

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук і технологій

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка системи світлодіодного освітлення теплиці

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи КНТ-510сп

Спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Комп'ютерна інженерія»

ГУРТОВЕНКО А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник ГРУШКО С.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент САМОЙЛИК С.С.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет інформатики та радіоелектроніки, комп'ютерних наук і технологій
 Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) бакалаврський
 Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Комп'ютерна інженерія
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Кудерметов Р.К.

“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

ГУРТОВЕНКО Ангеліні Віталіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка системи світлодіодного освітлення теплиці

керівник проекту (роботи) ГРУШКО Світлана Сергіївна, к. т. н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» березня 2023 року № 71

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 20 травня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) змінюване освітлення, дистанційне керування, можливість розширення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз технічного завдання

2) Аналіз технічного забезпечення систем освітлення

3) Розробка автоматизованої системи керування

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

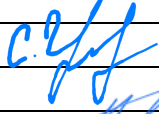
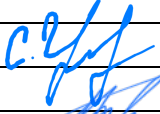
Пл1 - Структурна схема підключення пристроїв;

Пл2 - Структурна схема системи;

Пл3 - Структурна схема контролера DALI;

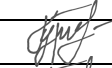
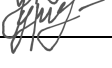
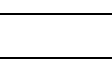
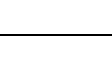
Пл4 - Підбір компонентів системи.

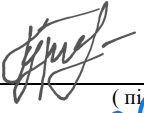
6. Консультанти розділів проекту (роботи)

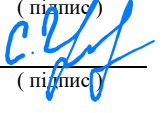
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	ГРУШКО С.С., к. т. н., доцент		
Нормоконтроль	ЩЕРБАК Н.В., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання 01.03.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз технічного завдання. Огляд сучасних рішень	01.03.2023 р.	
2	Розробка структури системи	15.03.2023 р.	
3	Розробка алгоритму роботи системи	20.03.2023 р.	
4	Реалізація проекту	01.04.2023 р.	
5	Дослідження роботи системи	10.04.2023 р.	
6	Оформлення отриманих результатів у ПЗ	15.04.2023 р.	
7	Оформлення графічного матеріалу	01.05.2023 р.	
8	Оформлення допоміжного матеріалу	20.05.2023 р.	

Студент  Ангеліна ГУРТОВЕНКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник проекту (роботи)  Світлана ГРУШКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 68 с., 21 рис., 2 табл., 1 додаток, 15 джерел.

DALI, ІНТЕРФЕЙС, ДАТЧИК ОСВІТЛЕННЯ, ОСВІТЛЕННЯ

Об'єкт розробки – система світлодіодного освітлення теплиці.

Мета роботи – вивчення механізмів, технологій та розробка системи світлодіодного освітлення теплиці.

В дипломній роботі проведено дослідження області застосувань автоматичних систем керування в системах освітлення вулиць, будинків, промислових об'єктів, а також в тваринництві і рослинництві. Проведений аналіз технічного забезпечення систем освітлення. Розглянуті різні види ламп, які можуть застосовуватися у таких системах а також методи регулювання автоматичних систем керування. Детально розглядається проектування системи освітлення теплиці із використанням інтерфейсу DALI. Наведено аналіз контролерів DALI. Виконана розробка структурної схеми і підбір компонентів для реалізації розроблюваної системи.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ.....	8
1 Аналіз технічного завдання.....	9
1.1 Області застосування автоматичних систем керування	9
1.1.1 Освітлення вулиць, будинків, промислових об'єктів	10
1.1.2 Тваринництво	12
1.1.3 Рослинництво.....	16
2 Аналіз технічного забезпечення систем освітлення.....	22
2.1 Лампи розжарювання.....	22
2.2 Газорозрядні лампи	25
2.3 Світлодіодні лампи	28
2.4 Методи регулювання автоматичних систем керування.....	31
2.4.1 Аналогове управління 0 - 10 В.....	31
2.4.2 DMX512.....	33
2.4.3 Широтно-імпульсна модуляція (ШИМ).....	34
2.4.4 DALI	35
2.5 Приклади існуючих контролерів управління автоматичними системами освітлення.....	37
2.5.1 Програмований контролер освітлення LDALI-PLC4 від LOYTEC	37
2.5.2 Контролер DALI-Logic-PS-x4 (230В, Ethernet)	41
2.5.3 DALI-Logic-x4 (230В, Ethernet)	43
3 Розробка автоматизованої системи керування.....	45
3.1 Розробка структурної схеми системи.....	45
3.2 Підбір компонентів системи	48
3.2.1 Вибір периферії	48
3.2.2 Підбір компонентів контролера DALI	52

	6
3.2 Програмне забезпечення.....	59
Висновки	60
Перелік джерел посилання	61
Додаток А.....	63

Перелік графічного матеріалу

Пл1 - Структурна схема підключення пристроїв;

Пл2 - Структурна схема системи;

Пл3 - Структурна схема контролера DALI;

Пл4 - Підбір компонентів системи.

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗУО	Автоматичне управління освітленням
ККД	Коефіцієнт корисної дії
ЛЛ	Люмінесцентні лампи
ГРЛВТ	Газорозрядні лампи високого тиску
ГРЛНТ	Газорозрядні лампи низького тиску
ПРА	Пускорегулюючої апаратури
ESTA	Entertainment Services & Technology Association
ANSI	American National Standards Institute
ШИМ	Широтно-імпульсна модуляція
WAN	Wide Area Network
RSTP	Rapid Spanning Tree Protocol

ВСТУП

Багато світлолюбних культур (овочі, ягоди, розсади, квіти), що вирощуються в теплицях цілорічного або зимового використання не дадуть хорошого врожаю без правильного освітлення. Сучасні системи освітлення дедалі більше виконуються на світлодіодах, т.к. в порівнянні з газорозрядними лампами і лампами розжарювання, вони економічніші, довговічніші і дозволяють регулювати спектр і інтенсивність освітленості в широкому діапазоні.

Більшість систем тепличного освітлення обмежуються регулюванням інтенсивності освітлення, заснованої на циклі "день-ніч" або на вимірі природного освітлення, без урахування спектру, який також важливий для рослин.

Спектр сонячного світла складається з електромагнітних хвиль, що мають певну довжину. При цьому кожній довжині хвилі відповідає свій колір: від фіолетового до червоного. Дослідження вчених довели, що для рослин найважливіше випромінювання оранжевого та червоного (590-720 нанометрів), а також синього кольору (400-470 нм).

Важливу роль при вирощуванні рослин грає показник освітленості (PAR) у мікромольх. Максимальна освітленість спостерігається у безхмарні літні дні, становлячи приблизно 2000 мікромол на квадратний метр.

Актуальність роботи полягає в тому, що розроблювана система освітлення повинна збільшити ефективність вирощування культур, дозволить ефективніше вирощувати їх завдяки дотриманню балансу спектра освітлення, необхідного для конкретної культури, що вирощується.

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Області застосування автоматичних систем керування

Витрата електроенергії на цілі освітлення може бути помітно знижено досягненням оптимальної роботи освітлювальної установки в кожний момент часу.

Досягти найповнішого і точного обліку наявності денного світла, як і обліку присутності людей у приміщенні, можна, застосовуючи засоби автоматичного управління освітленням (ЗУО). Управління освітлювальним навантаженням здійснюється при цьому двома основними способами: відключенням всіх або частини світильників (дискретне керування) та плавною зміною потужності світильників (однаковим для всіх або індивідуальним).

До систем дискретного управління освітленням насамперед відносяться різні фотореле (фотоавтомати) та таймери. Принцип дії перших заснований на включенні та відключенні навантаження сигналів датчика зовнішньої природної освітленості.

Другі здійснюють комутацію освітлювального навантаження залежно від часу доби за попередньо закладеною програмою.

До систем дискретного керування освітленням належать також автомати, оснащені датчиками присутності. Вони відключають світильники в приміщенні через заданий проміжок часу після того, як з нього видаляється остання людина. Це найбільш економічний вид систем дискретного керування, проте до побічних ефектів їх використання відноситься можливе скорочення терміну служби ламп за рахунок часті включення і вимкнення.

Останнім часом багатьма зарубіжними фірмами освоєно виробництво устаткування автоматизації управління внутрішнім освітленням. Сучасні системи управління освітленням поєднують у собі значні можливості економії електроенергії з максимальною зручністю для користувачів.

1.1.1 Освітлення вулиць, будинків, промислових об'єктів

Автоматизовані системи управління освітленням, призначені для використання в громадських будинках, виконують такі типові для цього виду виробів функції:

- точне підтримання штучної освітленості у приміщенні на заданому рівні. Досягається це введенням у систему управління освітленням фотоелемента, що знаходиться всередині приміщення і контролює освітленість, що створюється освітлювальною установкою. Вже тільки одна ця функція дозволяє заощаджувати енергію за рахунок відсічення так званого "надлишку освітленості";

- облік природного освітлення у приміщенні. Незважаючи на наявність у переважній більшості приміщень природного освітлення у світлий час доби, потужність освітлювальної установки розраховується без урахування. Якщо підтримувати освітленість, створювану спільно освітлювальною установкою та природним освітленням, на заданому рівні, то можна ще більше знизити потужність освітлювальної установки в кожний момент часу. У певний час року та години доби можливе навіть використання одного природного освітлення. Ця функція може здійснюватися тим самим фотоелементом, що й у попередньому випадку, за умови, що він відстежує повне (природне + штучне) освітлення. При цьому економія енергії може становити 20 – 40%;

- облік часу доби та дня тижня. Додаткова економія енергії у освітленні може бути досягнута відключенням освітлювальної установки у певні години доби, а також у вихідні та святкові дні. Цей захід дозволяє ефективно боротися із забудькуватістю людей, які не відключають освітлення на робочих місцях перед тим, як піти. Для її реалізації автоматизована система управління освітленням повинна бути обладнана власним годинником реального часу;

- облік присутності людей у приміщенні. При обладнанні системи керування освітленням датчиком присутності можна вмикати та відключати світильники залежно від того, чи є люди у цьому приміщенні. Ця функція дозволяє витратити енергію найоптимальніше, проте її застосування виправдане далеко не у всіх

приміщеннях. В окремих випадках вона може навіть скорочувати термін служби освітлювального обладнання та справляти неприємне враження під час роботи.

Якщо для внутрішнього освітлення більш актуально вимкнути світло (включення, як ми вже відзначали, — це природна потреба: людина, що увійшла до приміщення, сама клацне вимикачем), то для зовнішнього не менш важливим завданням є автоматичне включення освітлення. Якщо основною умовою (фактором) включення освітлення у приміщенні є присутність у ньому людей, то для зовнішнього освітлення такий фактор — це час доби та рівень природного освітлення. Ще одна відмінність — кількісна: якщо всередині приміщення автоматичний пристрій, наприклад датчик руху, управляє, як правило, однією, рідше кількома лампами, потужністю десятки ват, то в системах зовнішнього освітлення це можуть бути каскади світильників, потужність яких вимірюється кіловатами. Висвітлення вулиць та підсвічування будівель — одна з найвитратніших статей міського бюджету на електроенергію. У свою чергу скорочення часу роботи самих ламп (майже в 2 рази) дає приблизно таке ж збільшення їх терміну служби, що зменшує витрати на експлуатацію (заміну відпрацьованих ламп) та транспорт. Але це ще не все. Міста ростуть. З'являються нові житлові райони та промислові зони, які треба висвітлювати, а це потребує додаткових потужностей. Ними можуть "поділитися" старі райони за рахунок зниження в них електроспоживання на зовнішнє освітлення, що частково компенсує витрати на введення нових енергопотужностей. Автоматизація зовнішнього освітлення є ефективним інструментом енергозбереження. Автоматичне керування освітленням — один з найефективніших та найдоступніших способів отримання реальної економії електроенергії.



Рисунок 1.1 - Застосування автоматичного вуличного освітлення

1.1.2 Тваринництво

Світло – один із необхідних та важливих параметрів мікроклімату тваринницьких приміщень. Будь-який технологічний процес сільськогосподарського виробництва нерозривно пов'язаний із життєдіяльністю тварин, тому необхідно створити для тварин комфортну обстановку для життя в умовах ферми. Головною проблемою молочних ферм є відсутність достатнього природного висвітлення. Вирішити цю проблему досить легко, використовуючи освітлювальні установки штучного світла. Від рівня освітленості, спектрального складу випромінювання, насамперед, залежить розвиток та зростання тварин, їх здоров'я, продуктивність, витрата кормів, а також якість продукції. Під дією світла посилюється обмін речовин, окислювальні реакції та стимулюються функції ендокринної системи, що підвищує стійкість організму до хвороб.

У сільському господарстві застосовується досить широкий діапазон оптичного випромінювання – ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне. Енергію у вигляді випромінювання використовують для освітлення тваринницьких приміщень, а за допомогою інфрачервоних ламп обігрівають молодняк віком до 60 днів.

Видима частина спектру розташовується в межах від 380 до 780 нм і має здатність викликати подразнення зорового апарату. Варто відзначити, що око має різну чутливість до різних діапазонів видимого діапазону.

У процесі пристосування до зовнішніх факторів, що впливають на чергування світла та темряви (дня та ночі) у тварин спостерігаються рівномірні зміни процесів життєдіяльності, назва яких є фотоперіодизмом. Виникнення статевих рефлексів, потреба відтворення потомства, цілорічна зміна вовни, жировиділення, 19 обмін речовин, кількість молока, що виділяється, ендокринна функція здійснюються і регулюються у тварин світловим режимом. Переважно процес розмноження нерозривно пов'язаний зі світловим режимом. Тварин можна поділити на короткоденні, довгоденні та проміжні. Корови відносяться до довгоденних тварин, їхня статева активність найбільш виражена у весняні місяці, коли довгота дня збільшується.

Фотоперіодизм є джерелом збільшення маси гіпофізу, що підвищує секреторну діяльність базофільних клітин гіпофіза. Через відсутність або брак світла в приміщенні, а також при постійній освітленості 100 лк і більше має місце недорозвинення, як гіпофіза, так і епіфіза; знижується їх маса, гормональна активність і слабшає функція ендокринної системи в цілому.

Варто приділити особливу увагу ефекту впливу світла на продуктивність тварин. На продуктивність впливають інтенсивність, періодичність та тривалість випромінювання, а також головний фактор – спектральний склад випромінювання.

Деякі частини спектра випромінювань по-різному впливають на нервову систему тварин. Найбільша збудливість проявляється при освітленні червоними променями, найменша при фіолетовому та синьому. Зелена та жовта частина видимого спектру не надає визначального впливу на поведінку тварин. Через вплив інтенсивного та тривалого освітлення підвищується тонус нервово-м'язового апарату, в результаті збільшується рухова активність, у свою чергу, нестача світла в приміщенні пригнічує активність, веде до скорочення обміну речовин, тварини рухаються менше та відпочивають більше.

Під впливом світла налагоджується обмін речовин, у організмі тварин, це необхідним процесом і, безумовно, обов'язковою умовою правильної функціональності організму. Відповідно, оптимізоване освітлення є необхідною вимогою для профілактики та лікування цілого ряду захворювань сільськогосподарських тварин, тоді як недостатня освітленість створює передумови виникнення у них анемії, остеомалачії та інших хвороб.

Якщо освітлення тривале і інтенсивне, це головна стимулююча дія, що впливає білковий обмін. Синтез білка порушується, коли тварин утримують в умовах низького освітлення (менше 150 лк) протягом тривалого часу.

Корови, що містяться при освітленості 100-150 лк, у всі сезони року мали загальну кількість білка в крові на 3-6,6% більше, ніж корови, що утримуються при освітленості 50-100 лк за рахунок збільшення глобулінів.

Варто зазначити, що газообмін в організмі тварин зазнає змін залежно від інтенсивності, тривалості освітлення та спектрального складу світла. При збільшенні штучної освітленості в приміщенні від 15-20 до 100-120 лк, у корів зростає споживання кисню на 11-26%, виділення вуглекислого газу збільшується на 26,2-34,1%, а утворення тепла на 1 кг маси тіла тварини підвищується на 16-22%. При низькому рівні освітленості та короткому світловому дні знижуються обмін кисню та вуглекислого газу, це веде до стрімкого зниження окисних процесів в організмі тварин.

За результатами досліджень Л.І. Тихомирової виявлено, що корови, що знаходяться при інтенсивності освітлення 50 - 100 лк при шістнадцятигодинному світловому дні, не тільки підвищується їх репродуктивність, резистивність організму, а й знижується захворюваність у телят.

Правильно підібрані режими світла і темряви значно впливають на якість життя курок, їхній гарний розвиток і несучість.

