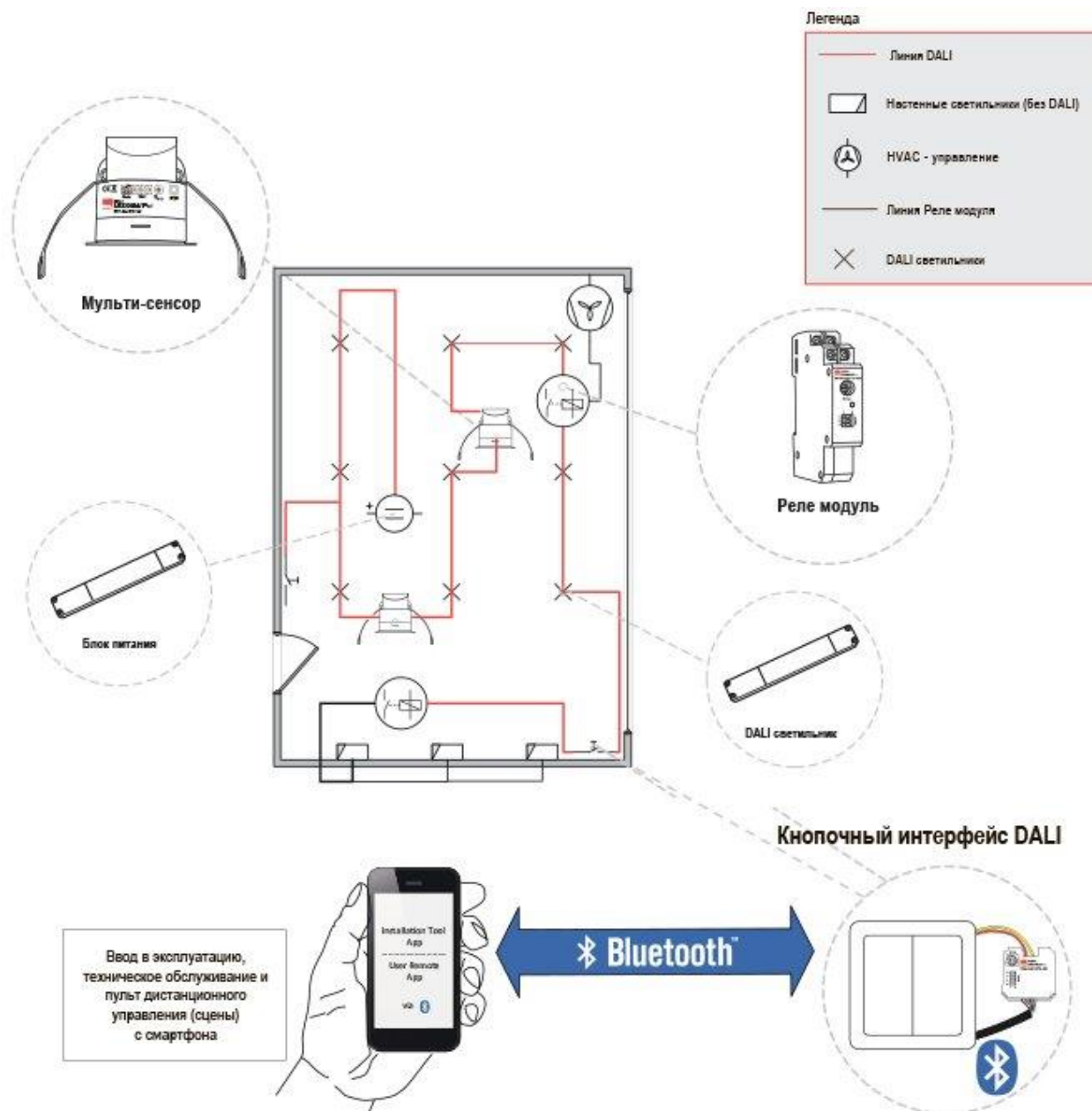


Рисунок 5.5 – Система керування DALI System single room

Налаштування параметрів доступна через USB, Ethernet, LAN, Wi-Fi або Bluetooth. «DALI System» дозволяє при проектуванні збільшити його ефективність і зменшити витрати під час монтажу обладнання.

Система керування DALI System single room, блок-схема якої приведена на рис.5.5 дозволяє:

- Керувати освітленням маленьких або середніх приміщень;
- Вводити в експлуатацію без підключення проводів за допомогою Bluetooth.

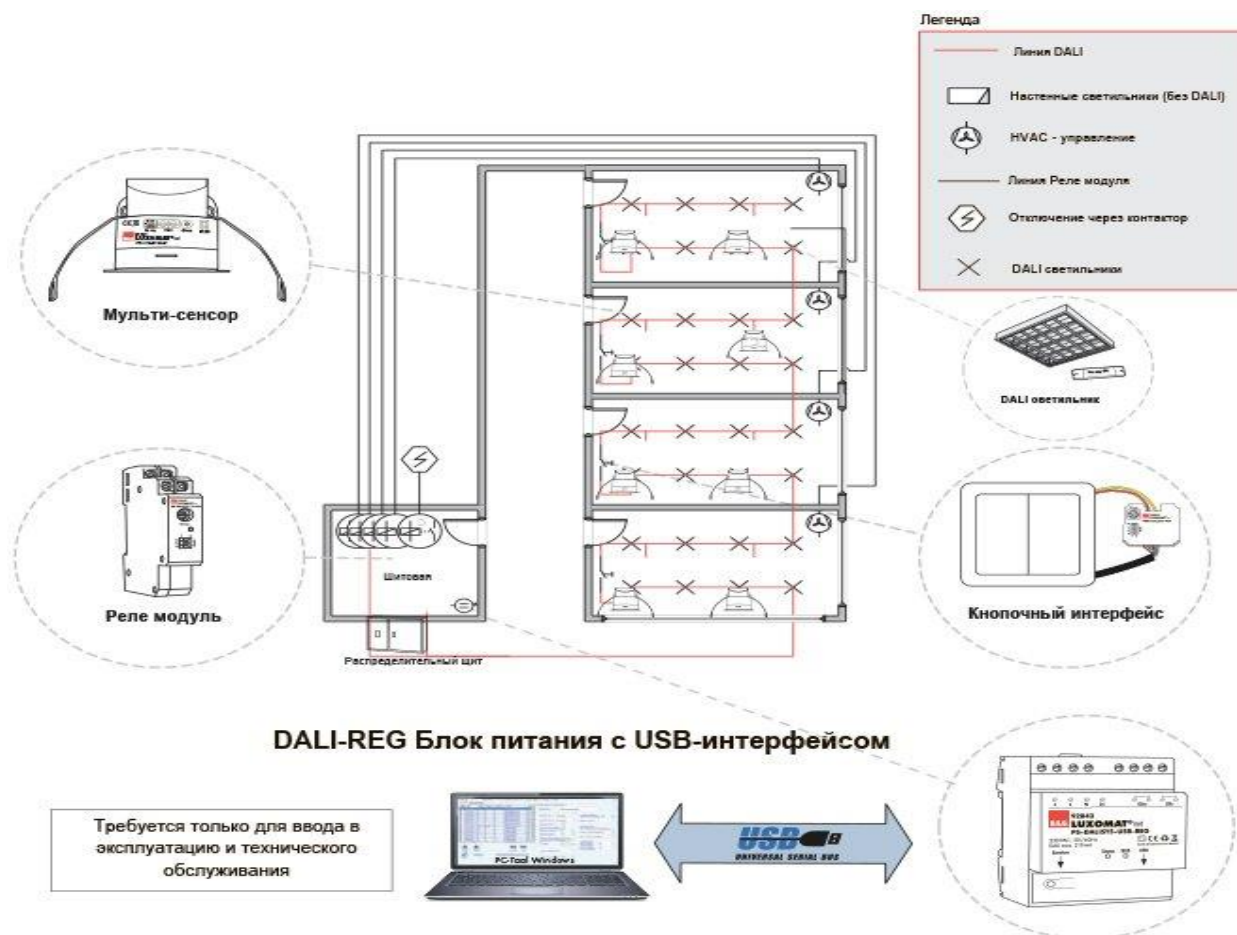


Рисунок 5.6 – Система керування DALI System multi-room

Блок живлення DALI 100 мА може керувати 25 пристроями DALI від будь-якого виробника і до 6-ти керуючих пристроїв DALI BEG (мультідатчіки і кнопкові інтерфейси DALI).