Світло в курнику – важлива складова зростання птахів, їх комфортного життя та фізіологічного розвитку. Грамотно побудована система ілюмінації дозволяє досягти високої продуктивності вирощування та, як наслідок, значної

економічної вигоди. Від сумлінно спланованої та правильно сконструйованої програми освітлення залежать такі показники:

- кількість яєць, що відкладаються, їх розмір, вага і щільність шкаралупи;
- ефективний режим зростання та розвитку курей;
- виживання курчат;
- швидкість статевого дозрівання птиці;
- тривалість періоду несучості;
- кількість споживаного корму та його засвоюваність;
- запліднення яєць;
- ймовірність травматизму серед птахів;
- ефективність енерговитрат.

Інтенсивність освітлення є одним із головних факторів при розведенні птиці. Курчата, що недавно вилупилися, потребують світла, яскравістю не менше 30-40 лк. У міру того, як вони будуть додавати у зростанні та вазі, приблизно з третього тижня життя особин, інтенсивність горіння ламп можна поступово знижувати до 5-7 лк. і залишити такий до кінця зростання. Дорослий птах найкраще забезпечити світлом в 10 лк., але при вирощуванні сімейства з півнем, необхідно забезпечити курнику яскравість в 15 лк.

Різке включення та вимикання ламп змушує птахів лякатися, тому система освітлення повинна забезпечувати плавні переходи від світла до півночі та навпаки. Це правило особливо актуально для порід, яких розводять для отримання яєць.

Постійне світло в курнику також шкідливий для його мешканців, тому з третього дня життя курчат слід привчати до темряви. Якщо цього не робити, у разі раптового відключення електроенергії кури можуть у паніці затоптати один одного.

Тривалість світлового дня прямо впливає на швидкість статевого дозрівання птиці. Досвід показує, що 10-14 годин безперервного щоденного висвітлення прискорює період дозрівання курки.

Зниження тривалості природного освітлення в осінні та зимові місяці призводить до того, що всі процеси в організмі курей уповільнюються, погіршується їх несучість. виправити ситуацію допоможе штучне збільшення

світлового дня за допомогою електричних ламп. Продовживши час освітлення курника до 12-13 годин щодня, можна збільшити темпи відкладання яєць на 30%.

Поступове забезпечення пташника додатковим світлом починають, як правило, із середини листопада, після того, як у птахів остаточно закінчиться період линяння. Для цього приблизно о 6 годині ранку кожен день у курнику запалюють лампу потужністю до 60 Вт, а з приходом світанку її гасять. Після настання сутінків і до 8 години вечора роблять те ж саме. Для забезпечення плавного переходу від світла до темряви використовують кілька ламп, що вмикаються та вимикаються по черзі.



Рисунок 1.2 - Застосування автоматичного освітлення в курнику

1.1.3 Рослинництво

Відомо, що денний білий світло складається з хвиль різної довжини, що в сукупності складають видимий спектр. Він обмежений довжинами хвиль від 380 нм (фіолетовий) до 780 (червоний). У житті рослин найважливіше значення має фізіологічно активна та фотосинтетична активна радіація. Найважливіші промені для рослин – оранжеві (620-595 нм) та червоні (720-600 нм). Ці промені постачають

енергію для процесу фотосинтезу, а також відповідають за процеси, що впливають на швидкість розвитку рослини. Наприклад, пігменти з піком чутливості у червоній області спектру відповідають за розвиток кореневої системи, дозрівання плодів, цвітіння рослин. Так, наприклад, дуже велика кількість червоних та оранжевих променів можуть затримати цвітіння рослини.

Також у фотосинтезі безпосередню участь беруть і сині, а також фіолетові промені (490-380 нм). Крім того, до їх функцій входить стимулювання утворення білків та регулювання швидкості росту рослини. Ті рослини, які ростуть у природних умовах короткого дня, швидше зацвітають саме під впливом цих променів.

Пігменти з піком поглинання у синій області відповідають за розвиток листя, зростання рослини тощо. Рослини, що вирости з недостатньою кількістю синього світла, наприклад, під лампою розжарювання, вищі - вони тягнуться вгору, щоб отримати більше "синього світла". Пігмент, який відповідає за орієнтацію рослини до світла, також чутливий до синіх променів.

Промені, які мають довгу хвилю (315-380 нм), не дозволяють рослині надмірно витягуватися і відповідають за синтез ряду вітамінів. У той же час ультрафіолетові промені, що мають довжину хвилі 280-315 нм, можуть збільшувати холодостійкість рослин.

Таким чином, життєво важливими для розвитку рослин не є лише жовті та зелені промені (565-490 нм).

Отже, при організації штучного освітлення рослин необхідно насамперед враховувати їхню потребу в особливому спектрі світла.

Однією з основних умов існування всіх рослин є світло. Адже тільки на світлі у листі в результаті фотосинтезу утворюються складні органічні речовини, необхідні для зростання та розвитку живого організму. Для утворення органічних речовин (цукору та крохмалю) з вуглекислого газу та води потрібна енергія, і хлоропласти отримують її у вигляді енергії сонячного променя.

При надлишку світла хлорофіл частково руйнується, і колір листя стає жовто-зеленим. На сильному світлі зростання рослин уповільнюється, вони

виходять більш присадкуватими з короткими міжвузлями і широким коротким листям.

Поява бронзово-жовтого забарвлення листя вказує на значний надлишок світла, що шкідливий рослинам. Якщо терміново не вжити відповідних заходів, може виникнути опік.

У зеленому листі відбувається процес дихання, тобто окислення органічної речовини, що утворився при фотосинтезі. Він відбувається цілодобово, фотосинтез же – лише вдень на світлі, але набагато інтенсивніший, ніж подих. Окисляючись, органічна речовина, виділяє ту енергію, яку вона одержала від сонячного світла в останній момент свого формування. Ця енергія використовується рослиною для зростання, розвитку та інших процесів життєдіяльності.

Таким чином, енергія, поглинена рослиною при фотосинтезі, не зникає, а лише переходить з однієї форми до іншої: світлова – у хімічну, хімічна – у механічну чи теплову. Так у житті рослини здійснюється один із законів природи – закон збереження енергії.

Зелений лист – джерело життя на планеті. Хлоропласти листа – це єдина у світі лабораторія, в якій із простих неорганічних речовин – води та вуглекислого газу створюються за допомогою енергії сонячного променя складні органічні речовини – цукор та крохмаль.

Кожна культура має свої специфічні вимоги до освітлення. Вони змінюються протягом життя рослини. Всі городні посадки різного ступеня світлолюбні. Найбільш світлолюбні пасльонові, причому перець і баклажан більш світлолюбні, ніж томат - скидають усі бутони при нестачі світла. Томати сорту «Черрі» є одними з найтініших. Огірки, салати, петрушка, цибуля, капуста здатні зазнати тимчасової відсутності освітлення, а кріп не здатний. Загальний принцип полягає в тому, що всі рослини, що вирощуються для квітів і плодів - більш світлолюбні, ніж ті, що вирощуються заради їстівного листя.

Як і всі живі організми, рослини мають здатність адаптуватися до умов, що змінюються. Ця здатність різна у різних видів. Є рослини, що досить легко пристосовуються до достатнього або надмірного світла, але зустрічаються і такі,

які добре розвиваються тільки при певних параметрах освітленості. В результаті адаптації рослини до зниженої освітленості дещо змінюється її вигляд. Листя стає темно-зеленим і трохи збільшується в розмірах (лінійне листя подовжується і стає вуже), починається витягування міжвузлів стебла, який при цьому втрачає свою міцність. Потім їхнє зростання поступово зменшується, т.я. різко знижується виробництво продуктів фотосинтезу, що йдуть на будову тіла рослини. При нестачі світла багато рослин перестають цвісти.

Вирощувані культури мають таку характеристику, як фотоперіодичність. Суть даної характеристики полягає в тому, що для переходу до цвітіння та утворення плодів культурам, що вирощуються, необхідна певна тривалість світлого часу доби.

«Рослинам довгого дня» для переходу до цвітіння потрібно, щоб світло було більше дванадцятої години на добу, рослинам короткого дня – менше дванадцяти. Існують і рослини, що займають проміжне положення, цвітіння яких практично не реагує зміну режимів освітлення.

Гарбузовим, пасльоновим потрібен короткий день. Капуста, коренеплоди зацвітають за довгого дня. У деяких рослин досить специфічні вимоги до освітлення, наприклад, *Callistephus sinensis* (астра китайська), яка зацвітає, коли ряд довгих днів чергується з рядом коротких. Загальне правило таке - тропічні рослини належать до групи короткого дня, північні - довгоденні.

При цьому вкрай важлива кількість світла, що отримується рослинами, де принципово не тільки його кількість, але і якість, а саме спектр його випромінювання. Важливий також період, що поєднує освітленість і затемнення.

Але навіть рослини короткого дня припиняють зростання, якщо світлий період доби менший за десять годин. Тому якщо вони не ростуть, не зацвітають, а розсада витягується, доведеться передбачити можливість штучного досвітлення. Однак несприятливо позначається на рослинах і цілодобова подача освітлення. Найважче при цьому - вибрати лампи, адже підбирати доведеться з широкого асортименту варіантів, різних за вартістю, енергоспоживанням, колірним спектром. У цьому різних фазах розвитку рослинам потрібно освітлення різного

спектра. Так, при початковому активному зростанні та наборі зеленої маси корисніше синя складова спектру, а у фазі цвітіння та плодоношення – червона. Ще недавно існувала думка, що для вегетативного зростання потрібна тільки синя частина спектру, для плодоношення червона.

«Ідеалізоване» освітлення – це стрес для самих рослин, і для повноцінного зростання їм таки потрібен весь сонячний спектр. А надмірна дія монохромним світлом до хорошого не приведе. Адже навіть те саме прискорене зростання рослини і передчасне дозрівання плодів – не що інше, як реакція на помірний стрес. Тому підсумкова продукція аж ніяк не тішить ні якістю, ні смаком. Корисних речовин у таких рослинах вкрай мало, і навіть тепличний кріп, який так і не побачив ультрафіолету, на вигляд перевершуватиме своїх побратимів з городу, але на смак нагадуватиме звичайну траву. Рослині потрібен весь спектр повністю, а чи не монохромне випромінювання, це доведеться врахувати під час виборів джерел освітлення. Слід зазначити, що штучних джерел освітлення, повністю аналогічних за сонячним спектром світла ще не існує. Однак, щоб підсвічування рослин було ефективним, необхідно створити спектр світла, близький до денного.

Також слід розрізняти два типи освітлення теплиць штучним світлом:

- перший тип - тепличні світильники, що забезпечують рослини необхідною кількістю світлової енергії, яку вони поглинають у період природного освітлення. Такий тип підсвічування вимагає, щоб щільність світлової енергії в період опромінення фотосинтетично активною радіацією (ФАР) знаходилася в діапазоні від 400 до 1000 моль/м²*с;

- другий тип – фотоперіодичне висвітлення теплиць. Воно передбачає використання штучного світла для подовження дня з допомогою освітлення рослин вночі. Змінюючи тривалість дня та ночі за допомогою штучного освітлення, можна прискорити або призупинити цвітіння рослин. Такий тип освітлення вимагає відносно невеликої дози енергії на рівні 5-10 моль/м² *с.

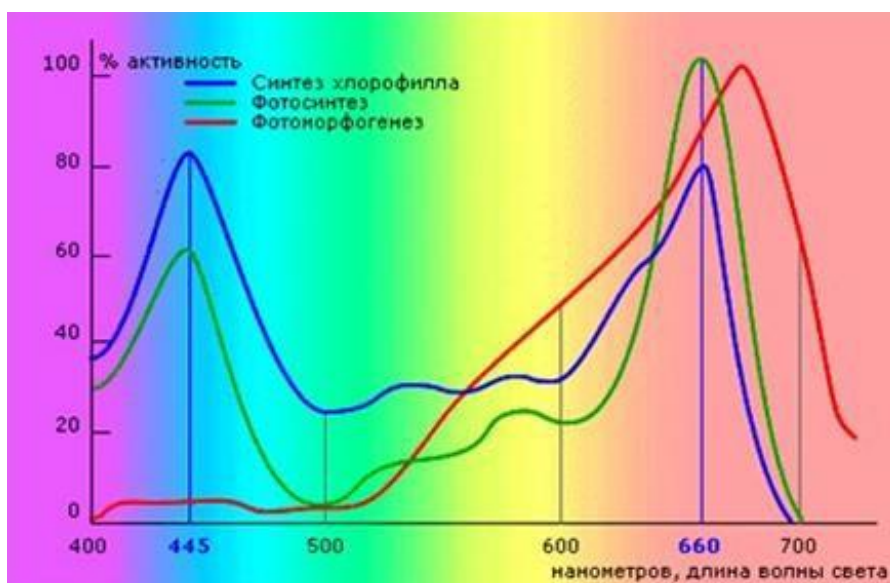


Рисунок 1.3 - Потреба рослин у освітленні у різних частинах спектра різних стадіях життєвого циклу (рослин)

Температура та вологість повітря також є важливими параметрами клімату у культивативному приміщенні. Температурний режим визначають роботу системи опалення та дію сонячної радіації. Вологість повітря теплиці обумовлюється інтенсивністю випаровування з поверхні ґрунту та транспірацією (випаровуванням води) рослинами. Вологість залежить від температури повітря. Зі збільшенням температури абсолютна вологість повітря підвищується (і навпаки). Контроль та регулювання даних параметрів також можуть бути включені в систему теплиці, але в даній роботі розглядається саме контроль спектру та інтенсивності освітлення культур, що вирощуються.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

2.1 Лампи розжарювання

Оптимальний світильник для освітлення теплиці повинен видавати світло у потрібному спектрі, при цьому мати можливість плавного регулювання інтенсивності освітлення.

Лампа розжарювання - штучне джерело світла, в якому світло випромінює тіло напруження, нагрівається електричним струмом до високої температури. Як тіло напруження найчастіше використовується спіраль з тугоплавкого металу (найчастіше - вольфраму) або вугільна нитка. Щоб виключити окислення тіла розжарення при контакті з повітрям, його поміщають у вакуумовану колбу або колбу, заповнену інертними газами або парами.



Рисунок 2.1 - Лампа розжарювання

У лампі розжарювання використовується ефект нагрівання тіла розжарювання під час протікання через нього електричного струму (теплова дія струму). Температура тіла розжарювання підвищується після замикання електричного кола. Усі тіла, температура яких перевищує температуру абсолютного нуля, випромінюють електромагнітне теплове випромінювання відповідно до закону Планка. Спектральна щільність потужності випромінювання

(функція Планка) має максимум, довжина хвилі якої на шкалі довжин хвиль залежить від температури. Положення максимуму в спектрі випромінювання зсувається з підвищенням температури у бік менших довжин хвиль (закон усунення Вина). Для отримання видимого випромінювання необхідно, щоб температура тіла, що випромінює, перевищувала $570\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура початку червоного світіння, видимого людським оком у темряві). Для зору людини оптимальний, фізіологічно найзручніший спектральний склад видимого світла відповідає випромінюванню абсолютно чорного тіла з температурою поверхні фотосфери Сонця 5770K . Однак невідомі тверді речовини, здатні без руйнування витримати температуру фотосфери Сонця, тому робочі температури ниток лампи розжарювання лежать у межах $2000\text{--}2800\text{ }^{\circ}\text{C}$. У тілах розжарювання сучасних ламп розжарювання застосовується тугоплавкий і відносно недорогий вольфрам. Температура плавлення 3410°C), реній (температура плавлення приблизно та ж, але вище міцність при порогових температурах) і дуже рідкостний (температура плавлення $3045\text{ }^{\circ}\text{C}$). Тому спектр ламп розжарювання зміщений у червону частину спектра. Тільки мала частка електромагнітного випромінювання лежить у області видимого світла, основна частка посідає інфрачервоне випромінювання. Чим менша температура тіла розжарювання, тим менша частка енергії, що підводиться до дроту, що нагрівається, перетворюється в корисне видиме випромінювання, тим більш "червоним" здається випромінювання.

Майже вся енергія, що подається в лампу, перетворюється на випромінювання. Втрати за рахунок теплопровідності і конвекції малі. Людське око, однак, бачить лише вузький діапазон довжин хвильового випромінювання – діапазон видимого випромінювання. Основна потужність потоку випромінювання лежить у невидимому інфрачервоному діапазоні і сприймається як тепло. Коефіцієнт корисної дії (ККД) ламп розжарювання (тут під ККД розуміється відношення потужності видимого випромінювання до повної споживаної потужності) досягає при температурі близько 3400K свого максимального значення 15%. При практично досяжних температурах 2700K (звичайна лампа на 60Вт) світловий ККД становить близько 5%, і має термін служби приблизно 1000 годин.