Система керування DALI System multi-room.

Система керування DALI System multi-room дозволяє:

- Керувати освітленням невеликих будівель, складів, офісів з відкритим плануванням, багатоповерхових офісів, сходових клітин тощо;
- Введення в експлуатацію за допомогою програмного забезпечення для Windows, через DALI джерело живлення з вбудованим інтерфейсом USB
- Адресацію до 64 пристроїв, формування до 16 груп і конфігурацію до 16 сцен;
- Функція "направляє освітлення" - синхронізацію по групам;
- Блок живлення DALI 210 мА здійснює живлення для всіх пристроїв DALI, в тому числі восьми BEG мультідавачів.

Система керування DALI System building solution.

Система керування DALI System building solution дозволяє:

- Здійснювати автоматизоване керування освітленням всієї будівлі, яка може бути введена в експлуатацію через LAN / Ethernet до 100 DALI-роутерів, кожен з яких має 4 вбудованих USB-інтерфейси;
- Централізоване управління для всієї системи освітлення, в тому числі і аварійного освітлення
- E-mail повідомлення якщо, наприклад, світильник вийшов з ладу;
- Функція "направляє освітлення PLUS": синхронізацію по групах, а також по лініях.

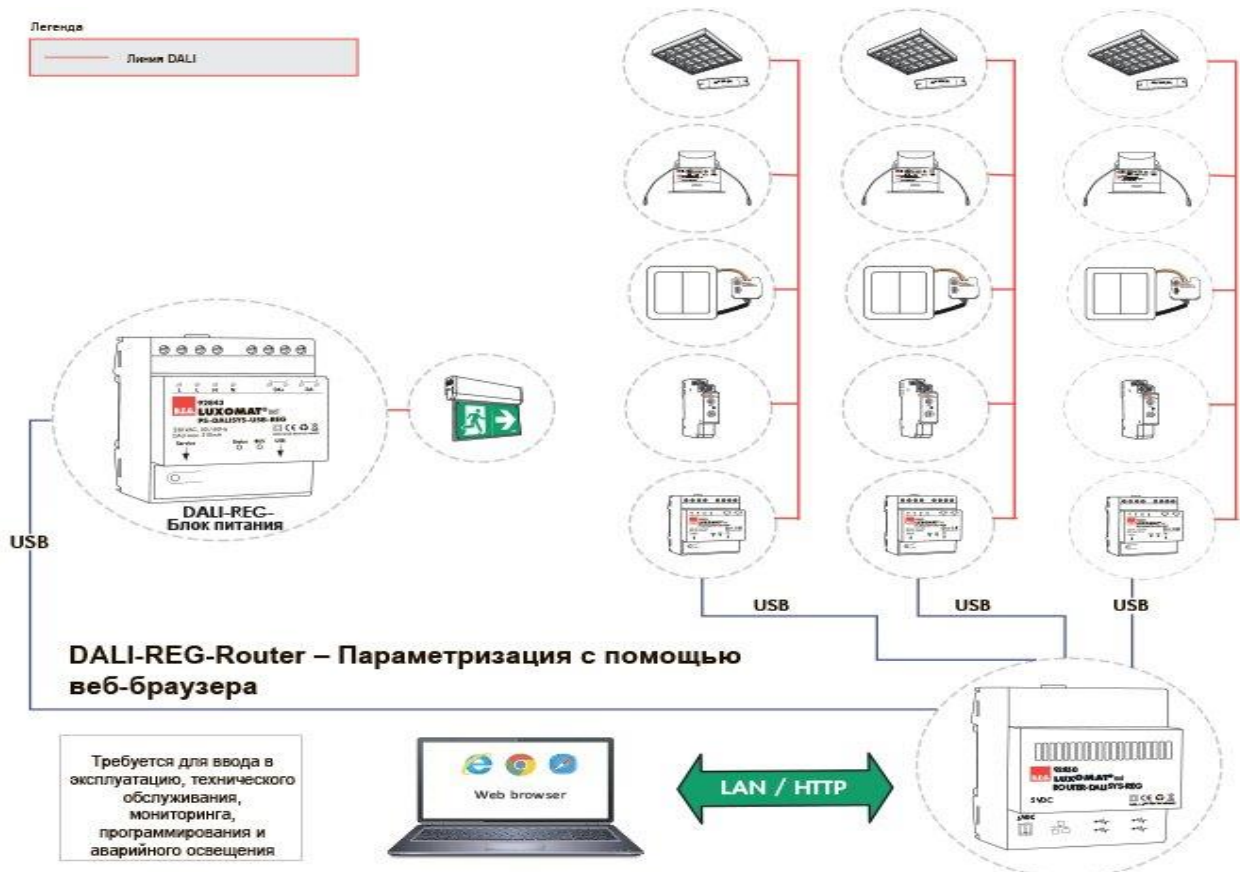


Рисунок 5.7 – Система керування DALI System building solution

Застосування стандарту DALI дозволяє створити гнучку систему управління освітленням. Належність пристроїв до груп і призначення їм сценаріїв виконується програмно. Це значно спрощує проектування системи. Крім того, можна без великих витрат змінювати конфігурацію системи при ремонтних роботах, реконструкції або розширення в будівлі. Систему управління

освітленням DALI можна проектувати незалежно від електричних мереж системи освітлення.

Наявність в пристроях власної незалежної пам'яті робить систему стійкою в аварійних ситуаціях. При тимчасовому зникненні електроживлення вона швидко відновлює свою працездатність.

У порівнянні з іншими системами управління освітленням, монтаж і пусконаладжувальні роботи системи DALI значно простіші. І в процесі налагодження, і при експлуатації діагностичні команди дозволяють швидко визначити несправний прилад.

Переваги системи керування DALI:

- управління 64 пристроями по одній шині;
- на одному просторі можна утворювати до 16 варіантів сцен;
- керуючі дроти підключаються до баласту або схем управління безпосередньо, що спрощує підключення, коли є багато зон або груп;
- нелінійне затемнення до 0,1% (теоретичну межу).

Більшість драйверів не можуть затемнювати світлодіод до такого рівня, оскільки мінімальний струм становить 5-6 мА, тобто 1,5% для драйвера, розрахованого на 350 мА. Можливе використання ШІМ живлення, проте це небажано в системах загального освітлення білим світлом, оскільки через малу тривалість робочого циклу при слабкому освітленні може виникати мерехтіння, помітне оку. В недалекому майбутньому з'являться драйвери з прямим струмом менше 1 мА (0,3%), що містять сигнальний процесор. Вони будуть забезпечувати затемнення з ідеальними візуальними характеристиками.

5.6. Висновки до розділу

- 1.Зроблено детальний аналіз системи автоматизованого управління СД освітлювальними установками для зовнішнього освітлення (ІСУво).
- 2.Приведено переваги і недоліки цифрових систем керування ОУ. Розглянуто протоколи управління світловими приладами на основі світлодіодів.
3. Запропоновано систему керування внутрібудинковим освітленням на базі інтерфейсу DALI. Розглянуто можливість її практичного впровадження.

6. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Економічне обґрунтування науково-дослідного проекту

Економічність роботи виробничих підприємств закладається, як відомо, ще на стадіях дослідних розробок, тому в цій фазі життєвого циклу виробів повинен діяти надійний механізм забезпечення економності.

Науково-дослідна діяльність поступово переходить до якісно нового етапу, який характеризується перспективним плануванням розвитку науки, переходом до економічних методів керівництва, цілеспрямованого планування дослідних робіт. Одним з основних критеріїв для включення в план і фінансування НДР є величина економічного ефекту від використання їх результатів в народному господарстві.

Отже, перед розробниками при створенні нового виробу ставиться глобальне завдання: обґрунтувати доцільність заміни існуючого приладу новим. Для цього слід порівняти техніко-економічні характеристики (продуктивність, вартість, надійність, довговічність, споживана потужність, маса, габарити тощо) базового і нового (що досліджується і проектується) приладу. Проте техніко-економічні характеристики порівнюваних виробів різномірні, тому в такому вигляді їх не можна співставляти між собою. Для того, щоб таке комбінування було можливим, характеристики повинні вимірюватися однією і тією ж одиницею. Такою мірою є грошова одиниця.

Критерієм економічної ефективності НДР є економія суспільної праці, тобто праці виготовлювача та споживача нового виробу, а отже і збільшується економія суспільної праці. Цілком очевидна пряма залежність прибутку від економії суспільної праці, і чим більша ця економія, тим менші суспільні витрати виробництва. Інша справа, як розподіляється ця економія між виготовлювачем, у якого витрати на виробництво нових приладів можуть збільшитися споживачем, у якого витрати на експлуатацію відносно можуть зменшитися.

6.2 Система техніко-економічних показників ефективності проекту

Ефективність нової техніки досить важко виразити узагальнюючим показником, оскільки технічний прогрес, як правило, викликає багатоаспектний ефект. З цієї причини для визначення економічної ефективності нової техніки та технології рекомендується використовувати систему показників.

До складу такої системи показників входять:

1) вартісні показники:

- загальний обсяг та питомі капітальні вкладення (на одиницю продукції або потужності обладнання), необхідні для здійснення передбачених заходів;

- собівартість одиниці продукції до та після впровадження техніки та річна економія від зниження собівартості;

- додатковий прибуток, що утворюється за рахунок скорочення витрат на утримання та експлуатацію обладнання, загальноцехових, загальнозаводських та позавиробничих витрат;

- строк окупності капітальних вкладень в нову техніку;

- коефіцієнт ефективності інвестицій;

2) трудові показники:

- трудомісткість виробів до та після впровадження нової техніки та технології;

- скорочення потреби в робочій силі;

- підвищення продуктивності праці;

3) натуральні показники:

- обсяг додаткового випуску продукції;

- питомі витрати сировини, матеріалів, палива, енергії (на одиницю продукції);

- строки проведення заходів (або тривалість будівництва);

- вихід продукції у розрахунку на 1 м² виробничої площі та ін.

Крім того, для обґрунтування техніко-економічної ефективності проекту можуть використовуватися показники якості продукції, поліпшення умов праці та підвищення її безпеки.

6.3 Особливості визначення техніко-економічної ефективності НДР

Визначення техніко-економічної ефективності науково-дослідних робіт, кількість та склад показників, які застосовуються, залежить від типу науково-дослідницької роботи, характеру отриманих результатів.

По характеру отриманих результатів всі наукові дослідження поділяються на такі групи: фундаментальні, пошукові, прикладні та розробки.

Метою фундаментальних робіт є відкриття нових фундаментальних законів природи, знаходження зв'язків між явищами, роз'яснення цих явищ, факторів, процесів. Практичне застосування результатів цих досліджень може дати значний економічний ефект. Проте безпосередні результати фундаментальних робіт мають абстрактний характер. Тому по них не можна визначити економічний ефект, а їх оцінкою є лише якісна характеристика науково – теоретичної та економічної ваги.

Пошукові роботи. Основна ціль – знаходження нових шляхів дослідження та створення нової техніки та технології виробництва. Наукові висновки пошукових робіт використовуються в науково – дослідницьких роботах прикладного характеру.

На стадії виконання пошукових робіт визначається науково – технічний ефект. Вияснюються можливі області застосування результатів в народному господарстві і на основі комплексного якісного аналізу дається характеристика очікуваної технічної та економічної ваги результатів пошукових робіт. При цьому визначається сукупність показників, які змінюються під впливом впровадження результатів робіт, а також можливий діапазон цих змін.

Обов'язково визначаються передвиробничі затрати та капіталовкладення на виконання пошукових робіт. В випадках, коли це можливо, підраховується – роботи по практичному застосуванню випадкових явищ та фактів, вони направлені на створення нових технологічних процесів, механізмів, машин, виробів, організаційних та економічних структур, методичних рекомендацій. Результати цих робіт носять цілком конкретний характер. Прикладні дослідження проводяться в галузевих НДІ та вузах. По цих роботах, безпосередньою ціллю яких є впровадження науково-технічних рішень у виробництво, визначається економічний ефект.

Розробка – роботи, направлені на використання наукових знань при проектуванні та створенні різних пристроїв, систем, машин та агрегатів, механізмів. До розробок також відносять проектні роботи по створенню нового (типового та унікального) інженерно-технічного, будівельного, управлінського комплексу на базі існуючих досягнень науки, техніки та практичного досвіду. Економічний ефект цих робіт визначається, як і в прикладних роботах.

Перш ніж ретельно визначити техніко-економічну ефективність слід проаналізувати і обґрунтувати економічну ефективність НДР.

Реально можливий економічний ефект вимірюється тою економією затрат сукупної суспільної праці, яку можна отримати при об'ємі продукції, що дійсно підлягає виготовленню в розрахунковому році.

Характер економічного обґрунтування проекту залежить від предмету досліджень теми, складу показників, що визначаються, та ступеня точності їх визначення.

У багатьох дипломних роботах науково-дослідницькі проблеми вирішуються лише частково. Незалежно від цього економічний ефект можна визначити як суму економії в грошових одиницях чи, якщо це можливо, у вигляді якісної характеристики ефективності. В такому випадку враховуються ті показники та фактори, які неможливо виразити в грошовій формі, проте мають важливе автономне значення. Якщо тема дослідження закінчується створенням

нового чи покращенням вже існуючого виробу, техніки, технології чи організації виробництва: то обґрунтування такої дипломної роботи можна оцінити кількісно. По такій темі необхідно визначити економічний ефект, а також економічну ефективність.

Одним з методів обґрунтування теми дипломного проекту може бути складання кошторису витрат на проведення дослідної роботи по темі. Проте розрахунок затрат на виконання роботи по самій темі можна рекомендувати тільки в тому випадку, коли НДР містить чисто теоретичний характер, не закінчується лише досягненням позитивних чи негативних результатів, та не має ніяких даних для порівняльних економічних розрахунків.

При планування затрат на виконання НДР розрізняють передвиробничі затрати $z_{\text{НДР}}$ та капіталовкладення $K_{\text{НДР}}$.

Передвиробничі затрати складаються із затрат на виконання таких робіт: постановка задач НДР та розробка технічного завдання; теоретичні дослідження та огляд літератури; лабораторні та заводські дослідження; проектування та конструювання виробів, обладнання, оснастки техпроцесів, цехів і т.д., що є об'єктами НДР; виготовлення, випробування та підналадка зразків. Всі розглянуті затрати є поточними затратами для виконання НДР. Проте при визначені $\frac{H}{2}$ та госпрозрахункового економічного ефекту від впровадження результатів НДР, виробничі затрати повинні впроваджуватись разом з поточними затратами виробництва нових видів продукції, обладнання і т.д.

Капіталовкладення, які необхідні для виконання НДР, складаються із вкладів в лабораторне обладнання, апарати, прилади з врахуванням затрат на їх проектування та монтаж; в будови та споруди лабораторій, необхідність в яких обумовлена виконанням даної НДР.

Капітальні вклади в НДР складають окремими складовими (додатками) загальну суму в $\frac{H}{2}$, разом з прямими вкладями в підприємство, що виготовляє продукцію, а також спряженими вкладями в інші галузі. Їх величина приймається

в частині, що відповідає зайнятості обладнання лабораторії, будов та інших засобів на протязі року виконання розглядуваної НДР.

Для визначення довиборничих (поточних) затрат на виконання НДР складається кошторис затрат, вихідними даними для якого є:

- план проведення НДР;
- розрахунок вартості обладнання для проведення НДР;
- план потреби в основних та допоміжних матеріалах та готових покупних виробках;
- план по праці та заробітній праці.

Для планування праці та заробітної плати на виконання НДР необхідно визначити:

1. Етапи впровадження НДР.
2. Трудомісткість етапів в людино–годинах, людино–днях.
3. Кількість учасників, що виконують роботи по окремих етапах.
4. Тривалість окремих етапів НДР в днях.

Користування розробленою нами програмою для розрахунку освітлення довільно орієнтованої площини ОП приводить до ряду позитивних ефектів. Так, наприклад, збільшується швидкість розрахунку освітлення, наслідком чого є підвищення продуктивності і зменшення кількості працівників, що веде до зменшення витрат на заробітну платню.

При розрахунку опромінення на ЕОМ завдяки високій точності обчислення можна досягти раціональнішого розташування ОП. Таке моделювання ОУ дозволяє поряд із рівномірним розподілом освітлення використовувати меншу кількість світлових приладів, а отже, зекономити електроенергію, матеріальні витрати (зменшується використання електропроводів, кабелів, ОП тощо).