Лампи розжарювання здатні видавати хорошу інтенсивність освітлення. Також, теплова енергія, що виділяється, може сприяти обігріву теплиці, що можна використовувати. Але цей тип джерел освітлення має вкрай низький ККД і незручний для освітлення рослин спектр випромінювання. Лампи розжарювання випромінюють багато червоних, інфрачервоних та помаранчевих променів, через що стебла у рослин при такому тривалому впливі ненормально витягуються, листя деформуються, і навіть трапляються опіки та перегрів.

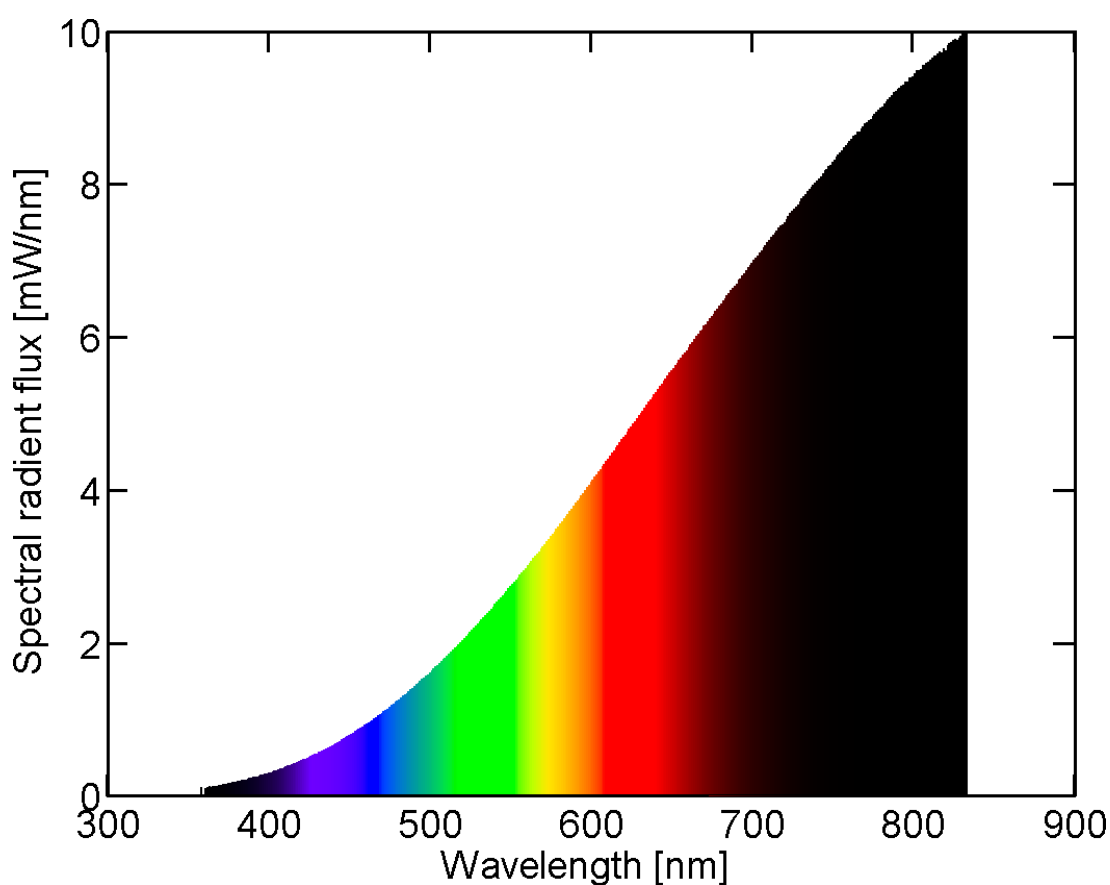


Рисунок 2.2 - Спектр лампи розжарювання

2.2 Газорозрядні лампи

Газорозрядна лампа - джерело світла, що випромінює енергію у видимому діапазоні. Фізична основа – електричний розряд у газах. Останнім часом називається газорозрядні лампи розрядними лампами.

За джерелом світла, що виходить назовні і використанням люминофору, газорозрядні лампи поділяються на:

- люмінесцентні лампи (ЛЛ), в яких в основному назовні виходить світло від шару люмінофора, що покриває лампу, що збуджується випромінюванням газового розряду;
- газосвітні лампи, у яких назовні виходить саме світло від газового розряду;
- електроосвітлювальні лампи, у яких використовується свічення електродів, збуджених газовим розрядом.

За величиною тиску розрядні лампи поділяються на:

- газорозрядні лампи високого тиску - ГРЛВТ;
- газорозрядні лампи низького тиску - ГРЛНТ - люмінесцентні лампи.

Розрядні лампи мають високу ефективність перетворення електричної енергії у світлову. Ефективність вимірюється відношенням люмен/Ват.



Рисунок 2.3 - Натрієва лампа

У розрядних лампах можуть використовуватися різні гази: пари металів (ртуть або натрію), інертні гази (неон, ксенон та інші), а також їх суміші. Найбільшою ефективністю, на сьогоднішній день, мають натрієві лампи, вони працюють у парах натрію та мають ефективність 150 лм/Вт. Переважна більшість розрядних ламп – це ртутні лампи, вони працюють у парах ртуті. Серед ртутних ламп можна згадати дугові ртутні лампи люмінесцентні. Крім цього, широко поширені металогалогенні лампи - у них використовується суміш пари ртуті, інертних газів та галогенідів металів. Найменш поширені безртутні розрядні лампи, що містять інертні гази: ксенонові лампи, неонові лампи та інші.



Рисунок 2.4 - Ртутна лампа

Розрядні джерела світла (газорозрядні лампи) поступово витісняють звичні раніше лампи розжарювання, проте недоліками залишаються лінійний спектр випромінювання, стомлюваність від мерехтіння світла, шум пускорегулюючої апаратури (ПРА), шкідливість парів ртуті у разі попадання до приміщення при руйнуванні колби, неможливість миттєвого перезапалювання ламп високого тиску.

Нещодавно для освітлення теплиць в основному використовували газорозрядні лампи. Спектр натрієвих ламп високого тиску містить переважно червону складову, що корисно для рослин у фазі плодоношення.

При цьому такі лампи майже не містять синю складову спектру, тому у фазі розсади для підсвічування застосовують ртутні газорозрядні лампи.

Газорозрядні лампи всіх типів мають велику світлову потужність, хороший коефіцієнт розсіювання, але при цьому їх світлова віддача значно нижча, ніж у світлодіодів, і більша частина енергії йде на нагрівання, впливаючи на мікроклімат і збільшуючи втрати. Підвішувати лампи необхідно на значну висоту, щоб уникнути опіків. В невеликих теплицях з високорослими рослинами їх використання утруднене.

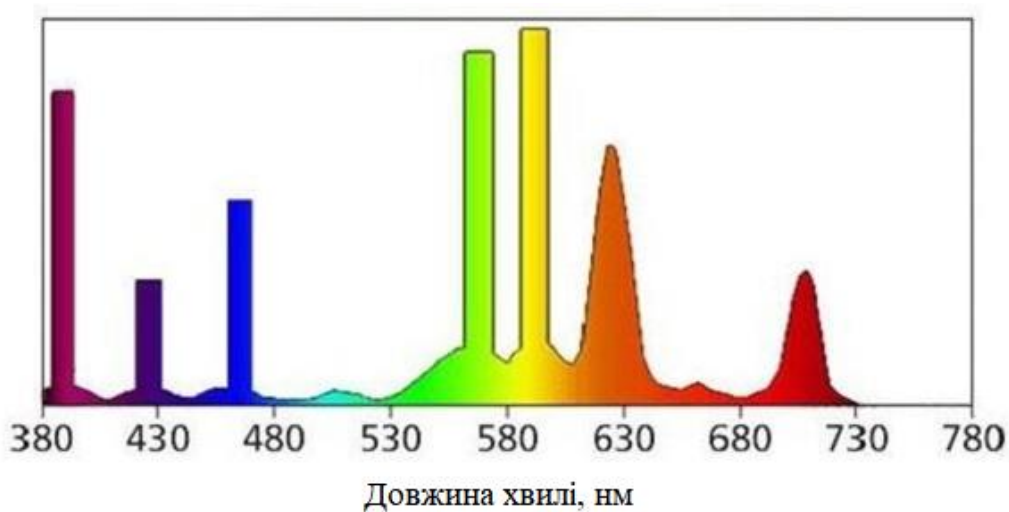


Рисунок 2.5 - Спектр ртутної лампи

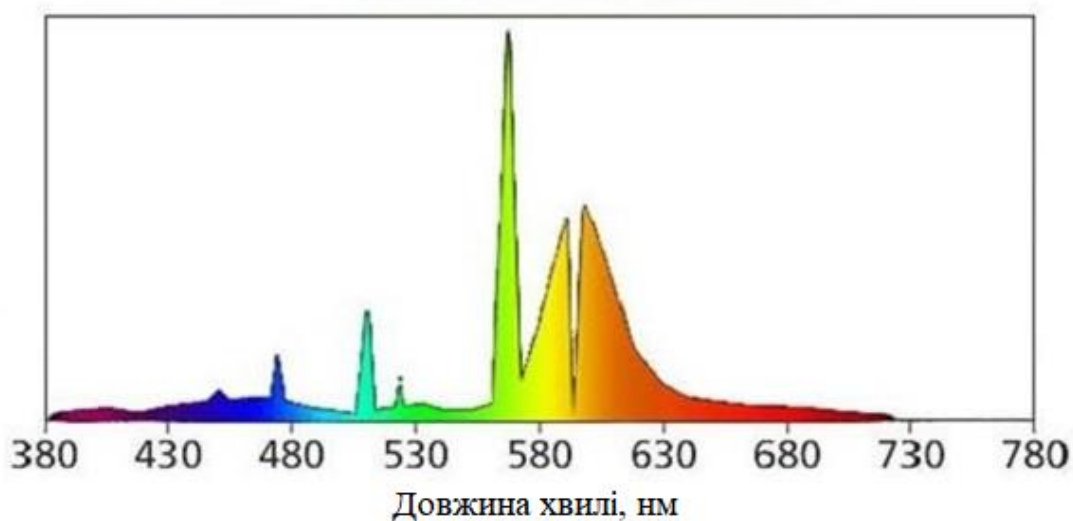


Рисунок 2.6 - Спектр натрієвої лампи

2.3 Світлодіодні лампи

Світлодіодне освітлення повсюдно використовується та має широке коло застосування. У всьому світі кольорове світлодіодне освітлення застосовується для підсвічування архітектурних пам'яток та будівель, що мають історичну цінність: від телевізійної вежі Сі-Ен Тауер до Торонто, Канада, до мосту через Босфорську протоку у Стамбулі, Туреччина. У театрах, концертних залах, під час сценічних вистав, ресторанах, у казино та різних громадських місцях повнокольорове світлодіодне освітлення ідеальне для створення яскравих та динамічних світлових уявлень.



Рисунок 2.7 - Світлодіодна лампа

Освітлення доріг та тунелів, спортивних споруд та арен, вулиць та площ, міських ландшафтів та злітно-посадкових смуг аеропорту неможливо уявити без світлодіодних освітлювальних приладів білого світла з фіксованою колірною температурою. Світлодіодні лампи бувають найрізноманітніших технічних специфікацій, крім того, у них привабливий зовнішній дизайн – все це становить великий список переваг, які надають світлодіодні технології в освітлювальні системи сучасного покоління. Білі світлодіоди активно використовують у системах

загального освітлення. Світлодіодні світлові прилади білого світла знаходять застосування в системах світлових карнизів відбитого світла, робочого освітлення та стельових світильниках, що встановлюються в магазинах, музеях, офісах, школах, лабораторіях, лікарнях та приватних квартирах.

Світлодіодні світлові прилади перевершують традиційні. Перерахуємо їх можливості:

- створюють яскраве пряме освітлення об'єктів, робочих поверхонь та цільових зон як усередині приміщень, так і на відкритому повітрі;
- забезпечують стабільне високоякісне кольорове та біле світло практично без видимих колірних перепадів між світловими приладами.
- придатні для використання практично у будь-яких системах освітлення.
- забезпечують отримання повного спектру основних кольорів, а також білого світла з повним набором відтінків від теплого до холодного.
- відтворюють повнокольорове біле світло, що настроюється, для створення динамічних світлових ефектів зі зміною кольору і великомасштабних дисплеїв, які не можуть бути реалізовані за допомогою традиційної світлотехніки.
- забезпечують більш високу енергоефективність порівняно з традиційними системами освітлення.
- надійно випромінюють світло протягом багатьох тисяч годин – тобто коли люмінесцентні лампи та лампи розжарювання вже відмовляють.
- легко встановити та експлуатувати з використанням традиційних інструментів та прийомів для нових та модернізованих систем освітлення.
- забезпечують високу стійкість до дії вібрації та ефективно працюють за низьких температур.
- знижують загальну вартість володіння завдяки високій енергоефективності, збільшеному терміну служби та мінімальним витратам на обслуговування, часто із забезпеченням терміну окупності менш ніж один рік.

У порівнянні з газорозрядними лампами, світлодіодні світильники LED видають світло в певному діапазоні, що дозволяє досягти максимального фотосинтезу. Піки випромінювання припадають на 450 і 650 нм, що відповідає потребам рослин.

LED-світильники для освітлення теплиць мають ряд переваг:

- добрі показники світлової потужності;
- придатний для рослин спектр та можливість його регулювання;
- відсутність нагрівання та впливу на мікроклімат у теплиці;
- просте підключення до мережі;
- мала витрата електроенергії;
- екологічність – не потрібна спеціальна утилізація;
- ремонтпридатність – елементи, що згоріли, можна замінити;
- тривалий термін служби – до 100 000 годин. Недоліки світлодіодних

світильників:

- спрямоване випромінювання, для великої площі потрібно багато точок освітлення.

Завдяки низькому нагріванню лицьової частини світильники LED можна розміщувати на будь-якій відстані від рослин, не ризикуючи їх обпалити. За рахунок цього можна суттєво скоротити площу теплиці для розсади та низькорослих культур, вирощуючи їх на багатоярусних стелажах.

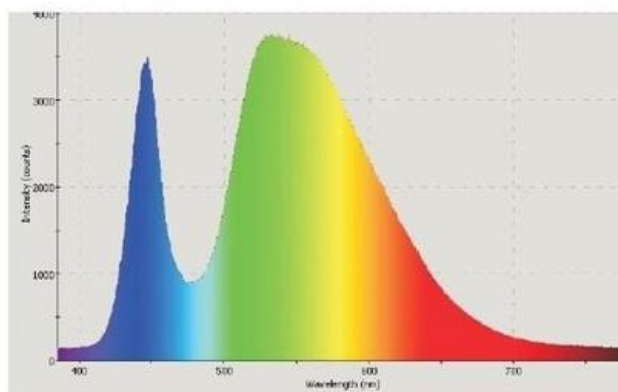


Рисунок 2.8 - Спектр білого світлодіоду

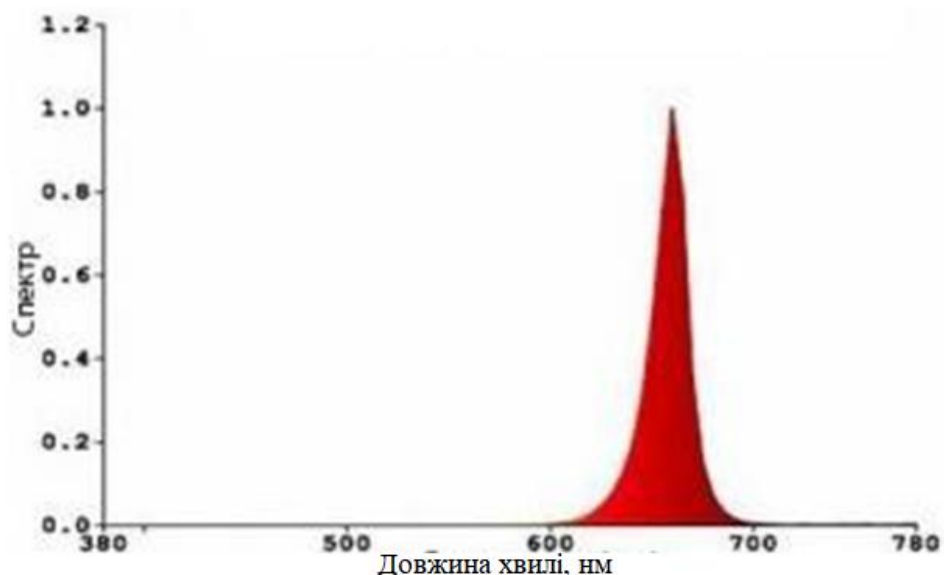


Рисунок 2.9 - Спектр червоного світлодіода

2.4 Методи регулювання автоматичних систем керування

2.4.1 Аналогове управління 0 - 10 В

Необхідно підібрати оптимальний метод регулювання освітлення, здатний забезпечити керування достатньою кількістю джерел освітлення без втрати якості сигналу, що управляє.