Визначимо величину амортизаційних відрахувань, що припадає на дану НДР:

$$A = \frac{C_B * N_A * T_{\text{ФАК}}}{T_{\text{ГОД}}} = \frac{1000 * 0.2 * 16}{1920} = 1.67 \text{ грн}$$

де C_B – балансова вартість обладнання;

N_A – норма амортизаційних відрахувань в рік, $N_A = 20\%$;

$T_{\text{ГОД}}$ – річний робочий фонд часу;

$T_{\text{ФАК}}$ – фактичний час роботи обладнання по дослідній темі.

Отже, як бачимо, впровадження таких установок сприяють більш високим показникам, лише при не значному збільшенні затрат на електроенергію.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1.1. Організація охорони праці на підприємстві

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Дія закону “Про охорону праці” поширюється на всі підприємства не залежно від форм властивості та видів їх діяльності, а також на всіх громадян, які працюють на цих підприємствах.

Організацією охорони праці на підприємстві займається власник (керівник). Для цього він забезпечує функціонування систем управління охороною праці:

- 1) створює відповідні служби і призначає посадових осіб, відповідальних за вирішення питань з охорони праці;
- 2) забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків і профзахворювань;
- 3) здійснює постійний контроль за дотриманням працівниками правил експлуатації машин, механізмів, обладнання;
- 4) здійснює контроль за користуванням та індивідуальними засобами захисту;
- 5) при виникненні надзвичайних ситуацій і нещасних випадків, власник зобов'язаний вжити термінових засобів для допомоги потерпілим.

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо директору підприємства і виконує наступні функції:

- проводить керівництво роботою з охорони праці;

- забезпечує інструкціями, стандартами та іншими нормативними документами;
- веде облік і аналіз нещасних випадків і профзахворювань;
- бере участь у розслідуванні нещасних випадків;
- забезпечує колективними та індивідуальними засобами захисту працюючих;
- забезпечує проведення навчання та інструктажів з охорони праці, своєчасне проведення атестацій і переатестацій робітників, які виконують роботи підвищеної небезпеки.

Навчання та інструктаж працівників з питань охорони праці проводиться з працівниками, які поступають на роботу, та в процесі їх трудової діяльності.

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на: вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводиться з усіма щойно прийнятими на роботу працівниками, з учнями та студентами, які проходять практику.

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці з новоприйнятими працівниками, або з групою осіб однієї спеціальності.

Повторний інструктаж проводиться з усіма працівниками на робочому місці через певні проміжки часу.

Позаплановий інструктаж проводиться у випадках введення в дію нових актів про охорону праці, заміні або модернізації устаткування, при порушенні працівником вимог охорони праці.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками при виконанні разових робіт, які пов'язані з обов'язками за фахом.. Цільовий інструктаж фіксується наряд-допуском, що дозволяє проведення робіт.

Усі інструктажі проводяться керівником робіт (начальником дільниці, майстром).

Про проведення інструктажів, стажуванню та допуск до роботи особа, яка проводила інструктаж, робить запис у журнал. При цьому обов'язкові підписи

того, хто проводить інструктаж, і того, хто інструктував. Журнали інструктажів повинні бути пронумерованими, прошнурованими і скріплені печаткою.

Керівник підприємства зобов'язаний видати працівникові примірник інструкції з охорони праці за його професією, або вивісити її на робочому місці.

Робоче місце – це зона обслуговування окремим робітником відповідно визначеного місця технологічного процесу. Розмір зони залежить від особливостей технологічного процесу.

З метою економії сил і часу робітника, підвищення його працездатності необхідно раціонально облаштувати робоче місце: раціонально розмістити засоби управління контролю виробничим процесом, забезпечити механізацією та автоматизацією праці.

7.1.2. Вимоги до виробничого освітлення та його нормування

Серед чинників зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світлу відводиться одне із чільних місць. Адже відомо, що майже 90% всієї інформації про довкілля людина отримує через органи зору. Вплив світла на життєдіяльність людини вивчений досить добре. Воно впливає не лише на функцію зору, а й на діяльність організму в цілому: посилюється обмін речовин, збільшується поглинання кисню і виділення вуглекислого газу. Відомий сприятливий вплив природного освітлення на скелетну мускулатуру.

Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірність освітлення в полі зору втомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; при цьому зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Надмірна яскравість джерел світла може спричинити головний біль, різь в очах, розлад гостроти зору; світлові відблиски — тимчасове засліплення.

Освітлення виробничих приміщень характеризується кількісними та якісними показниками. До основних кількісних показників відносяться: світловий потік, сила світла, яскравість і освітленість. До основних якісних показників

зорових умов роботи можна віднести: фон, контраст між об'єктом і фоном, видимість.

Для створення сприятливих умов зорової роботи, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочій поверхні освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- не повинно бути засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частоті переадаптації органів зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- повинен бути достатній, для розрізнення деталей, контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпечне ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпечність світильників);
- повинно бути надійним і простим в експлуатації, економічним та естетичним. Залежно від джерела світла виробниче освітлення може бути природним, штучним і суміщеним, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

7.1.3. Штучне освітлення виробничих приміщень, його нормування та види

Штучне освітлення може бути загальним та комбінованим. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з врахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого. Його доцільно застосовувати при роботах високої точності, а також, якщо необхідно створити певний або змінний, в процесі роботи, напрямок світла. Місцеве освітлення створюється світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму та професійних захворювань.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в темний період доби. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно враховувати економічні показники.

Найменша освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях регламентується СНиП II-4-79 і визначається, в основному, характеристикою зорової роботи. Норми носять міжгалузевий характер. На їх основі, як правило, розробляють норми для окремих галузей промисловості.

В СНиП II-4-79 вісім розрядів зорової роботи, із яких перших шість характеризуються розмірами об'єкта розпізнавання. Найбільша нормована освітленість складає 5000 лк (розряд Ia), а найменша — 30 лк (розряд УШв).

7.1.4. Вплив кольору на покращення умов праці та підвищення продуктивності виробництва.

Освітлення - використання світлової енергії Сонця і штучних джерел світла для забезпечення зорового сприйняття навколишнього світу.

Світло є природною умовою життєдіяльності людини, необхідною для збереження здоров'я і високої продуктивності праці, основаної на роботі зорового аналізатора - найтоншого й універсального органа чуття.

Забезпечуючи безпосередній зв'язок організму з навколишнім світом, світло є сигнальним подразником для органа зору й організму в цілому: достатнє освітлення діє тонізуюче, поліпшує протікання основних процесів вищої нервової діяльності, стимулює обмінні й імунобіологічні процеси, впливає на формування добового ритму фізіологічних функцій організму людини.

Фізіологічний вплив кольору становить перший, абонизький, рівень впливу кольору, тоді як психічний вплив - другий, високий рівень його впливу.

Саме на ці характерні асоціації і уявлення рекомендується орієнтуватися в практичній роботі при колірному оформленні.

Дослідники кольору і цветопсихології Г. Фрилинг і К. Ауертак класифікують кольору з їхньої психологічному впливу на людину:

- стимулюючі (теплі), що сприяють збудженню й діючі як подразники: червоний, кармін, жовтогарячий, жовтий;
- дезінтегруючі (холодні), приглушаючі роздратування: фіолетовий, синій, світло-синій, синьо-зелений;
- пастельні, приглушаючі чисті кольори: рожевий, ліловий, пастельно-зелений, сірувато-блакитний;
- статичні, здатні врівноважити, заспокоїти, відволікти від інших збудливих кольорів: чисто зелений, оливковий, жовто-зелений, пурпурний;

- кольору глухих тонів, які не викликають роздратування (сірі); гасять його (білий); допомагають зосереджуватися (чорний); до них відносяться дві групи змішаних кольорів: теплі кольори (коричневі), що стабілізують роздратування, діючи мляво, інертно (охра, коричневий, землястий, темно-коричневий); холодні темні кольори, ізолюючи і придушують роздратування (темно-сірий, чорно-синій, темні-зелено-сині).

Зазначені поєднання двох або трьох квітів набувають різні тонові залежності і їх сумарне психологічне вплив па людини викликає інші асоціації та відчуття.

При сприйнятті у людини виникають асоціації розподілу кольору в природі: світло-блакитні кольори викликають у людей асоціації з небом або рухом вгору, тоді як теплі відтінки, а також зелені і червоно-оранжеві кольори асоціюються із землею або рухом вниз. В даний час є досить науково-дослідних експериментальних даних про особливості психологічного впливу на людину.

Нові наукові дослідження з психосоціології кольору показують, що перевагою квітів, крім іншого, може залежати від кольору та колірних поєднань; спостерігається відома різниця в перевагою квітів у чоловіків і жінок; досліджені дані по "загальнолюдським" колірним перевагам: насичені кольори подобаються більше приглушених, а пастельні кольори більше насичених.

Правильне застосування кольору в проектуванні промислового інтер'єру або виробу немислимо без врахування всіх цих факторів.

При створенні психофізіологічного комфорту на робочому місці дизайнера цікавить насамперед результат впливу кольору, тобто емоції, які виникають у людини, повинні бути позитивними.

Кольорове оформлення виробничого приміщення. У виробничому середовищі колір використовується як засіб інформації та орієнтації, як фактор психологічного комфорту і як композиційний засіб. Колір впливає на

працездатність людини, на стомлення, орієнтування, реакцію. Холодні кольори (блакитний, зелений, жовтий) діють заспокійливо на людину, теплі кольори (червоний, оранжевий) діють збудливо.

Темні кольори надають гальмівну дію на психіку. При виборі кольору, колірному оформленні виробничих приміщень треба керуватися вказівками з раціональної колірної обробки поверхонь виробничих приміщень і технологічного обладнання. Кольорове рішення характеризується колірною гамою, колірним контрастом, кількістю кольору і коефіцієнтами відображення.

Колірна гамма - це сукупність кольорів, прийнята для колірного рішення інтер'єру. Вона може бути теплою, холодною і нейтральною.

Колірний контраст - це міра відмінності квітів по їх яскравості і колірному тону. Він може бути великим, середнім і малим. Кількість кольору – це ступінь колірного відчуття, що залежить від колірного тону, насиченості кольору об'єкта і фону, від співвідношення їх яскравості і кутових розмірів. При виборі колірного рішення інтер'єрів потрібно враховувати категорію роботи, її точність, санітарно-гігієнічні умови.

Значна роль в інтер'єрі належить вибору коефіцієнтів відбиття поверхонь. Стелі приміщень фарбуються в білий колір або близькі до білого кольору. Нижня частина стін забарвлюється в спокійні тони (світло-зелений, світло-синій).

Згідно ГОСТ ССБТ 12.4 026-76 "Кольори сигнальні", червоний колір використовується для попередження про явну небезпеку, заборону, жовтий попереджає про небезпеку, звертає увагу, зелений колір означає припис, безпека, синій інформацію. Жовтий колір закликає до підвищеної уваги, в нього фарбують сигнальні лампи, попереджувальні знаки.

Червоний колір сигналізує про небезпеку і можливої аварії. Цим кольором фарбують відкриті частини електрообладнання, внутрішні поверхні огорож,

граничні позначки на шкалах приладів, заборонні знаки (забороняють палити, торкатися до небезпечних поверхням, що забороняють дорожні знаки). Протипожежне обладнання так само пофарбовано в червоний колір.

При модернізації освітлення торгового комплексу м. Пустомити були враховані всі норми згідно ДБН В.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”.

7.2. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.2.1. Причини електротравматизму. Вплив електричного струму на організм людини.

Електробезпека — це система організаційних і технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого й небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Сучасна електрифікація всіх сфер людської діяльності ставить на перший план питання про захист персоналу, що обслуговує електроустаткування, а також інших осіб, які можуть підпадати під небезпеку ураження струмом. Практика свідчить про те, що майже у всіх галузях, де використовується електричний струм, безперечно бувають випадки ураження людей.

Ураження електричним струмом є найрозповсюдженішим небезпечним і несподіваним для потерпілого видом виробничого травматизму. Організм людини не наділений здатністю виявляти наявність електричного струму.

Дія електричного струму на організм людини супроводжується зовнішнім ураженням тканин та органів у вигляді механічних ушкоджень, електричних знаків, електрометалізації шкіри, опіків.

Електротравма може виникнути без безпосереднього контакту з провідниками, що проводять струм (ураження через електричну дугу, крокову напругу тощо). Проходячи через тіло людини, електричний струм діє не тільки в місцях контактів і на шляху проходження через організм, але й на центральну нервову систему, що спричиняє до ураження внутрішніх органів (серця, легенів тощо).

Електричний струм, проходячи через організм людини, призводить до термічної, електролітичної та біологічної дій (електротравматизм).

Термічна дія струму виявляється в опіках окремих ділянок тіла, нагріванні до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку, що стає причиною серйозних функціональних розладів.

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

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

Тривалість проходження струму через організм впливає на кінцевий результат ураження: чим довше проходить струм, тим більша можливість тяжкого і смертельного наслідку. Електричні травми – це ураження тканин і органів внаслідок проходження струму чи впливу променів електричної дуги на людину.

Електротравми умовно поділяють на місцеві та електричні удари. Місцева електротравма – це локальне ушкодження цілісності тканин тіла, кісток під впливом електричного струму, електричної дуги. Наслідком місцевих електротравм є електричні опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, електроофтальмія, механічні пошкодження.

Електричні опіки можуть бути поверхневими (ураження шкіри) та внутрішніми. Внутрішні опіки призводять до ураження внутрішніх органів і тканин тіла. Електричні опіки виникають внаслідок нагрівання тканин тіла людини струмом величиною більше 1 А.

Електричні знаки – це плями сірого або блідо-жовтого кольору у вигляді мозолів на поверхні шкіри в місці контакту із струмопровідними елементами. Електричні знаки безболісні і через деякий час зникають.

Електрометалізація шкіри – це просочування поверхні шкіри частинками металу під час його випаровування чи розбризкування під впливом електричного струму. Уражена ділянка жорстка на дотик і має забарвлення, характерне для

кольору металу, що потрапив до шкіри. Електрометалізація шкіри є безпечною (за винятком очей) і з часом зникає.

Електроофтальмія – це ураження при горінні електричної дуги зовнішніх оболонок очей потужним ультрафіолетовим випромінюванням, яке енергійно поглинається клітинами організму і викликає в них хімічні зміни. Потерпілий відчуває різкий біль в очах, осліплення, світлобоязнь, сльозотечу та ін.. Запобігання електрофтальмії при обслуговуванні електроустановок забезпечується шляхом використання захисних окулярів, які майже не пропускають ультрафіолетових променів і захищають очі від дії розплавленого металу при виникненні електричної. Внаслідок цього порушується цілісність (рветься) шкіри, кровоносних судин, нервової тканини, можливі вивихи суглобів і навіть переломи кісток.

Електричний удар – це збуджуюча дія електричного струму на живі тканини організму, яка проявляється у вигляді судорожних скорочень м'язів. Електроудари – це найнебезпечніший вид ураження організму електричним струмом, при якому порушується функціонування серцевої, дихальної і мозкової системи людини.

Залежно від наслідків ураження електричні удари умовно можуть бути поділені на 4 ступеня: I – судомні скорочення м'язів без втрати свідомості; II – судомні скорочення м'язів втратою свідомості, але із збереженим ритмом серцево-судинної системи та диханням; III – втрата свідомості і порушення дихання, або роботи серцево-судинної системи; IV – клінічна смерть. Небезпека ураження електричним струмом може бути пов'язана з чинниками електричного характеру (напруга, величина струму, вид і частота струму, опір електричного кола, заземлення, занулення) і неелектричного характеру – індивідуальні особливості людини, її увага, шлях проходження струму через тіло людини, тривалість дії струму.

Ураження організму людини електричним струмом частіше залежить від сили струму, що проходить через тіло людини, тривалості його дії та шляху

проходження через тіло. Окрім того важливе значення мають індивідуальні особливості організму людини, стан приміщення, в якому експлуатується електроустановка та площа контакту людини із струмоведучими частинами. Опір тіла людини не постійний, він залежить від багатьох причин і коливається в дуже широких межах. Так, опір сухої шкіри коливається від 3000 до 100000 Ом, а вологої – знижується до 1000 Ом і менше. Підвищення напруги, прикладеної до тіла людини, в багато разів зменшує опір шкіри. Отже, чим вища прикладена напруга, тим більша небезпека ураження. Але саме по собі значення напруги не може служити критерієм небезпеки ураження. Величина струму по-різному впливає на організм людини.