Стандарт 0-10V (також відомий під кодом E 1.3) є одним із найперших і найпростіших протоколів управління освітленням. Він був розроблений у 2001 р. робочою групою міжнародної асоціації ESTA (Entertainment Services & Technology Association), що об'єднує виробників технологій та обладнання для індустрії розваг, та акредитованою при Американському національному інституті стандартів ANSI (American National Standards Institute).

Використовуючи доступні на той момент технології, керувати світлом можна було за рахунок зміни напруги в найпоширенішому діапазоні - від 0 до 10V, де параметр 0V означав, що світло вимкнено, а 10V - 100% яскравість. По суті, даний інтерфейс є одностороннім зв'язком між освітлювальним пристроєм і димером.

Зустрічаються диммери 1-10В, де мінімальний параметр напруги означає мінімальну яскравість, а для вимикання світла необхідно розірвати ланцюг 220В, для чого регулятор додатково постачають кнопкою вимкнення.

Головні переваги аналогового інтерфейсу: простота та легкість у реалізації, низька вартість та можливість використовувати керуючий провід будь-якого типу, але екранований, щоб уникнути перешкод від силового кабелю.

Для кожного каналу потрібен один кабель та один загальний зворотний провід. Для керування великою кількістю світильників потрібна відповідна кількість ліній та кабелів, що робить таку систему управління світлом громіздкою та дорогою. Також для аналогового стандарту характерна нестабільність при передачі сигналу на великі відстані. По-перше, при падінні напруги необхідна компенсація втрати з боку пристрою. По-друге, висока ймовірність небажаного впливу каналів один на одного. Перешкоди від силових кабелів впливають на сигнал керуючого дроту, що може викликати мерехтіння освітлювальних приладів.

Свого часу аналоговий стандарт 0-10В застосовували для управління в торговому та промисловому освітленні багато виробників драйверів і баластів, серед яких Philips, GE, Osram. У сучасному світі він має право на існування і найчастіше використовується в простих системах освітлення або в комбінованих як базовий рівень. На зміну йому прийшли цифрові протоколи, що дозволяють розкрити весь потенціал та можливості керування сучасним освітленням.

Перевагою цього інтерфейсу є простота виконання. Потрібні лише дві лінії: зовнішній керуючий сигнал та загальний зворотний провід. Керуючий струм зазвичай знаходиться в межах 1...4 мА.

Драйвери світлодіодів з аналоговим принципом керування освітленістю на 0-10 В використовуються повсюдно. Тим не менш, даний метод управління не забезпечує достатньої стабільності і не дозволяє отримати дані з мережевого контролера.

Недоліком аналогового підходу при управлінні десятками і більше сотнями освітлювальних приладів є велика кількість ліній управління, що робить цей метод непридатним для складних систем з декількома сотнями освітлювальних приладів.

Система стає надто дорогою. Крім того, у ній важко проводити діагностику та усувати несправності.

Другий недолік пов'язаний із загасанням сигналу на довгих лініях. Сигнал, прийнятий джерелом світла, може виявитися слабшим за вихідний, що призведе до більш тьмяного освітлення або нерівномірності випромінювання у 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, що характерно для освітлювальних систем у теплицях. Оптимальна область застосування аналогового димування – це управління одним – двома світильниками в межах невеликого приміщення.

2.4.2 DMX512

Протокол передачі даних DMX512 був розроблений комітетом USITT в 1986 році, як засіб управління інтелектуальними світловими приладами з різних консолей через єдиний інтерфейс, дозволяючи об'єднувати різні пристрої управління (пульти і т. д.) з всілякими кінцевими пристроями (димерами, прожекторами, машинами тощо) від різних виробників. Він створений на основі стандартного промислового інтерфейсу EIA/TIA-485 (відомого як RS-485), який використовується для комп'ютерного керування промисловими контролерами, роботами та автоматизованими верстатами. Для передачі даних використовується кабель з двома проводами в загальному екрані з п'ятиконтактним роз'ємом XLR. Хоча специфікацією інтерфейсу передбачено використання п'ятиконтактного роз'єму, це надмірно і більшість сумісного обладнання використовує триконтактний роз'єм. Практична зручність п'ятиконтактного XLR полягає у неможливості випадково подати сигнал DMX на вхід звукопідсилювальної апаратури (стандартна чутливість якої близько 1 V, DMX-сигнал може спалити вхідні каскади підсилювача/звукового пульта). Для переходу з одного типу роз'єму на інший використовуються перехідники, що є в арсеналі будь-якого світлотехніка.

Стандарт DMX512 дозволяє керувати по одній лінії зв'язку одночасно 512 каналами (не плутати канали з приладами, один прилад може використовувати іноді кілька десятків каналів). Декілька (зазвичай парне число) працюючих

одночасно апаратів, що підтримують DMX512, дозволяють створювати світлові картини та елементи оформлення різної складності, як усередині приміщень, так і зовні. По одному каналу передається один параметр приладу, наприклад, який колір пофарбувати промінь, який малюнок (гоботрафарет) вибрати, або на який кут повернути дзеркало по горизонталі в даний момент, тобто куди потраплятиме промінь. Кожен прилад має певну кількість керованих дистанційно параметрів і займає відповідну кількість каналів у просторі DMX512.

Протокол DMX512 має ряд переваг та недоліків, але він набув великого поширення і зараз де-факто є основним стандартом для більшості світлотехнічних систем. Він відрізняється простотою, привабливою для виробників пристроїв, що підтримують цей стандарт, та універсальністю при його використанні, що позитивно оцінюється кінцевим користувачем.

Інтерфейс DMX512 з легкістю вирішив би завдання управління освітлення теплиці, проте його можливості занадто надмірні для вирішення такого завдання. Складність його реалізації, коштовне обладнання і порівняльна рідкість світлодіодних баластів диммованих інтерфейсом DMX512 робить його використання неприйнятним. Найбільш логічною областю використання цього стандарту є постановка сцен, а не стаціонарне освітлення.

2.4.3 Широтно-імпульсна модуляція (ШИМ)

Основною причиною застосування ШИМ є прагнення до підвищення ККД при побудові вторинних джерел живлення електронної апаратури та в інших вузлах, наприклад, ШИМ використовується для регулювання яскравості підсвічування LCD-моніторів та дисплеїв у телефонах, КПК тощо.

ШИМ-сигнал генерується аналоговим компаратором, на один вхід якого подається допоміжний опорний пилкоподібний або трикутний сигнал, значно більшої частоти, ніж частота сигналу, що модулює, а на інший - модулюючий безперервний аналоговий сигнал. Частота повторення вихідних імпульсів ШИМ дорівнює частоті пилкоподібної або трикутної напруги.

При використанні ШИМ регулювання, енергія від джерела до навантаження подається імпульсами, шириною яких визначається кількість енергії від

мінімальної, коли імпульсів немає (або вони дуже малі за тривалістю) до максимальної, коли імпульси зливаються або паузи між ними мінімально короткі. У другому випадку використовується як ШІМ-регулювання, і регулювання струму. Розглянемо обидва. Білий світлодіод має такий недолік, як залежність колірного відтінку від струму, що протікає через нього (від яскравості). Так при зниженні струму нижче за номінальний світлодіод «жовтіє», а при підвищенні – «синіє». Це пов'язано з тим, що напівпровідниковий кристал у білому світлодіоді випромінює синє (найчастіше) світло, а нанесений на нього люмінофор перетворює частину його на інші кольори від червоного до зеленого. В підсумку, на виході з діода частина синього світла від кристала змішується зі світлом від люмінофора у правильних пропорціях у біле світло заданої колірної температури. При регулюванні кількості світла кристала ці пропорції порушуються.

Таким чином, при регулюванні освітлення зміною струму через світлодіоди, крім зміни кількості світла, виходить супутня зміна кольору. При регулюванні світла ШІМ, тобто подачею на світлодіоди імпульсів постійної амплітуди (але регульованої ширини), що часто повторюються, світлодіод працює на номінальному струмі, але менший час і колірного зсуву немає. Слід зазначити, що цей метод димування за такої явної переваги і в деяких випадках при більшій простоті реалізації має недолік - стробоскопічний ефект. Однак при частотах модуляції понад 1 КГц стробоскопічним ефектом можна знехтувати і для цілей проекту це не є суттєвою проблемою.

2.4.4 DALI

Стандартний цифровий протокол управління освітленням за допомогою таких пристроїв, як електронні баласты (для люмінесцентного світла) та димери (для ламп розжарювання). Протокол DALI був розроблений на заміну широко використовуваному аналоговому протоколу «1-10V» та в конкуренцію відкритому стандарту для закритого цифрового Digital Signal Interface.

Будь-яке обладнання, яке підтримує інтерфейс DALI, може незалежно зв'язуватися з шиною DALI. DALI контролери можуть вимагати стан і диктувати команди кожному приладу, використовуючи двонаправлений обмін даними. Як

автономна система, в одній DALI лінії можуть працювати до 64 незалежних пристроїв. Кількість адрес у системі можна збільшити до 12800, використовуючи DALI роутери (об'єднавши разом до 200 DALI ліній). Також DALI лінія може бути використана як частина іншої системи розумного будинку, підключаючись до неї через DALI шлюзи.

Фізично DALI є двопровідною шиною, яку можна прокладати разом з силовими лініями, в тому числі всередині одного кабелю, наприклад, може бути використаний стандартний 5-жильний кабель марки NYM в неметалевому обплетенні. DALI не є системою безпечної наднизької напруги (SELV). Робоча напруга шини лежить у діапазоні 9.5-22.5В, зазвичай 16В, струм не повинен перевищувати 250мА. Шина DALI потребує підключення джерела живлення 16В постійного струму. При підключенні пристроїв DALI немає необхідності дотримуватися полярності. Допускається будь-яка змішана топологія мережі, але без закільцювання, не потрібна наявність терміновиків на кінцях лінії. Швидкість передачі по шині 1200 біт/сек. Довжина кабелю залежить від падіння напруги вздовж лінії DALI, яке має перевищувати 2В. Максимальна довжина кабелю 300 м при площі перерізу 1.5 мм², 100-150 м при площі 0.75 мм², до 100 м при площі перерізу 0.5 мм²,

На відміну від систем з керуванням сигналу 0-10В на цифрову шину DALI не істотно впливають аналогові перешкоди через високу амплітуду корисного сигналу, що важливо для точного підтримання необхідного рівня потужності світильника. Не потрібне додаткове реле, що управляє включенням світильника, так як повне керування здійснюється по цифровій шині, що знижує кінцеву вартість системи. Пристрої DALI діляться на контролери (провідні) та підлеглі (відомі). Тільки контролери ініціюють обмін мережею, підлеглі пристрої відповідають запиту контролерів. Одночасно можуть бути підключені 64 підлеглих пристроїв (баласты, драйвери), ця межа не включає контролери DALI (перемикачі, датчики), пристрої підключаються до шини паралельно. Мережа може бути мультимайстерною з кількома контролерами.

Для управління в DALI використовуються три типи адресації - широкомовна, групова та індивідуальна. Крім того, контролер може отримувати від пристроїв різноманітну діагностичну інформацію, наприклад, відомості про несправні світильники.

2.5 Приклади існуючих контролерів управління автоматичними системами освітлення

2.5.1 Програмований контролер освітлення LDALI-PLC4 від LOYTEC

На даний момент існує низка готових рішень контролерів DALI.



Рисунок 2.9 - Контролер LDALI-PLC4

Loytec LDALI-PLC4 - це компактний пристрій, який об'єднує в собі DALI майстер контролер, логічний контролер, а також вбудований веб-сервер для забезпечення доступу до налаштувань та стану пристрою.

Цей пристрій призначений для керування освітленням за допомогою DALI протоколу, який є стандартом для керування цифровими світлодіодними пристроями та іншими електронними баластами. Він може керувати до 64 DALI пристроїв, таких як лампи, драйвери світлодіодів, диммери тощо.

LDALI-PLC4 може виконувати різні логічні операції, такі як логічні порівняння, логічні операції "І", "АБО", "НЕ" та інші. Це дозволяє створювати складні логічні схеми для керування освітленням.

Крім того, пристрій має вбудований веб-сервер, який дозволяє користувачам забезпечувати доступ до налаштувань та стану пристрою через веб-браузер. Це дозволяє зручно налаштовувати та моніторити систему керування освітленням.

Пристрій може бути використаний в різних промислових та комерційних застосуваннях, таких як офіси, готелі, торгові центри, склади, а також у будь-яких інших приміщеннях, де необхідне керування освітленням за допомогою DALI протоколу.

Ця мікросхема має низький рівень споживання енергії та може живитися від джерела живлення 24 В постійного струму. Простота підключення та налаштування цього пристрою робить його зручним використанням у проектах з керування освітленням, де потрібно керувати великою кількістю освітлювальних приладів.

Крім того, LDALI-PLC4 може бути інтегрований з іншими системами керування будівлями, такими як системи керування кондиціонуванням повітря, системи безпеки, системи управління доступом та інші. Це дозволяє створювати комплексні системи керування будівлями.

Налаштування та керування пристроєм можна здійснювати за допомогою програмного забезпечення L-DALI Configurator, яке дозволяє налаштовувати параметри DALI мережі, налаштовувати параметри керування світлом та створювати складні логічні схеми для керування освітленням.

Загалом, LDALI-PLC4 - це компактний та потужний пристрій, який дозволяє керувати освітленням за допомогою DALI протоколу, а також забезпечує можливість інтеграції з іншими системами керування будівлями. Він може бути використаний у різних застосуваннях та забезпечує зручне налаштування та моніторинг системи керування освітленням.

Контролер LDALI-PLC4 містить:

- вбудоване або зовнішнє джерело живлення DALI;
- контролер LDALI-PLC4 потребує зовнішнього джерела живлення DALI для живлення шини DALI. Джерело живлення може бути розраховане як на один, так і до чотирьох каналів DALI;
- мережевий інтерфейс DALI;
- контролер LDALI-PLC4 оснащений чотирма незалежними DALI каналами. Індивідуально або за допомогою 16 груп можна контролювати до 64 світильників DALI на канал DALI. Усі світильники контролюються щодо виходу з ладу лампи чи баласту. Контролер є пристроєм DALI-Майстер у мережі DALI, який може взаємодіяти з вибраними мультисенсорами DALI у режимі Мульти-майстра.

Локальне управління та пріоритети. Контролер L-DALI поставляється з вбудованим LCD-дисплеєм (128x64) з підсвічуванням та елементом керування "jog dial" для локального або пріоритетного керування. Завдяки локальному управлінню, поточні завдання обслуговування (заміна пристроїв DALI, режим пропалювання тощо) можуть бути виконані без додаткового ПЗ.

Вільно-програмований. Контролер LDALI-PLC4 можна запрограмувати за допомогою L-STUDIO. Програмується відповідно до IEC 61499 для інтеграції з Системою L-ROC та IEC 61131 для одиночного використання. Доступна бібліотека стандартних функцій керування освітленням та жалюзі. Підтримуються різні стратегії управління освітленням, що ґрунтуються на визначенні присутності або рівні освітленості. Усього декількома параметрами можна налаштувати систему, що підходить практично для будь-якого варіанта використання. Також можливе розширення функціоналу за бажанням користувача.

Комунікаційні можливості. Контролер LDALI-PLC4 забезпечує можливість одночасної інтеграції пристроїв із мереж CEA-709 (LonMark Системи), BACnet, KNX та Modbus.

LonMark Системи можна інтегрувати через вбудований інтерфейс IP-852 (Ethernet/IP).

Інтеграція BACnet можлива за BACnet/IP (Ethernet/IP) або BACnet MS/TP (RS-485), а KNXnet/IP та Modbus TCP за допомогою Ethernet/IP. Функціонал шлюзу дозволяє здійснювати обмін даними між різними технологіями автоматизації, за умови можливості підключення їх до влаштування. Зіставлення змінних з різних технологій автоматизації на одному пристрої реалізується за допомогою локальних з'єднань. Зіставлення ж змінних із різних технологій автоматизації на розподілені пристрої відбувається завдяки Глобальним З'єднанням.