Виділяють такі порогові значення струму: порогово відчутний струм, порогово невідпускаючий струм, порогово фібриляційний струм. Порогово відчутний струм – найменше значення того струму, який під час проходження через організм людини викликає відчуття подразнення (0,6-1,3 мА при змінному струмі частотою 50 Гц та 5-7 мА -при постійному струмі). При струмі до 10 мА і частоті 50 Гц відчувається неприємна подразлива дія струму, яка супроводжується судорожними скороченнями м'язів. Порогово невідпускаючий струм – найменша величина електричного струму, при проходженні через організм людини яка викликає судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснений провідник (10-18 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і 50-80 мА – при постійному струмі). При струмі 25- 50 мА утруднюється дихання, при струмі більше 50 мА і до 100 мА порушується робота серця з одночасним паралічем дихання. Струм в 100 мА при 50 Гц і вище вважають смертельним для людини. Порогово фібриляційний струм – найменше значення електричного струму, проходження якого через організм людини спричиняє фібриляцію серця (100 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і 300 мА – при постійному струмі).

Різні тканини людини по-різному проводять струм. Найбільший електричний опір має шкіра людини і, особливо, верхня ороговіла її частина, в якій немає кровоносних судин. На результат ураження тіла (травми) виявляє

вплив як сила, так і шлях струму через тіло людини. Велика небезпека виникає тоді, коли струм проходить через найбільш життєво важливі органи: серце, головний мозок, легені. Результат ураження електрострумом в значній мірі залежить від індивідуальних (психологічних і фізичних) особливостей людини. Характер впливу струму однієї і тієї ж величини залежить від маси тіла людини, її фізичного розвитку, віку, самопочуття.

Тривалість проходження струму через організм суттєво впливає на результат ураження: чим триваліша дія струму, тим більша ймовірність тяжкого і смертельного результату. Настання фібриляції і зупинка серця відбуваються при тривалості дії струму більше 0,8 с або при співпадати часу проходження струму з фазою кардіологічного циклу. Небезпека ураження від змінного струму досягає максимуму при частотах 50-200 Гц. Струм від 200 000 Гц і вище безпечний. Постійний струм у 4-6 раз безпечніший змінного з частотою 50 Гц. Постійний струм, у порівнянні зі змінним того ж значення, коли проходить через тіло людини, викликає слабкіші скорочення м'язів і менш несприятливі відчуття. Але це справедливо тільки щодо напруги до 600 В. При більш високій нарузі постійний струм стає небезпечнішим від змінного з частотою 50 Гц. Умовно безпечною є напруга 12 В. Але залежно від сили струму, опору організму людини, її віку, статі та інших індивідуальних особливостей, терміну дії, умов виробництва та стану навколишнього середовища (температура, вологість повітря тощо) напруга у 12 В може стати небезпечною.

7.2.2. Стійкість роботи об'єкту енергетики і фактори, що на них впливають.

Значні руйнування, пожежі та втрати серед населення, викликані наслідками НС, можуть стати причиною різкого скорочення випуску промислової та сільськогосподарської продукції, а отже і зниження економічного потенціалу держави.

Виникає потреба завчасного вживання заходів щодо забезпечення стійкої роботи промислових об'єктів на випадок виникнення НС. Знання можливих НС, характерних для даної місцевості та виробництва, дозволяє диференційовано і цілеспрямовано розробляти та здійснювати заходи, які можуть запобігти аваріям, катастрофам та стихійним лихам або пом'якшити їх наслідки.

Стійкість роботи об'єкта господарської діяльності – це здатність його в умовах НС випускати продукцію у запланованому обсязі та визначеній номенклатурі, а у разі слабких та середніх руйнувань або порушення матеріального постачання - відновлювати виробництво власними силами у короткий термін.

На стійкість роботи об'єкта впливають такі фактори:

- захищеність робітників та службовців від уражальних факторів у НС; – здатність інженерно-технічного комплексу об'єкта (будівель, споруд, обладнання та комунально-енергетичних мереж) протистояти руйнівній дії уражальних факторів аварій, катастроф, стихійного лиха та сучасної зброї;
- надійність постачання об'єкта електроенергією, водою, паливом, комплектуючими та сировиною;
- підготовленість об'єкта до проведення аварійно-рятувальних та відновлюваних робіт;
- оперативність управління виробництвом та здійсненням заходів ЦЗ у НС.

Підвищення стійкості об'єкта досягають проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних, організаційних заходів.

До інженерно-технічних заходів належать роботи, що забезпечують стійкість виробничих будівель і споруд, обладнання та комунально-енергетичних систем.

Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості об'єкта спрощенням технологічного процесу виробництва кінцевої продукції та виключенням або обмеженням розвитку аварій.

Організаційні заходи передбачають розробку ефективних дій керівного складу, служб та формувань ЦЗ, спрямованих на захист виробничого персоналу, проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, а також відновлення виробництва.

7.2.3. Державна система моніторингу довкілля, основні завдання, організація і функціонування.

Державна система моніторингу довкілля – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Система моніторингу є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн.

Принципи створення і функціонування системи моніторингу:

- узгодженості нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових частин;
- систематичності спостережень за станом довкілля та техногенними об'єктами, що впливають на нього;
- своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання екологічної інформації, що надходить і зберігається в системі моніторингу;
- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної екологічної інформації та оперативності її доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, заінтересованих міжнародних установ та світового співтовариства.

Система моніторингу спрямована на:

- підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля;

- підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;
- підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення;
- сприяння розвитку міжнародного співробітництва у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Система моніторингу ґрунтується на використанні існуючих організаційних структур суб'єктів моніторингу і функціонує на основі єдиного нормативного, організаційного, методологічного і метрологічного забезпечення, об'єднання складових частин та уніфікованих компонентів цієї системи.

Організаційна інтеграція суб'єктів системи моніторингу на всіх рівнях здійснюється органами Мінприроди на основі: загальнодержавної і регіональних (місцевих) програм моніторингу довкілля, що складаються з програм відповідних рівнів, поданих суб'єктами системи моніторингу укладених між усіма суб'єктами системи моніторингу угод про спільну діяльність під час здійснення моніторингу довкілля на відповідному рівні.

До складу виконавців зазначених програм суб'єкти системи моніторингу можуть залучати підприємства, установи і організації незалежно від їх підпорядкування і форм власності.

Суб'єкти системи моніторингу - центральні органи виконавчої влади погоджують з Мінприроди розроблені ними проекти нормативно-правових актів та нормативних документів з питань проведення моніторингу довкілля.

Методологічне забезпечення об'єднання складових частин і компонентів системи моніторингу здійснюється на основі:

- єдиної науково-методичної бази щодо вимірювання параметрів і визначення показників стану довкілля, біоти і джерел антропогенного впливу на них;

- впровадження уніфікованих методів аналізу і прогнозування властивостей довкілля, комп'ютеризації процесів діяльності та інформаційної комунікації;
- загальних правил створення і ведення розподілених баз та банків даних і знань, картування і картографування екологічної інформації, стандартних технологій з використанням географічних інформаційних систем.

8. ЕКОЛОГІЯ

8.1. Світло як екологічний фактор

Світло – один з найважливіших абіотичних факторів біосфери. Життя нашої планети в усьому його біорізноманітті зумовлене енергією сонячної радіації. Вона – основне джерело для підтримування теплового балансу планети.

Особливо важлива роль світла в житті рослин, які використовують сонячну енергію в процесі фотосинтезу для створення органічної речовини. Світло – не лише життєво важливий регулюючий фактор, а й обмежувальний, як на мінімальних, так і на максимальних рівнях.

Значення світла як екологічного фактора для організмів зумовлене довжиною хвилі світлового потоку, інтенсивністю, якісним спектральним складом і тривалістю світлового періоду.

За природою світло – це електромагнітне випромінювання у широкому діапазоні з довжиною хвилі від 290-380 нм до 3-4 тис. нм, що виділяється в процесі термоядерного синтезу на Сонці. Сонце посилає на Землю надзвичайно велику кількість енергії у вигляді тепла та світла, які здатні поширюватися у світловому просторі завдяки випромінюванню. Тому теплову та світлову енергію Сонця називають променистою енергією.

У спектрі сонячного проміння виділяють три ділянки, які розрізняються біологічною дією, - ультрафіолетову, видиму та інфрачервону.

Променева енергія, яка досягає земної поверхні в ясний день, складається приблизно на 10% із ультрафіолетового випромінювання, на 45% - із видимого світла та 45% - із інфрачервоного. Сонячна радіація, проходячи крізь атмосферу, зазнає значних змін.

Короткохвильові ультрафіолетові промені, довжина хвилі яких становить до 290 нм, згубно діють на живу матерію, проте, у невеликих кількостях вони необхідні тваринам, бо сприяють синтезу вітаміну Д. Ультрафіолетові промені

здебільшого не досягають поверхні Землі завдяки наявності у верхньому шарі атмосфери (на висоті 25 км) озонового шару, який істотно поглинає короткохвильове випромінювання. Без цього існування організмів на суходолі було б неможливим.

Видиме світло при проходженні крізь щільні хмари найменше послаблюється. Довжина хвиль цього світла становить 400-700 нм і має особливе значення в житті всіх організмів. Видима частина спектра складається з окремих кольорів (від фіолетового до червоного), які мають різну частоту коливань і довжину хвилі. В спектрі видимого світла міститься область фотосинтетичної активної радіації (ФАР), в якій відбувається біосинтез хлорофілу та здійснюється процес фотосинтезу.

Інфрачервоні промені (довжина хвиль понад 750 нм) значною мірою поглинаються в атмосфері водяною парою і вуглекислим газом, а частина їх є джерелом теплової енергії для живих істот. Досить важливою є функція інфрачервоних променів для транспірації рослин, яка забезпечує випаровування води і створює умови для надходження вуглекислого газу крізь продихи.

8.2. Вплив абіотичних екологічних факторів на ріст рослин

На ріст рослин впливають багато факторів зовнішнього середовища. Раніш за все це фізичні фактори: світло (його інтенсивність, якість, тривалість та періодичність), температура (величина та періодичність), сила тяжіння, газовий склад, магнітне поле, вологість, поживні речовини (мінеральні та органічні) і механічне діяння (наприклад, вітер).

Світло чинить суттєвий вплив на ріст рослини, однак, більшість з них хоч і не довго, але можуть рости у темряві. При цьому у них з'являється цілий ряд морфологічних особливостей, що відрізняють їх від рослин, які виростили на світлі. Такі рослини називають етіологованими. У них видовжені міжвузля, листові пластинки недорозвинуті, слабо розвинуті механічні тканини та продихи.

Рослини позбавлені хлорофілу і мають блідо-зелений колір за присутності каротиноїдів.

Існує погляд, що світло пригнічує ріст рослини взагалі. В дійсності він обмежує тільки фазу розтягу клітин та прискорює перехід їх до диференціації. Відомо, що світло є необхідним фактором для біосинтезу рослиною біополімерів та інших органічних речовин, складаючих матеріальну основу, без якої неможливе новоутворення структур клітини та збільшення маси рослинного організму.

Формоутворюючі процеси в рослинах відбуваються під впливом визначних променів – синіх та фіолетових.

При червоному світлі рослини набувають вид етіологованих, хоч можуть цвісти та плодоносити. Особливо діє на рослину ультрафіолетове світло. Рослини, які виростили на яскравому освітленні, набувають ксероморфну структуру.

Як і інші процеси ріст рослин залежить від температури. Кожен вид може рости тільки за певних температурних умов. Нижня межа (мінімальна температура) для більшості наших широт дещо вища за 0°C , а для тропічних – близько 10°C , верхня межа досягає $30-35^{\circ}\text{C}$, а для деяких нижчих рослин, які живуть в гарячих водних джерелах, 70°C . Одна і та ж рослина реагує на різну температуру неоднаково. Існують кардинальні точки температур: мінімум, оптимум та максимум.

Температура, оптимальна для ростових процесів, може бути несприятливою для розвитку організму. Відповідно цього відрізняють такі поняття, як „фізіологічний оптимум” і „гармонійний оптимум”. Під першим розуміють умови, які сприяють найсильнішому росту, а під другим – умови, які забезпечують гармонійний та пропорціональний розвиток структури і властивостей рослин. Отже, гармонійний оптимум – це такі температури, які благотворні і для росту, і для розвитку рослин.

Процес росту клітин рослин розтягом здійснюється шляхом вакуолізації за надходженням води в клітини. Тому недостатнє постачання клітин водою затримує ріст. Корені здібні рости тільки в достатньо вологому ґрунті. Надземні частини рослин завжди знаходяться в більш сухому повітрі з вологістю 50-70 %. Від втрати води тканини наземних органів захищені кутикулярно-епідермальним шаром. Тому у мезофілі листів пружність водяної пари звичайно не буває нижче 98-99% відносної вологості. За тривалою нестачею води в тканинах фаза розтягу закінчується швидше, що приводить до скорочення стебла і кореня, до зменшення розмірів листків, до їх дрібноклітинності. Нестача води до початку та в період стеблуння злаків особливо гостро знижує врожай.

Для росту рослин необхідна присутність кисню. Але ж короткотермінове зниження на половину його вмісту суттєво не впливає на ріст рослин. Навіть в умовах довгої нестачі кисню в зоні коренів при затопленні ріст продовжується, хоч і повільніше. Це зв'язано з включенням адапційних механізмів, дозволяючих використовувати кисень нітратів, повітряносних тканин і т.д.

Збиток CO_2 в атмосферному повітрі приводить до збільшення розтягу клітинних стінок та короткотерміновому посиленню росту тканин. Відомо, що вплив CO_2 на ріст рослини застосований на здібності знижувати рН клітинних стінок і таким чином індукувати ріст клітин.

На рості рослин благотворно позначається високий вміст у ґрунті мінеральних елементів, особливо азоту. Однак, сприяючі швидкому росту високі концентрації азоту затримують процеси диференціювання, частково при закладці квітів. Високий мінеральний фон приводить до зростання вегетативних органів і необхідний при нарощуванні зеленої маси кормових рослин. Але ж надмірні добрива знижують врожай плодів та зерна.

8.3. Вплив екологічних факторів на інтенсивність фотосинтезу

Рослини, знаходячись в одних і тих же умовах довкілля, проявляють на різних етапах свого розвитку неоднакову інтенсивність асиміляційного процесу. У більшості рослин вона зростає поступово від початку розвитку до фази бутонізація – цвітіння, коли досягає свого максимуму, а потім починає убувати. Це, очевидно, пов'язане з тим, що у період цвітіння та формування плодів відбувається підсилений рух асимілятів із листя до органів відтворення - плодів, що у свою чергу, сприяє інтенсивності, як результат загального старіння та послаблення рослинного організму.

У різних рослин спостерігається значна різниця у процесі приросту органічної речовини. Наприклад, скороспілі рослини з коротким вегетаційним періодом раніше переходить до стеблуння та плодоношення, тому вони менш урожайні, ніж пізноспілі. Ось чому в північних районах вигідніше сіяти скороспілі сорти, а в південних – пізноспілі.

Інтенсивність фотосинтезу визначається тими факторами, які відіграють у ньому основну роль: інтенсивністю світла, температурою, концентрацією вуглекислоти.

Температура відіграє помітну роль в інтенсивності фотосинтезу. Якби фотосинтез був тільки фотохімічною реакцією, то температура не впливала б на його інтенсивність, таму що фотохімічні реакції протікають незалежно від температури. Швидкість же хімічних реакцій, згідно з правилом Вант-Гоффа, зростає у 2-3 рази при збільшенні температури на кожні 10°C. Рослини підпорядковуються цьому правилу тільки у певних межах, між 0°C та 30-35°C, оскільки жива протоплазма є системою нестійкою і погано переносить підвищення температури більше 30-35°C.

При подальшому підвищенні температури, прискорення процесів затримується, а потім відбувається швидке падіння, при температурі 40-50°C процес фотосинтезу припиняється.

Більшість рослин мають найбільшу інтенсивність процесу при температурі між 20-28°C. Вгору і донизу від цієї межі інтенсивність фотосинтезу зменшується. Однак є винятки із цього правила. Так бурі та червоні водорості північних морів мають оптимум, який лежить при 7-8°C. З підвищенням температури у них дуже зростає дихання і падає фотосинтез. У літературі є спірні дані про фотосинтез морозостійких рослин, який протікає ніби-то при температурі – 5°C (С.І. Лебедев), інші автори (Л.А. Іванова, П.А. Генкель, Л.С. Литвинов) заперечують це.