Кожен LDALI-PLC4 оснащений двома Ethernet-портами, які можуть бути легко налаштовані або як внутрішній світильник, для взаємодії портів, або як незалежні порти для роботи з окремими IP мережами. Коли Ethernet порти налаштовані для роботи з двома незалежними IP мережами, один порт, наприклад, може бути підключений до WAN (Wide Area Network) з підтримкою мережевої безпеки (HTTPS), тоді як другий порт може бути налаштований для підключення до незахищеної мережі (LAN) із протоколами автоматизації BACnet/IP, LON/IP або Modbus TCP. Ці пристрої також мають функціональність брандмауера, щоб розмежувати окремі протоколи або служби між портами. Використовуючи порти в режимі світчу, можна побудувати шлейф максимум з 20 пристроїв, що скоротить витрати на монтаж.

Ethernet топологія з надмірністю можлива завдяки протоколу Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), який підтримується більшістю керованих комутаторів. Контролери LDALI-PLC4 надають повнофункціональний доступ до функцій AST™ (Менеджери Аварій, Розкладів та Трендів) та можуть бути інтегровані у Систему L-WEB.

Конфігурація пристроїв через ПЗ або Web-інтерфейс. Конфігурація пристроїв, введення в експлуатацію, а також їх налаштування здійснюється як за допомогою ПЗ, так і через вбудований веб-сервер.

EnOcean, SMI та LIOB/ IP. Датчики та кнопки EnOcean можуть бути інтегровані за допомогою опціонального інтерфейсу L-ENO EnOcean. Для керування жалюзі передбачено додатковий модуль розширення LSMI-804, що

дозволяє інтегрувати до 4 каналів SMI. Фізичні входи/виходи інтегруються за допомогою модулів L-IOB I/O через LIOB-IP.

2.5.2 Контролер DALI-Logic-PS-x4 (230B, Ethernet)



Рисунок 2.10 - Контролер DALI-Logic-PS-x4

Логічні контролери DALI-Logic-PS-x4 призначені для керування освітленням у системах, які використовують протокол DALI. Дозволяють налаштовувати обладнання DALI та керувати пристроями у 4 шинах DALI.

Вони забезпечують контроль подій, обробку логічних функцій, роботу за таймером та розкладом. Здібні за подіями в одній шині DALI посилати команди в іншу шину та дозволяють створювати різні сценарії керування за допомогою скриптів, створених користувачем.

DALI-Logic-PS-x4 має годинник реального часу з живленням від вбудованої батареї. Синхронізація роботи вбудованого годинника з годинником ПК і серверами точного часу. Підтримує DHCP.

Контролер має можливість об'єднання кількох логічних контролерів однією системою.

Налаштування логічного контролера та всього обладнання DALI виконується за допомогою персонального комп'ютера на базі Windows. Після

установки логічний контролер може працювати автономно. Вони дозволяють керувати обладнанням DALI з мобільних пристроїв на базі ОС Android.

Відповідають стандарту IEC 62386 та сумісні з обладнанням DALI різних виробників. Підтримують роботу з обладнанням DALI-2 та пристроями DT8.

Мають API для систем вищого рівня (SCADA) протоколу ModBus TCP або Artilect.

Контролер DALI-Logic-Ps-x4 забезпечує живлення на шинах DALI. Монтаж на DIN-рейку.

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики контролера DALI-Logic-PS-x4

Напруга живлення	AC 100-240 В
Потужна від мережі потужність, не більше	28 Вт
Кількість шин DALI	4
Кількість адрес на кожній шині	64
Вихідний струм живлення шини	4x240 мА
Ступінь захисту від зовнішніх впливів	IP20
Температура оточуючого повітря	-30 ... +600 °C
Габаритні розміри	159x110x59 мм

2.5.3 DALI-Logic-x4 (230B, Ethernet)



Рисунок 2.11 - Контролер DALI-Logic-x4

Таблиця 2.2 - Основні технічні характеристики контролера DALI-Logic-x4

Напруга живлення	AC 100-240 В
Потужна від мережі потужність, не більше	5 Вт
Кількість шин DALI	4
Кількість адрес на кожній шині	64
Вихідний струм живлення шини	Ні
Ступінь захисту від зовнішніх впливів	IP20
Температура оточуючого повітря	-30 ... +600C
габаритні розміри	145x90x40 мм

Основні відомості:

- логічні контролери DALI-Logic-x4 призначені для управління освітленням у системах, що використовують протокол DALI;
- вони дозволяють налаштовувати обладнання DALI та керувати пристроями у 4 шинах DALI;

- забезпечують контроль подій, обробку логічних функцій, роботу за таймером та розкладом;
- здібні за подіями в одній шині DALI посилати команди в іншу шину;
- дозволяють створювати різні сценарії керування за допомогою скриптів, створених користувачем;
- годинник реального часу з живленням від вбудованої батареї. Синхронізація роботи вбудованого годинника з годинником ПК і серверами точного часу;
- підтримка DHCP;
- можливість об'єднання кількох логічних контролерів однією системою;
- налаштування логічного контролера та всього обладнання DALI виконується за допомогою персонального комп'ютера на базі Windows. Після установки логічний контролер може працювати автономно;
- дозволяють керувати обладнанням DALI з мобільних пристроїв на базі ОС Android;
- відповідають стандарту IEC 62386 та сумісні з обладнанням DALI різних виробників;
- підтримують роботу з обладнанням DALI-2 та пристроями DT8;
- мають API для систем вищого рівня (SCADA) протоколу ModBus TCP або Artilect;
- контролер DALI-Logic-x4 забезпечує живлення на шинах DALI;
- монтаж на DIN-рейку.

3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Розробка структурної схеми системи

Початково технологія DALI створювалась для керування ПРА (пуско-регулюючою апаратурою) або електронними баластами люмінесцентних ламп, а також з метою заміни поширеного аналогового методу регулювання яскравості світла керуючим сигналом в діапазоні від 0 до 100%.

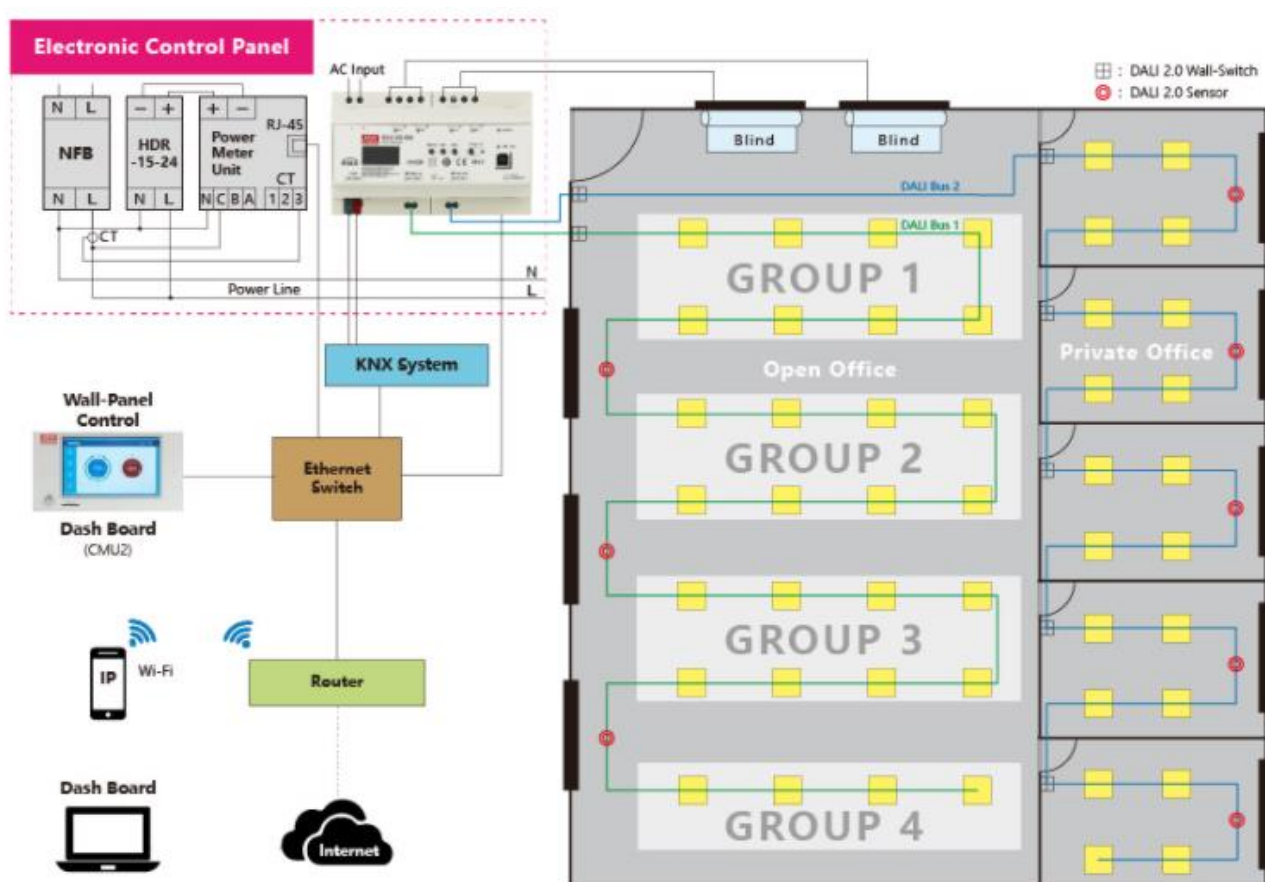


Рисунок 3.1 – Структурна схема підключення пристроїв

На відміну від аналогових систем і завдяки великій амплітуді корисного сигналу на цифрову керуючу шину DALI не впливають суттєво електромагнітні перешкоди з електричної мережі 220 В, що важливо для точного підтримання вимог освітленості.

Стандарт DALI надає можливість індивідуальної адресації та налаштування окремих світильників на загальній шині. Крім того, пристрої DALI можуть бути запрограмовані для групового використання. Таким чином, забезпечується відмінна гнучкість управління системами освітлення, які можуть конфігуруватися програмно, не вимагаючи провідних перемикачів. Використовувані функції освітлення в окремих приміщеннях можуть бути програмно заархівовані з метою швидкої настройки та оптимізації освітлення в іншому приміщенні.

Система автоматизованого освітлення, що розробляється, є гібридною і використовує протокол DALI і ШІМ. Система здійснює контроль інтенсивності освітлення у білому та червоному спектрах. Необхідна інтенсивність визначається заздалегідь заданим алгоритмом, розробленим для культури, що вирощується. Структурна схема представлена на рис. 3.2.

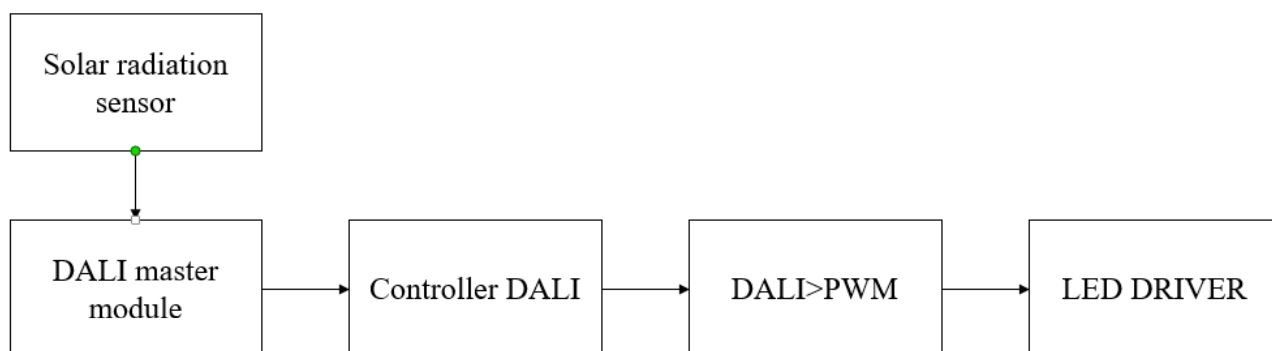


Рисунок 3.2 - Структурна схема системи

DALI master module – контролер DALI. Здійснює передачу сигналу перетворювачі DALI-ШІМ. На кожну лінію дали може бути заведено до 64 незалежних пристроїв.

DALI>PWM - перетворювач DALI - ШІМ. Здійснює передачу ШІМ-сигналу на драйвери світлодіодних світильників, які можуть бути з'єднані послідовно до 20 штук.

LED DRIVER – драйвер світлодіодних світильників. Здійснює безпосереднє димування світлодіодних світильників.

Solar radiation sensor – датчик природного сонячного освітлення. Здійснює контроль інтенсивності та спектру природного випромінювання для коригування штучного освітлення.

Структурну схему контролера DALI представлено на рис. 3.2.

Усього подібна система може обслуговувати до 64 груп світлодіодних драйверів по 20 шт. в групі. Це відповідає або 1280 одноколірним світильникам або 640 двоколірним світильникам, у яких встановлено по 2 драйвери. При необхідності кількість світильників в одній ШІМ-групі може бути збільшена в рази при використанні підсилювачів ШІМ-сигналу.

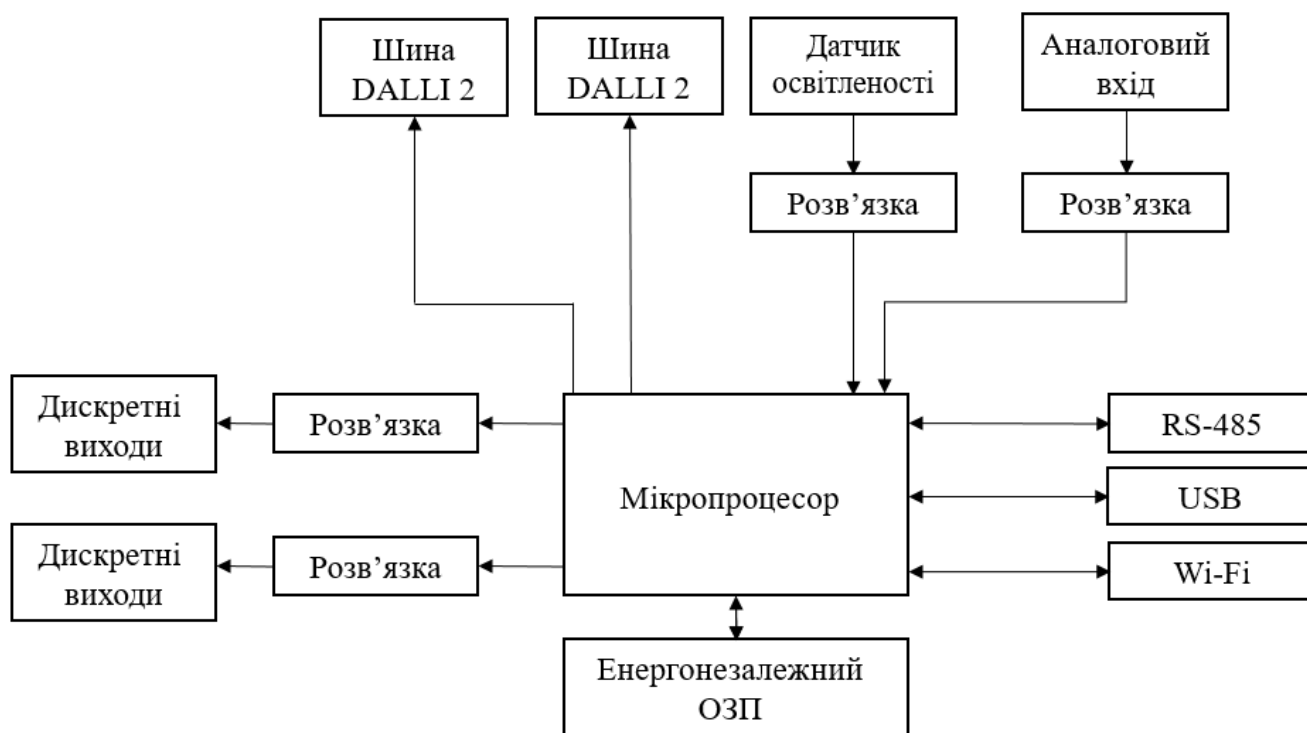


Рисунок 3.3 - Структурна схема контролера DALI

На структурній схемі:

- мікропроцесор здійснює контроль і управління освітленням теплиці.
- Розв'язка необхідна для погодження сигналів мікропроцесора і периферії;
- датчик освітленості здійснює вимірювання інтенсивності та спектру природного освітлення;

- аналоговий вхід потрібен для підключення другого датчика;
- дискретні входи призначені для контролю інших систем теплиці (полив, вентиляція тощо) ;
- дискретні виходи – керувати іншими системами теплиці;
- шини DALI – передачі сигналу управління освітленням теплиці;
- енергонезалежний ОЗП – містить попередньо завантажені дані алгоритмів, за якими проводитиметься управління освітленням теплиці;
- RS485 – роз'єм для керування контролером DALI; USB - налагоджувальний роз'єм;
- Wi-Fi – налагоджувальний роз'єм.

3.2 Підбір компонентів системи

3.2.1 Вибір периферії

Як перетворювач DALI-ШИМ був обраний перетворювач DAP-04.



Рисунок 3.1 - Зовнішній вигляд перетворювача DALI – ШИМ DAP-04.

DAP-04 - це конвертер протоколу DALI в ШІМ сигнал. DALI (Digital Addressable Lighting Interface) - це стандарт, що використовується для управління світлодіодним освітленням, а ШІМ (широтно –імпульсна модуляція) - це метод модуляції сигналу, що використовується для управління яскравістю світлодіодів.

DAP-04 призначений для перетворення сигналу протоколу DALI в ШІМ сигнал, що дозволяє управляти світлодіодами безпосередньо через ШІМ сигнал, що подається на вхід ШІМ контролера. Це забезпечує швидке та просте управління світлодіодним освітленням, зменшує кількість компонентів, що потрібні для управління світлодіодами, та покращує ефективність управління світлодіодами.

Для використання DAP-04 потрібно мати контролер ШІМ, який може приймати ШІМ сигнали на вхід. Крім того, потрібно мати світлодіодні пристрої, які можуть бути управляні за допомогою ШІМ сигналів. Загалом, DAP-04 може бути корисним для розширення функціональності системи управління світлодіодним освітленням та забезпечення більш простого та ефективного управління світлодіодами.

Технічні характеристики:

- вхідна напруга: 90...305 В AC;
- перетворення сигналу DALI на ШІМ-сигнал;
- підключення кнопки-дімера;
- 4 незалежні вихідні канали;
- можливість вибору активного рівня ШІМ: високий або низький;
- діапазон димування: 1...100%;
- клас ізоляції: Class II (без входу до землі);
- споживання: <0,5 Вт;
- вбудоване реле для увімкнення/вимкнення драйвера світлодіода;
- корпус із незгоряного матеріалу по UL 94V-0 із захистом IP20;
- робоча температура: -30 ... +60 ° C.

Стандартні функції:

замикання та перегріву. Крім того, драйвер має захист від вологості та пилу, що робить його ідеальним варіантом для використання в зовнішніх умовах.

Для забезпечення стабільного та безпечного живлення світлодіодів, драйвер ІПС80-700ТУ ІР67 1202 має вбудований диммер (регулювання яскравості) з можливістю використання протоколу DALI. Це дозволяє забезпечувати більш точне та ефективне управління світлодіодним освітленням.

Узагалі, драйвер ІПС80-700ТУ ІР67 1202 є надійним та ефективним драйвером для використання в різних застосуваннях, де потрібно забезпечити стабільне живлення великої кількості світлодіодів в умовах з вологості та пилом.

Як датчик природного сонячного освітлення був обраний SLO320.



Рисунок 3.3 - Датчик освітленості зовнішній LSO320

SLO320 - це датчик освітлення, який використовується для автоматичного керування освітленням в будинках, офісах, магазинах та інших приміщеннях. Цей датчик має високу точність вимірювання рівня освітленості та забезпечує ефективне керування освітленням.

SLO320 має робочий діапазон вимірювання освітленості від 0 до 320 люксів. Цей діапазон вимірювання може бути налаштований за допомогою додаткових опцій. Датчик оснащений фотодіодом з високою чутливістю, який забезпечує точне вимірювання рівня освітленості в приміщенні.

Датчик має компактний дизайн та легко монтується на стелі або на стінній поверхні. Він має надійний корпус, що забезпечує захист від вологи та пилу, тому його можна використовувати як у внутрішніх, так і у зовнішніх умовах.

Датчик освітлення SLO320 підключається до системи керування освітленням і може працювати у різних режимах. Наприклад, він може включати світло, якщо рівень освітленості опускається нижче певного порогового значення, і вимикати світло, якщо рівень освітленості піднімається вище цього порогового значення. Це дозволяє економити електроенергію та зменшувати витрати на оплату рахунків за електрику.

Узагалі, SLO320 є надійним та ефективним пристроєм для автоматичного керування освітленням в різних приміщеннях. Він дозволяє зберігати комфортну рівень освітленості в приміщенні та забезпечує оптимальне використання енергії, що дозволяє зменшити витрати на електроенергію та зменшити вплив на навколишнє середовище.

Датчик може бути додатково налаштований для роботи з іншими пристроями керування, такими як таймери або датчики присутності, що дозволяє створити більш складні та ефективні системи керування освітленням.

Крім того, SLO320 може бути використаний у системах "розумний дім", де він може бути інтегрований з іншими пристроями, що дозволяє створювати автоматизовані сценарії керування освітленням.

Узагалі, цей датчик є потужним та ефективним пристроєм для автоматичного керування освітленням в будь-якому приміщенні, що дозволяє забезпечити комфортний рівень освітленості та зменшити витрати на електроенергію.

3.2.2 Підбір компонентів контролера DALI

Контролер STM32F103VBT6 - це мікроконтролер з ядром ARM Cortex-M3, який виробляється компанією STMicroelectronics. Він має 32-бітну архітектуру та працює на тактовій частоті до 72 МГц. Цей контролер має різноманітні можливості та може використовуватись в різних застосуваннях, таких як системи керування, автоматизація, IoT-пристрої та інші.

Основні технічні характеристики контролера STM32F103VBT6:

- ядро: ARM Cortex-M3;
- частота: до 72 МГц;

- об'єм пам'яті: 128 Кбайт Flash, 20 Кбайт SRAM;
- інтерфейси: 2x I2C, 3x USART, 2x SPI, 1x USB 2.0 Full Speed;
- АЦП: 12-бітний, 16 каналів;
- ШІМ: 16-бітний, 4 канали;
- GPIO: до 80 виводів;
- живлення: від 2.0 до 3.6 В;
- розміри: LQFP100, 14x14 мм.

Контролер STM32F103VBT6 є досить потужним та функціональним мікроконтролером, який може використовуватись в різних проектах, що потребують високої продуктивності та різноманітних інтерфейсів. Крім того, STM32F103VBT6 має широку підтримку різних інструментів розробки, таких як Keil μ Vision, IAR Embedded Workbench, а також безкоштовних інструментів, таких як STM32CubeIDE та STM32CubeMX, що полегшують розробку програмного забезпечення для даного контролера.

Джерело опорної напруги REF3025AIDBZT - це інтегральна мікросхема, що виробляється компанією Texas Instruments. Вона забезпечує стабільну опорну напругу для різних електронних пристроїв, включаючи мікроконтролери, АЦП, датчики, операційні підсилювачі та інші елементи.

Основні технічні характеристики джерела опорної напруги REF3025AIDBZT:

- напруга живлення: від 2,5 до 12 В;
- діапазон вихідної напруги: від 2,5 до 5 В;
- точність вихідної напруги: $\pm 0,05\%$;
- температурний діапазон: від -40 до $+125$ °C;
- максимальний струм навантаження: 10 мА;
- струм споживання: 55 мкА;
- корпус: SOT-23.

REF3025AIDBZT забезпечує стабільну опорну напругу з високою точністю, що дозволяє забезпечити стабільну роботу електронних пристроїв, що

використовують цей елемент. Вона має низький рівень споживання енергії, що дозволяє ефективно використовувати її в системах з обмеженими джерелами живлення.

Контролер напруги TPS3823-33DBVR - це інтегральна мікросхема, що виробляється компанією Texas Instruments. Вона використовується для контролю напруги живлення електронних пристроїв, таких як мікроконтролери, перетворювачі постійного струму та інші елементи.

– основні технічні характеристики контролера напруги TPS3823-33DBVR:

- напруга живлення: від 2,5 до 6 В;
- напруга порога включення: 3,3 В;
- точність напруги порога включення: $\pm 1\%$;
- максимальний струм навантаження: 10 мА;
- температурний діапазон: від -40 до +125 °C;
- струм споживання: менше 1 мА;
- корпус: SOT-23.

TPS3823-33DBVR забезпечує надійний контроль напруги живлення, що дозволяє уникнути несправностей і пошкоджень електронних пристроїв, пов'язаних зі зниженням напруги. Цей контролер має низький рівень споживання енергії, що дозволяє ефективно використовувати його в системах з обмеженими джерелами живлення. Крім того, малий розмір корпусу SOT-23 дозволяє використовувати TPS3823-33DBVR в малих електронних пристроях з обмеженим простором.

Силовe реле PVX6012 - це електромеханічний елемент керування, який використовується для переключення великих електричних навантажень. Воно може бути встановлено в електричних схемах, що працюють з напругою до 380 В та струмом до 12 А.

- основні технічні характеристики силового реле PVX6012:
- напруга живлення: від 12 до 24 В постійного струму;

- номінальний струм переключення: 12 А;
- кількість перемикаючих контактів: 1 перехідний контакт;
- тип контакту: NO (розкриття контактів відбувається при застосуванні напруги на котушку);
- тип котушки: DC;
- кріплення: на плату з монтажними отворами;
- ресурс перемикачів: більше 1 мільйона циклів.

Диференціальний підсилювач AMC1200BDUB - це інтегральна мікросхема, яка забезпечує вимірювання та передачу високочастотного сигналу з високою точністю та надійністю. Вона зазвичай використовується в системах вимірювання напруги, температури та інших параметрів в промислових умовах.

Основні технічні характеристики диференціального підсилювача AMC1200BDUB:

- напруга живлення: від 4,5 до 5,5 В постійного струму;
- робоча частота: від 0 до 200 кГц;
- робочий діапазон вхідної напруги: від -250 до 250 В;
- підсилювання: 20 В/В;
- точність підсилювання: $\pm 0,3\%$;
- ізоляція між вхідним та вихідним каналом: більше 4000 В.

Диференціальний підсилювач AMC1200BDUB має високу точність та стійкість до шумів, що дозволяє використовувати його в умовах з високими електромагнітними перешкодами. Він також має високу ізоляцію між вхідним та вихідним каналом, що дозволяє використовувати його в системах з високими вимогами до електричної безпеки. Диференціальний підсилювач AMC1200BDUB може бути використаний в різних пристроях, таких як інвертори, промислові контролери, системи вимірювання та інші. Він забезпечує високу точність вимірювання та передачі сигналу, що дозволяє використовувати його в системах з високими вимогами до точності та стійкості.

Модуль Wi-Fi SPWF01SA - це інтегрований модуль з підтримкою бездротового зв'язку Wi-Fi для побудови мереж Інтернету речей (IoT). Він містить у собі Wi-Fi чіп з підтримкою 802.11 b/g/n, мікроконтролер STM32 та додаткові модулі для підтримки роботи з бездротовою мережею.

Основні технічні характеристики модуля Wi-Fi SPWF01SA:

- підтримка бездротового зв'язку Wi-Fi 802.11 b/g/n;
- частотний діапазон: 2,4 ГГц;
- швидкість передачі даних: до 72 Мбіт/с;
- максимальна вихідна потужність: 18 дБм;
- інтерфейси: UART, SPI, I2C, GPIO;
- підтримка захисту даних WEP, WPA/WPA2.

Модуль Wi-Fi SPWF01SA має низьку споживану потужність та може бути використаний в батарейних пристроях. Він підтримує різні режими роботи Wi-Fi, такі як стан сплячого режиму, режим оффлайн та інші, що дозволяє економно використовувати енергію. Модуль має різні захисні механізми, що дозволяє захистити дані від зловмисників.

Модуль Wi-Fi SPWF01SA може бути використаний в різних пристроях, таких як сенсори, контролери, різноманітні промислові пристрої, що дозволяє побудувати бездротову мережу з можливістю дистанційного керування та моніторингу. Він має низький профіль та може бути легко вбудований в різні пристрої.

Опторозв'язок H11L1 - це пристрій, який використовується для гальванічної ізоляції між двома електричними колами. Він складається з інфрачервоного світлового діода (LED) та фототранзистора, з'єднаних у корпусі.

- H11L1 має наступні технічні характеристики:
- номінальний струм передачі: 10 мА;
- максимальна напруга ізоляції між входом і виходом: 5 кВ;
- частота передачі даних: до 1 МГц;
- швидкість реакції: 4 мкс;

- робоча температура: -55°C до $+100^{\circ}\text{C}$.

Опторозв'язок H11L1 застосовується для гальванічної ізоляції сигналів в системах керування, автоматики, електроніки, медичинських пристроях, іншій техніці та пристроях. Він дозволяє підвищити безпеку роботи з електричними колами, запобігаючи можливим пошкодженням обладнання та захищаючи користувачів від можливого ураження електричним струмом.

Застосування H11L1 знижує електромагнітну змішаність між системами та запобігає можливості нав'язування шумів, що можуть викликати помилки в роботі пристроїв та систем. Крім того, опторозв'язок H11L1 забезпечує високу точність передачі сигналів та має високу стійкість до шумів та перешкод.

Узагалі, опторозв'язок H11L1 є надійним та безпечним пристроєм для гальванічної ізоляції сигналів в різноманітних електронних пристроях та системах.

Перетворювач RS-485 на USB FT232RL - це пристрій, який дозволяє передавати дані між двома пристроями за допомогою стандарту RS-485 через інтерфейс USB. Цей пристрій дозволяє забезпечувати двосторонню передачу даних між двома пристроями, які використовують різні інтерфейси зв'язку, і дозволяє забезпечувати швидку передачу даних на відстані до 1200 метрів.

FT232RL є чіпом, який виконує роль USB-контролера і протоколувального пристрою. Він підтримує передачу даних з швидкістю до 3 Мбіт/с і може підтримувати різні інтерфейси, включаючи UART, FIFO та Bit-Bang.

Щоб забезпечити конвертацію між RS-485 та USB, перетворювач містить вбудований чіп MAX485, який забезпечує рівні сигналу RS-485. Цей чіп дозволяє передавати дані на відстані до 1200 метрів і забезпечує стійкість передачі даних в шумних середовищах.

Перетворювач RS-485 на USB FT232RL підтримує більшість операційних систем, включаючи Windows, Linux та Mac OS, і має драйвери для цих систем. Крім того, його можна використовувати з різноманітними програмними засобами, включаючи Python, C++, LabVIEW та інші, що дозволяє використовувати його для розробки різноманітних додатків і систем.

Перетворювач AC/DC NFM-10-5 - це пристрій, який дозволяє перетворювати змінний струм (AC) в постійний струм (DC) з напругою 5 Вольт. Цей пристрій зазвичай використовується для живлення різних електронних пристроїв, таких як мікроконтролери, сенсори, ЖК-дисплеї, LED-лампи та інші електронні пристрої, які працюють від постійної напруги.

NFM-10-5 працює з вхідною напругою AC 100-240 Вольт і має вихідну напругу DC 5 Вольт та максимальний струм 2 ампера. Цей пристрій має високий коефіцієнт ефективності, що дозволяє зменшити енергоспоживання пристроїв, які використовують його як джерело живлення.

Мікросхема має компактний розмір і легко монтується на плату або в корпусі пристрою. Він має захист від перевантаження, короткого замикання, перенапруги та перегріву, що забезпечує безпеку і довговічність пристроїв, які використовують його як джерело живлення.

Перетворювач AC/DC NFM-10-5 може використовуватися в різних галузях, включаючи промисловість, автоматизацію, телекомунікації, медицину, транспорт та інші сфери. Його можна знайти в різних пристроях, які потребують надійного та стабільного джерела живлення.

Основні характеристики перетворювача AC/DC NFM-10-5:

- вихідна потужність: 10 Вт;
- вихід: 5;
- напруга 1 каналу: від 4.5 до 5.5;
- вихідний струм 1 каналу: від 0 до 2 А;
- вхід: 110/220;
- діапазон робочих температур: від - 200 до 700 °С.

Перетворювач AC/DC TDN 5-0910WISM - це пристрій, який дозволяє перетворювати змінний струм (AC) в постійний струм (DC) з напругою 9 Вольт. Цей пристрій зазвичай використовується для живлення різних електронних пристроїв, таких як мікроконтролери, сенсори, ЖК-дисплеї, LED-лампи та інші електронні пристрої, які працюють від постійної напруги.

Мікросхема AC/DC TDN 5-0910WISM працює з вхідною напругою AC 100-240 Вольт і має вихідну напругу DC 9 Вольт та максимальний струм 1 ампер. Цей пристрій має високий коефіцієнт ефективності, що дозволяє зменшити енергоспоживання пристроїв, які використовують його як джерело живлення.