Вуглекислий газ є вихідним матеріалом для фотосинтезу, тому його концентрація має велике значення для цього процесу. Зазвичай вміст його в повітрі складає 0,03%. Якщо концентрація вуглекислого газу буде зростати до 0,2%, інтенсивність фотосинтезу різко зростає (врожай плодів збільшується майже вдвічі). З ростом концентрації вуглекислого газу до 10-25% фотосинтез росте повільно. При концентрації цього газу 70-75% відбувається різке падіння фотосинтезу, пластиди втрачають працездатність. Вміст вуглекислого газу у повітрі на рівні 0,03% не є оптимальним, а лише мінімальним. Тому підвищення його вмісту в повітрі є дуже вигідним для рослин.

Вуглекислий газ є важким газом і значна його кількість знаходиться ближче до ґрунту. Тому велике дерево і маленька травинка перебувають в неоднакових умовах постачання вуглекислим газом. Під шатром лісу, у поверхні ґрунту, вміст CO_2 може досягнути 0,08%. Цим тіньовитривалі рослини як би компенсують нестачу світла. Вони відрізняються великим вмістом хлорофілу, листки їх пристосовані до дифузного світла і не мають палісадної паренхіми.

Інтенсивність фотосинтезу збільшується при наявності смоктальної сили в клітині. Зменшення вмісту води викликає цілий ряд біохімічних реакцій в рослині, що природно, позначається на протіканні фотосинтезу. При незначній втраті води, як це встановила В.Н. Брилліант, відбувається деяке збільшення інтенсивності фотосинтезу. Це явище одержало назву „феномен Брилліант”. Подальше обезводнення позначається вже несприятливо на процесі фотосинтезу. Справа в тому, що при 100% оводненості клітин смоктальна сила зникає, щоб

вона виникла необхідна незначна втрата води. Оптимальний ступінь насичення клітини водою становить 90-85%.

Фотосинтез є основним процесом, при якому утворюються сухі органічні речовини рослин. Залежність між фотосинтезом і врожаєм непроста. Л.А. Іванов запропонував таке рівняння, яке характеризує відношення між інтенсивністю фотосинтезу та накопиченням сухої маси рослиною (біологічним врожаєм), у яких гальмування фотосинтезу починається при вмісті його біля 5%. Підвищення концентрації CO₂ чинить інгибіруючий вплив у силу різних причин (наприклад, закриття продихів). В природних умовах вміст CO₂ в повітрі такий малий, що може обмежувати зростання процесу фотосинтезу. Треба врахувати, що у денні часи вміст диоксиду вуглецю у повітрі навколо рослин знижується. У зв'язку із сказаним підвищення вмісту вуглекислого газу у повітрі являється одним із важливих способів підвищення інтенсивності фотосинтезу і, як слідство, накопичення сухої речовини рослиною. Однак, у польових умовах регулювання вмісту CO₂ утруднюється. Частково цього можна досягнути за допомогою поверхневого внесення гною або других органічних добрив. При цьому посилюється діяльність мікроорганізмів у ґрунті і збільшується вміст вуглекислого газу; одним із резервів підвищення інтенсивності фотосинтезу являється полив рослин водою, збагаченою вуглекислим газом.

Треба врахувати, що фотосинтез здійснюється лише у зелених клітинах, а дихання – в усіх без винятку клітинах. Термін фотосинтезу також менший терміну дихання. Для того, щоб накопичити суху речовину, інтенсивність фотосинтезу повинна бути в десять разів більша від інтенсивності дихання. Не вся утворена суха речовина накопичується. Частина її витрачається у процесі дихання, частина розходить при опаданні окремих органів. Ці втрати складають 25-30%.

В агрономічній практиці важливим є не біологічний, а господарський врожай. Це доля корисного продукту, заради якого вирощують рослини (зерно,

коренеплоди, волокно і т.д.). Господарський врожай складає визначну частку біологічного врожаю.

Для одержання максимального приросту сухої маси рослин необхідно домагатися швидкого розвитку листової поверхні на початку вегетаційного періоду, але надмірний розвиток листя небажаний (бо лист – не тільки орган фотосинтезу, але ж і орган транспірації). За даними В.М. Ничипоровича оптимальна загальна площа листя повинна бути рівною 30 тис. м²/га. Доказано, що величина врожаю в значній мірі залежить від оптимальної структури посівів. Оптимальна структура посівів – це такий посів, який має високий ККД фотосинтезу і забезпечує максимальний біологічний та господарський врожай.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1. Проведено аналіз літературних джерел про методи керування роботою світлодіодів та установок світлодіодного освітлення.
2. Дано аналіз способів регулювання світлового потоку світлодіодних світлових приладів та освітлювальних установок на їх основі.
3. Розроблено установку, яка дозволяє вимірювати світлові та енергетичні характеристики напівпровідникових джерел в імпульсному режимі роботи. Дана установка дає можливість визначення світлового потоку при різних коефіцієнтах заповнення та при різних частотах слідування імпульсів.
4. Для зменшення температури кристалу і продовження терміну експлуатації світлодіода, доцільно використовувати широтно-імпульсний метод регулювання потужності. Для забезпечення відповідних теплових режимів здійснюють вибір частоти слідування імпульсів та коефіцієнту заповнення. Для зменшення температури при стабільному коефіцієнті заповнення, зменшують частоту подачі імпульсів.
5. Зроблено детальний аналіз системи автоматизованого управління СД освітлювальними установками для зовнішнього освітлення (ІСУво).
6. Приведено переваги і недоліки цифрових систем керування ОУ. Розглянуто протоколи управління світловими приладами на основі світлодіодів.
7. Запропоновано систему керування внутрібудинковим освітленням на базі інтерфейсу DALI. Розглянуто можливість її практичного впровадження.
8. Зроблено техніко-економічний розрахунок науково-дослідного проекту систем керування освітлювальною установкою на основі світлодіодних джерел світла.
9. Описано методи та засоби з охороною праці в електротехнічній галузі та розглянуто проблеми екології навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дадиомов М. С. Управление осветительными сетями / М. С. Дадиомов. – М. : Энергия, 1973. – 88 с.
2. Райцельский Л.А. Справочник по осветительным сетям / Л. А. Райцельский. – М. : Энергия, 1977. – 288 с.
3. Шуберт Ф.Е. Светодиоды / Ф. Е. Шуберт. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 488 с.
4. Гололобов В. Н. «Умный дом» своими руками / В. Н. Гололобов. – М. : 2006. – 414 с.
5. Давиденко Ю. Н. Современная схемотехника в освещении. Эффективное электропитание люминесцентных, галогенных ламп, светодиодов, элементов Умного дома / Ю. Н. Давиденко. – : Наука и Техника, 2008. – 309 с.
6. Іофе К.І., Черкашина О.Л. Системи керування світлотехнічними пристроями /К. І. Іоффе, О. Л. Черкашина; – Харків: ХНУМГ ім.О.М.Бекетова, 2018. – 57 с.
7. Ву Т. З. Анализ систем автоматизированного управления умным домом / Т. З. Ву // Молодой ученый : науч. журнал. – Херсон : Изд. дом «Гельветика», 2011. – № 4. – Т. 1. – С. 28–31.
8. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Знак, 2006. – 972 с.
9. Правила улаштування електроустановок: ПУЕ. Розділ 6. Електричне освітлення: Міненерговугілля України: [Затв. 22.08.14]. – Київ: Міненерговугілля України, 2014.
10. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5 – 28 – 2006: Держбуд України: [Затв. 15.05.06: чинний з 1.10.2006.] – Київ.: Держ. комітет України з будівництва та архітектури, 2006. – 76 с.
11. Справочник «Светодиодное освещение». Принципы работы, преимущества и области применения. [Электронный ресурс]. Джонатан Вейнерт. Компания Philips. – Режим доступа : www.lighting.philips.com.

12. Говоров П.П. Освітлювальні електричні системи та мережі / П.П. Говоров, В.О. Перепечений, В.П. Говоров // ХНАМГ. – Харків: 2009. – 227с.

13. Власов К.П. Теория автоматического управления / К.П. Власов – Харьков : Изд-во Гуманитарный центр, 2007. – 526 с.

14. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування: підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук – [2-ге вид., перероб. і доп.]. – Київ. : Либідь, 2007. – 656 с.