AC/DC TDN 5-0910WISM має компактний розмір і легко монтується на плату або в корпусі пристрою. Він має захист від перевантаження, короткого замикання, перенапруги та перегріву, що забезпечує безпеку і довговічність пристроїв, які використовують його як джерело живлення.

Перетворювач може використовуватися в різних галузях, включаючи промисловість, автоматизацію, телекомунікації, медицину, транспорт та інші сфери. Його можна знайти в різних пристроях, які потребують надійного та стабільного джерела живлення з напругою 9 Вольт.

3.2 Програмне забезпечення

Алгоритм роботи контролера полягає в наступному. На початку відбувається ініціалізація периферії контролера. Потім – ініціалізація модуля Wi-Fi. Далі відбувається ініціалізація пристроїв на шині DALI та призначення ним коротких адрес. Короткі адреси щоразу призначаються в тому самому порядку відповідно до довгих унікальних адрес баластів. Потім контролер перетворюється на режим очікування команд. Текст коду програмного забезпечення, який може бути підлаштований під конкретну електричну схему, представлений у додатку А.

ВИСНОВКИ

Вплив освітлення, його інтенсивності, часу і довжини хвилі на рослинництво і тваринництво є величезним і не підлягає запереченню. Правильно організоване освітлення допомагає збільшити врожай, попередити захворювання рослин і домогтися пришвидшення циклу отримання врожаю.

В роботі розглянуто технічне забезпечення систем штучного освітлення, які застосовувались і застосовуються у теплицях. Розглянуто використання ламп розжарювання, газорозрядних та світлодіодних ламп, їх переваги і недоліки.

На ефективність систем освітлення також значно впливає яким чином реалізовано регулювання параметрів системи. Чи є воно простим і доступним, чи вимагає втручання в конструкцію системи. В роботі було розглянуто аналогове керування системою освітлення, протокол передачі даних DMX512, що був розроблений як засіб управління інтелектуальними світловими приладами з різних консолей через єдиний інтерфейс, широтно-імпульсна модуляція та стандартний цифровий протокол управління освітленням за допомогою таких пристроїв – DALI.

Для проектованої системи було обране світлодіодне освітлення з використанням протоколу DALI, бо при регулюванні освітлення зміною струму через світлодіоди, крім зміни кількості світла, виходить супутня зміна кольору, а при регулюванні світла широтно-імпульсною модуляцією, тобто подачею на світлодіоди імпульсів постійної амплітуди (але регульованої ширини), що часто повторюються, світлодіод працює на номінальному струмі, але менший час і колірного зсуву немає.

В роботі розглянуті різні контролери DALI, визначені їх переваги і недоліки, проведена розробка структурної схеми системи і виконаний підбір компонентів системи, яка після збору і програмування буде здатна забезпечувати правильне освітлення теплиці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 A brief history of smart lighting control – Casambi. URL: <https://casambi.com/blog/a-brief-history-of-smart-lightingcontrol/#footnotes> (Last accessed: 30.04.2023).

2 Best Remote Controlled Lighting Systems, Sleepopolis, 2022. URL: https://sleepopolis-com.translate.goog/reviews/best-remotecontrolled-lighting-systems/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=uk&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc (Last accessed: 30.04.2023).

3 Introduction to Lighting Control. Action Services Group. URL: <https://www.actionservicesgroup.com/blog/introduction-to-lighting-control-systems> (Last accessed: 30.04.2023).

4 How Do Remote Lighting Controls Work? Nevada Sales Agency. URL: <http://www.nevadasalesagency.com/2020/02/25/how-doremote-lighting-controls-work> (Last accessed: 30.04.2023).

5 Best Remote Controlled Lighting. Sleepopolis, 2022. URL: <https://sleepopoliscom.translate.goog/reviews/best-remote-controlled-lighting-systems> (Last accessed: 30.04.2023).

6 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.

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

8 Іванов А. О. Теорія автоматичного керування : підручник / – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2003. – 250 с.

9 Light's Labours Lost – Fact Sheet. URL: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/light_fact.pdf (Last accessed: 30.04.2023).

10 Four Great Reasons to Dim – Lutron Electronics. URL: <http://europe.lutron.com/dim.htm> (Last accessed: 30.04.2023).

11 Енергоефективне освітлення [Електронний ресурс]. URL: http://umisn.com.ua/for_downloading/2014_THEBEN_UAch.pdf (дата звернення: 30.04.2023)

12 DALI Protocol and Interface with DALI Devices from External Master Controller. URL: https://www.researchgate.net/publication/344319530_DALI_Protocol_and_Interface_with_DALI_Devices_from_External_Master_Controller (Last accessed: 30.04.2023).

13 Lisa Meyer An Introduction to Digital Addressable Lighting Interface (Dali) Systems & Study of a Dali Daylighting Application. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/5164595.pdf>

14 Мікроконтролери: навч. посібн. / В. П. Малахов, Д. П. Яковлев. - Одеса: Наука і техніка, 2008. - 224 с.

15 Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Грищук. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с.

ДОДАТОК А

Лістинг А.1 – Код програми

```

#include <SPWF01SAWiFi.h>
#define maxPMW 255
/////v1
//#define ledPinR 12 // D6
//#define ledPinG 14 // D5
//#define ledPinB 15 // D8
//IPAddress ip(192, 168, 8, 200);
//v2
#define ledPinR 12 // D6
#define ledPinG 14 // D5
#define ledPinB 13 // D7
IPAddress ip(192, 168, 8, 201);
IPAddress gateway(192, 168, 8, 254);
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
WiFiServer server(80); //Порт
const char* ssid = "FreeNet";
const char* password = "password1";
String header;
String valueStringH = String(100);
String valueStringS = String(100);
String valueStringV = String(100);
String valueStringSp = String(400);
int globalR, globalG, globalB;
void HSVtoRGB(int H, int S = 100, int V = 100);
void timerRunLed();
void runningLights();
void runningLights2();
void runningLights3();
void police();
void turnRGB(int, int, int);
int modeLED = 3;
byte modeCurrentColor = 0;
unsigned long runTimer = 0;
void setup() {
  //Serial.begin(115200);
  pinMode(ledPinR, OUTPUT);
  pinMode(ledPinG, OUTPUT);
  pinMode(ledPinB, OUTPUT);
  pinMode(BUILTIN_LED, OUTPUT);
  analogWriteRange(maxPMW);
  //Serial.print("Connecting to ");
  //Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  WiFi.config(ip, gateway, subnet);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

```

```

    delay(500);
    Serial.print(".");
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected.");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    server.begin();
}
void loop() {
    digitalWrite(BUILTIN_LED, 1);
    if (modeLED == 2) timerRunLed();
    if (modeLED == 3) runningLights();
    if (modeLED == 4) police();
    if (modeLED == 5) runningLights2();
    if (modeLED == 6) runningLights3();
    turnRGB(globalR, globalG, globalB);
    WiFiClient client = server.available();
    digitalWrite(BUILTIN_LED, 0);
    Serial.println("New Client.");

    while (client.connected()) {
        if (client.available()) {
            char c = client.read();
            header += c;

            if (c == '\n') {
                if (header.indexOf("GET /?b=") >= 0) {
                    int pos1 = 0, pos2 = 0;
                    pos1 = header.indexOf('=');
                    pos2 = header.indexOf('&');
65
                    String parseB;
                    for (int i = pos1 + 1; i < pos2; i++) {
                        parseB += header[i];
                    }
                    modeLED = parseB.toInt();
                    //Serial.println(parseB);
                }
                //GET /?value=180& HTTP/1.1
                if (header.indexOf("GET /?value=") >= 0) {
                    int pos1 = 0, pos2 = 0;
                    pos1 = header.indexOf('=');
                    pos2 = header.indexOf('&');
                    String getH, getS, getV, getSp;
                    for (int i = pos1 + 1, bb = 0; i < pos2; i++) {
                        if (header[i] == '_') {
                            bb++;
                            continue;
                        }
                        switch (bb) {
                            case 0:
                                getH += header[i];

```

```

break;
case 1:
getS += header[i];
break;
case 2:
getV += header[i];
break;
case 3:
getSp += header[i];
break;
}
}
Serial.println(getH);
Serial.println(getS);
Serial.println(getV);
Serial.println(getSp);
if (modeLED == 1) valueStringH = getH;
valueStringS = getS;
valueStringV = getV;
valueStringSp = getSp;
HSVtoRGB(getH.toInt(), getS.toInt(), getV.toInt());
}
else {
if (true) {
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-type:text/html");
client.println("Connection: close");
66
client.println();

client.println("<!DOCTYPE html><html>");
client.println("<head><meta name=\"viewport\"
content=\"width=device-width, initialscale=1\">");
client.println("<link rel=\"icon\" href=\"data:,\">>");
client.println("<style>body { text-align: center; font-family:
\"Trebuchet MS\", Arial;
margin-left:auto; margin-right:auto;}");
client.println(".inputH { background: linear-gradient(to right,
hsl(0, 100%, 50%)
0%,hsl(14.4,100%,51%) 4%,hsl(28.8,100%,51%) 8%,hsl(43.2,100%,51%)
12%,hsl(57.6,100%,51%)
16%,hsl(72,100%,51%) 20%,hsl(86.4,100%,51%) 24%,hsl(100.8,100%,51%)
28%,hsl(115.2,100%,51%)
32%,hsl(129.6,100%,51%) 36%,hsl(144,100%,51%)
40%,hsl(158.4,100%,51%)
44%,hsl(172.8,100%,51%) 48%,hsl(187.2,100%,51%)
52%,hsl(201.6,100%,51%)
56%,hsl(216,100%,51%) 60%,hsl(230.4,100%,51%)
64%,hsl(244.8,100%,51%)
68%,hsl(259.2,100%,51%) 72%,hsl(273.6,100%,51%)
76%,hsl(288,100%,51%)
80%,hsl(302.4,100%,51%) 84%,hsl(316.8,100%,51%)
88%,hsl(331.2,100%,51%)

```

```

92%,hsl(345.6,100%,51%) 96%,hsl(360,100%,51%) 100%);}");
    client.println(".inputS { background: linear-gradient(to right,
#ffffff 0%, hsl(" +
valueStringH + ", 100%, 100%) 100%);}");
    client.println(".inputV { background: linear-gradient(to right,
#000000 0%, #ffffff
100%);}");
    client.println(".inputSp { background: linear-gradient(to right,
#ffbb00, #ff0000);}");
    client.println(".divColor{ width: 50px;height: 50px;background:
hsl(" + valueStringH + ",
100%, 50%);border-radius: 45px;margin: auto;}");
    client.println("input[type=range] { -webkit-appearance: none;
border-color: #000000;
border: 1px solid #000000;}");
    client.println("input[type='range']::-webkit-slider-thumb {-webkit-
appearance:
none;background-color: #ecf0f1;border: 1px solid #bdc3c7;width:
20px;height: 20px;border-radius:
10px;cursor: pointer;}");
    client.println(".button { background-color: rgb(83, 1, 116);
border: none; border-radius:
5%; color: white; padding: 15px 44px; text-align: center; text-
decoration: none; display: inlineblock; font-size: 16px; transition-
duration: 0.4s;}");
    client.println(".button:hover {background-color: rgb(114, 1, 207);
color: white;}");
    client.println(".button:active { background-color: #5f00cc; box-
shadow: 0 5px #666;
transform: translateY(4px); }");
    client.println(".slider { width: 300px; border-radius: 40px; } ");
    client.println("p { display: block; margin: 5px;}");
    client.println("html { background-color: #0d1117; color: rgb(155,
2, 216);}");
    client.println("span{ color:#9538ff; font-family: 'Franklin Gothic
Medium', 'Arial
Narrow', Arial, sans-serif;}");
    client.println("h1{ font-family: Cambria, Cochin, Georgia, Times,
'Times New Roman',
serif;}");
    client.println("</style>");
    // веб-страница:
    client.println("</head> <body><h1>LED WIFI </h1 > ");
    client.println("<div class = \"divColor\"></div>");
    client.println("<p>Hue: <span id=\"sliderH\">" + valueStringH +
"</p>");
    client.println("<p><input type=\"range\" min=\"0\" max=\"360\"
class=\"slider inputH\"
id=\"HSlider\" onchange=\"SliderH(this.value)\" value=\"" +
valueStringH + "\"/></p>");
    client.println("<p>Saturation: <span id=\"sliderS\">" +
valueStringS + "</p>");
    client.println("<p><input type=\"range\" min=\"0\" max=\"100\"

```

```

class=\\"slider inputS\\"
id=\\"SSlider\\" onchange=\\"SliderS(this.value)\\" value=\\"\" +
valueStringS + \\"/> </p>");
    client.println("<p>Brightness: <span id=\\"sliderV\\">" +
valueStringV + "</p>");
    client.println("<p><input type=\\"range\\" min=\\"0\\" max=\\"100\\"
class=\\"slider inputV\\"
id=\\"VSlider\\" onchange=\\"SliderV(this.value)\\" value=\\"\" +
valueStringV + \\"/> </p>");
    client.println("<p>Speed: <span id=\\"sliderSp\\">" + valueStringSp +
"</p>");
    client.println("<p><input type=\\"range\\" min=\\"0\\" max=\\"1000\\"
class=\\"slider inputSp\\"
id=\\"SpSlider\\" onchange=\\"SliderSp(this.value)\\" value=\\"\" +
valueStringSp + \\"/> </p>");
    client.println("<p> <input type=\\"button\\" value=\\"1\\"
class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> <input type=\\"button\\"
value=\\"2\\" class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> <input type=\\"button\\"
value=\\"3\\" class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> </p>");
    client.println("<p> <input type=\\"button\\" value=\\"4\\"
class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> <input type=\\"button\\"
value=\\"5\\" class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> <input type=\\"button\\"
value=\\"6\\" class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> </p>");
    client.println("<p> <input type=\\"button\\" value=\\"7\\"
class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> <input type=\\"button\\"
value=\\"8\\" class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> <input type=\\"button\\"
value=\\"9\\" class=\\"button\\"
onclick=\\"buttonClick(this.value)\\"> </p>");
    client.println("<script>var slideH =
document.getElementById(\\"HSlider\");");
    client.println("var slH = document.getElementById(\\"sliderH\");");
    client.println("slH.innerHTML = slideH.value;");
    client.println("slideH.oninput = function() {slH.innerHTML =
this.value; fetch(\\"/?value=\\" +
this.value + \\"_\\" + slideS.value + \\"_\\" + slideV.value + \\"_\\" +
slideSp.value + \\"&\");");
    client.println("document.getElementsByClassName('divColor')[0].style
.background=\\"hsl(\\"+slideH.v
alue+\\", 100%, 50%)\\");");
    client.println("slideS.style.background = \\"linear-gradient(to
right, #ffffff 0%,
hsl(\\"+slideH.value+\\", 100%, 50%) 100%)\\";}");
    client.println("function SliderH(pos) {slH.innerHTML = pos; } ");
    client.println("var slideS =
document.getElementById(\\"SSlider\");");

```

```

    client.println("var slS = document.getElementById(\"sliderS\");");
    client.println("slS.innerHTML = slideS.value;");
    client.println("slideS.oninput = function() {slS.innerHTML =
this.value; fetch(\"/?value=\" +
slideH.value + \"_\" + this.value + \"_\" + slideV.value + \"_\" +
slideSp.value + \"&\"); }");
    client.println("function SliderS(pos) {slS.innerHTML = pos; } ");
    client.println("var slideV =
document.getElementById(\"VSlider\");");
    client.println("var slV = document.getElementById(\"sliderV\");");
    client.println("slV.innerHTML = slideV.value;");
    client.println("slideV.oninput = function() {slV.innerHTML =
this.value; fetch(\"/?value=\" +
slideH.value + \"_\" + slideS.value + \"_\" + this.value + \"_\" +
slideSp.value + \"&\"); }");
    client.println("function SliderV(pos) {slV.innerHTML = pos; } ");
    client.println("var slideSp =
document.getElementById(\"SpSlider\");");
    client.println("var slSp =
document.getElementById(\"sliderSp\");");
    client.println("slSp.innerHTML = slideSp.value;");
    client.println("slideSp.oninput = function() {slSp.innerHTML =
this.value; fetch(\"/?value=\"
+ slideH.value + \"_\" + slideS.value + \"_\" + slideV.value + \"_\"
+ this.value + \"&\"); }");
    client.println("function SliderSp(pos) {slSp.innerHTML = pos; } ");
    client.println("function buttonClick(text){fetch(\"/?b=\" + text
+ \"&\");}");
    client.println("</script>");
    client.println("</body></html>");
client.println();
}
}
break; //завершить цикл
}
}
}
header = ""; //Очистка строки передачи данных
}
}
void HSVtoRGB(int H, int S, int V) {
    if (H == 360) {
        H = 0;
    }
    int Hi = (H / 60);
    int Vmin = ((100 - S) * V) / 100;
    int a = ((H % 60) * (V - Vmin)) / 60;
    int Vinc = Vmin + a;
    int Vdec = V - a;
    int r, g, b;
    r = g = b = 0;
    switch (Hi) {
        case 0:

```

```

    r = V;
    g = Vinc;
    b = Vmin;
    break;
    case 1:
    r = Vdec;
    g = V;
    b = Vmin;
    break;
    case 2:
    r = Vmin;
    g = V;
    b = Vinc;
    break;
    case 3:
    r = Vmin;
    g = Vdec;
69
    b = V;
    break;
    case 4:
    r = Vinc;
    g = Vmin;
    b = V;
    break;
    case 5:
    r = V;
    g = Vmin;
    b = Vdec;
    break;
}
//Serial.println("");
globalR = (r * maxPMW) / 100;
globalG = (g * maxPMW) / 100;
globalB = (b * maxPMW) / 100;
//Serial.print("R = ");
//Serial.println(globalR);
//Serial.print("G = ");
//Serial.println(globalG);
//Serial.print("B = ");
//Serial.println(globalB);
//Serial.println("");
}
void turnRGB(int r, int g, int b) { //Отображение на ленте цвета
    analogWrite(ledPinR, maxPMW - r);
    analogWrite(ledPinG, maxPMW - g);
    analogWrite(ledPinB, maxPMW - b);
}
void timerRunLed() {
    if (millis() > (runTimer + valueStringSp.toInt()/2)) {
        valueStringH = valueStringH.toInt() + 1;
        if (valueStringH == "361")valueStringH = "0";
        HSVtoRGB(valueStringH.toInt(), valueStringS.toInt(),

```

```

valueStringV.toInt());
//Serial.println(valueStringH);
runTimer = millis();
}
}
void runningLights() {
    int curModeColor[] = {0, 120, 240};
    if (millis() > (runTimer + valueStringSp.toInt())) {
        runTimer = millis();
        modeCurrentColor++;
    }
    if(modeCurrentColor >2)modeCurrentColor = 0;
    HSVtoRGB(curModeColor[modeCurrentColor], valueStringS.toInt(),
valueStringV.toInt());
}
void police() {
    if(millis() < ((runTimer+valueStringSp.toInt()))){
        valueStringH = "0";
        valueStringV = "100";
    }
    if(millis() > ((runTimer+valueStringSp.toInt())) &&
millis() < ((runTimer+valueStringSp.toInt())*1.5){
        valueStringH = "0";
        valueStringV = "0";
    }
    if(millis() > (runTimer+valueStringSp.toInt())*1.5 &&
millis() < (runTimer+valueStringSp.toInt())*2.5){
        valueStringH = "0";
        valueStringV = "100";
    }
    if(millis() > (runTimer+valueStringSp.toInt())*2.5 &&
millis() < (runTimer+valueStringSp.toInt())*3.5){
        valueStringH = "0";
        valueStringV = "0";
    }
    if(millis() > (runTimer+valueStringSp.toInt())*7 &&
millis() < (runTimer+valueStringSp.toInt())*8){
        valueStringH = "240";
        valueStringV = "100";
    }
    if(millis() > (runTimer+valueStringSp.toInt())*8 &&
millis() < (runTimer+valueStringSp.toInt())*8.5){
        valueStringH = "240";
        valueStringV = "0";
    }
    if(millis() > (runTimer+valueStringSp.toInt())*8.5 &&
millis() < (runTimer+valueStringSp.toInt())*9.5){
        valueStringH = "240";
        valueStringV = "100";
    }
    if(millis() > (runTimer+valueStringSp.toInt())*9.5 &&
millis() < (runTimer+valueStringSp.toInt())*10.5){
        valueStringH = "240";

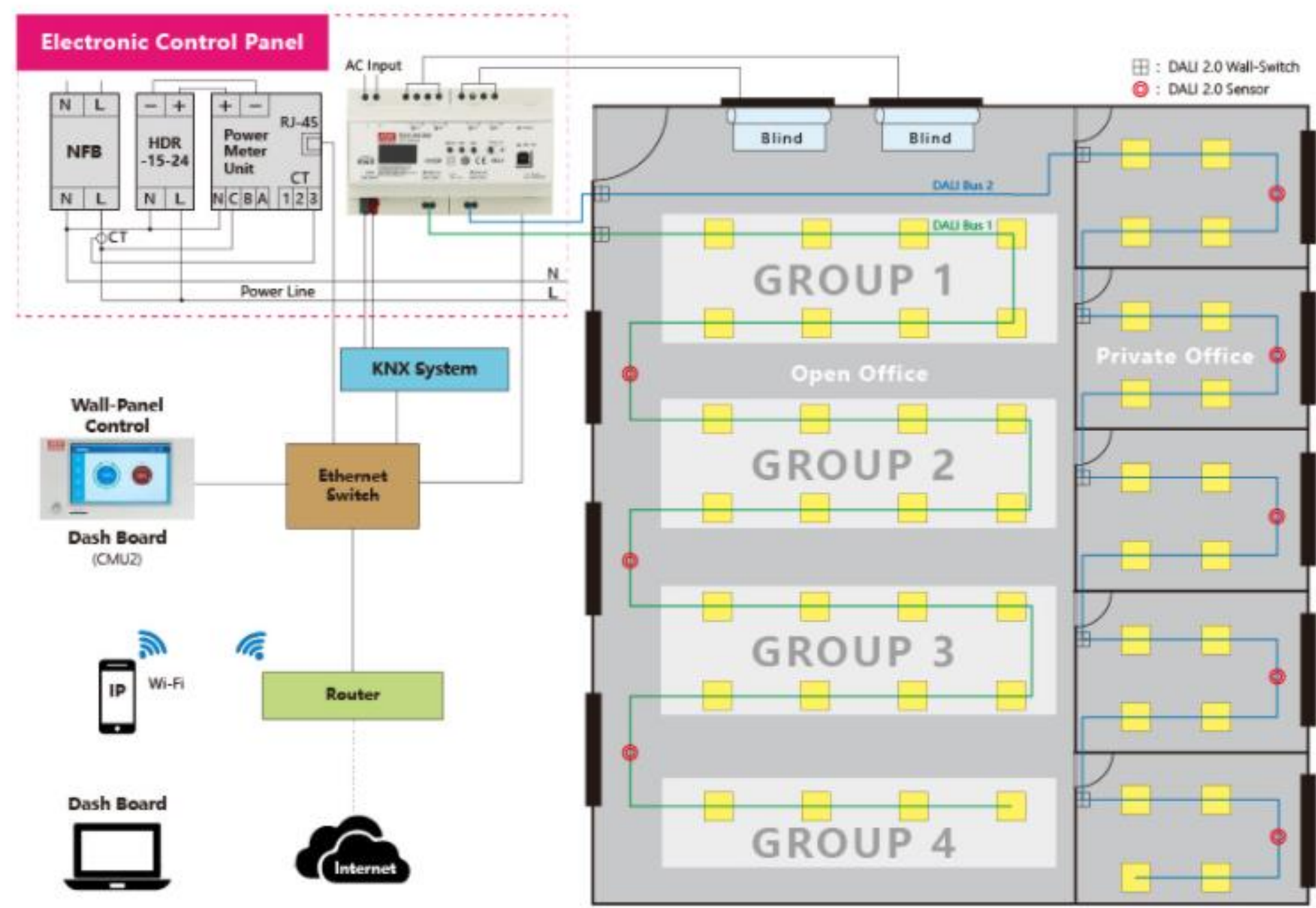
```

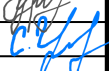
```

valueStringV = "0";
}
if(millis() > (runTimer + valueStringSp.toInt()) * 10.5)
runTimer = millis();
HSVtoRGB(valueStringH.toInt(), valueStringS.toInt(),
valueStringV.toInt());
}
void runningLights2(){
int curModeColor[] = {0, 60, 120, 180, 240, 300};
if (millis() > (runTimer + valueStringSp.toInt())) {
runTimer = millis();
modeCurrentColor++;
}
if(modeCurrentColor > 5) modeCurrentColor = 0;
HSVtoRGB(curModeColor[modeCurrentColor], valueStringS.toInt(),
valueStringV.toInt());
}
void runningLights3(){
if (millis() > (runTimer + valueStringSp.toInt())) {
valueStringH = valueStringH.toInt() + 10;
if (valueStringH > "361") valueStringH = "0";
}
}

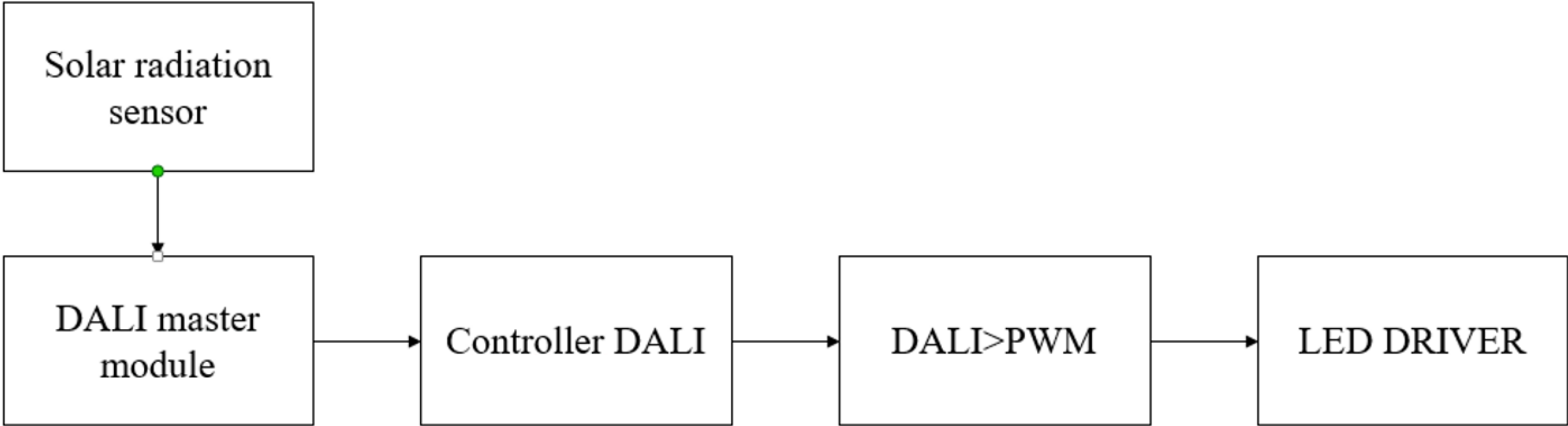
```

Структурна схема підключення пристроїв



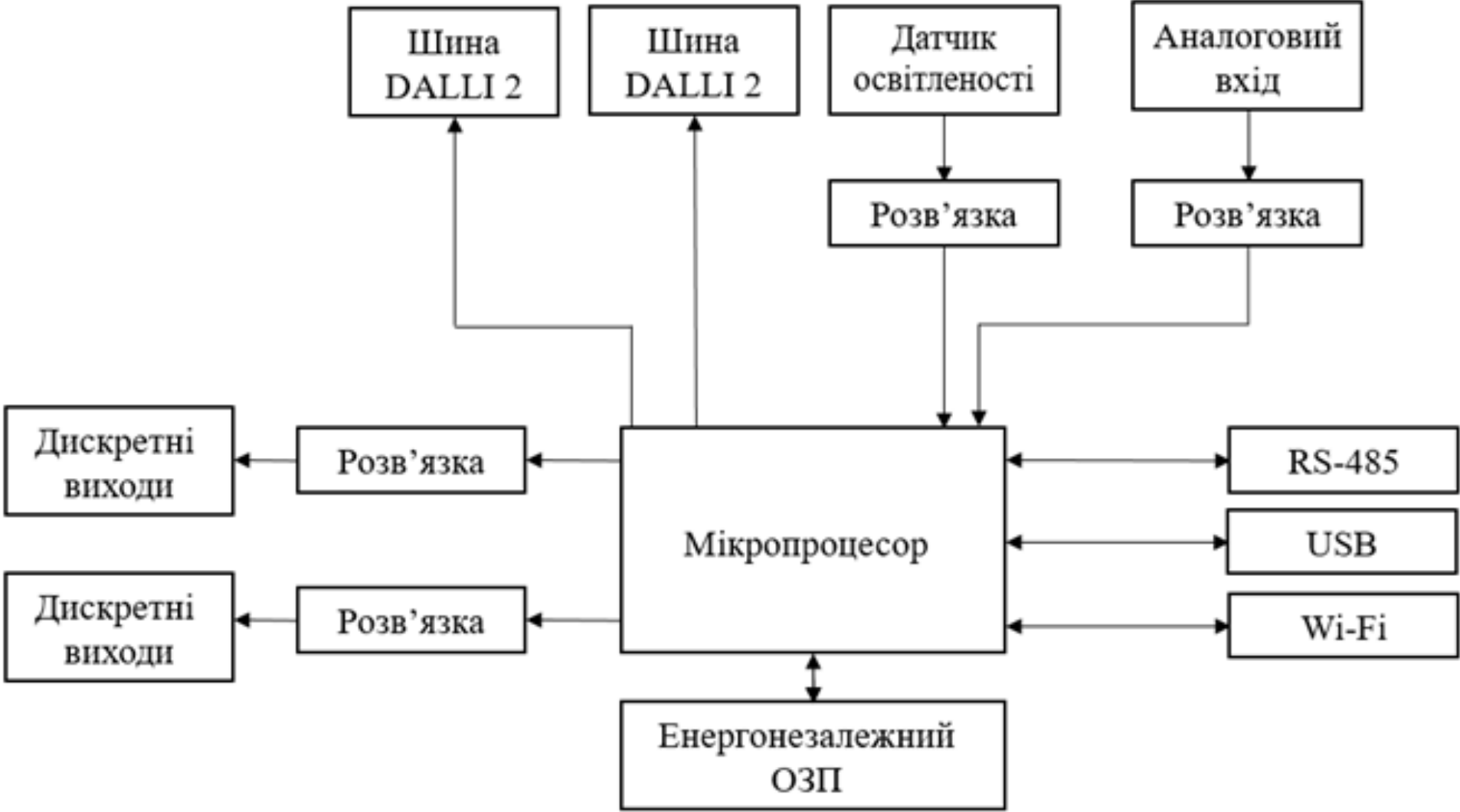
					13.02070849.51031 ПЛ1						
					Розробка системи світлодіодного освітлення теплиці Структурна схема підключення пристроїв	Лист.		Маса		Масшт.	
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата							
Розроб.		Гуртовенко А.В.									
Перев.		Грушко С.С.									
Т.контр.						Лист 1		Листів 1			
Н.контр.		Щербак Н.В.				НУ «Запорізька політехніка» КНТ-510сп					
Затв.		Кудерметов Р.К.									

Структурна схема системи



					13.02070849.51031 ПЛ2						
					Розробка системи світлодіодного освітлення теплиці Структурна схема системи	Лист.		Маса		Масшт.	
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата							
Розроб.		Гуртовенко А.В.									
Перев.		Грушко С.С.									
Т.контр.											
						Лист 1		Листів 1			
Н.контр.		Щербак Н.В.				НУ «Запорізька політехніка»					
Затв.		Кудерметов Р.К.				КНТ-510сп					

Структурна схема контролера DALI



					13.02070849.51031 ПЛЗ							
					Розробка системи світлодіодного освітлення теплиці Структурна схема контролера DALI	Лист.			Маса		Масшт.	
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата								
Розроб.		Гуртовенко А.В.										
Перев.		Грушко С.С.										
Т.контр.												
						Лист 1		Листів 1				
Н.контр.		Щербак Н.В.				НУ «Запорізька політехніка»						
Затв.		Кудерметов Р.К.				КНТ-510сп						

Підбір компонентів системи

- Конвертер протоколу DALI в ШІМ сигнал - DAP-04
- Драйвер світлодіодних світильників - «ІПС80-700ТУ IP67 1202»
- Датчик освітлення - SLO320
- Мікроконтролер - STM32F103VBT6
- Джерело опорної напруги - REF3025AIDBZT
- Контролер напруги - TPS3823-33DBVR
- Силове реле - PVX6012
- Диференціальний підсилювач - AMC1200BDUB
- Модуль Wi-Fi - SPWF01SA
- Опторозв'язок - H11L1
- Перетворювач RS-485 на USB - FT232RL
- Перетворювач AC/DC - NFM-10-5

					13.02070849.51031 ПЛ4				
					Розробка системи світлодіодного освітлення теплиці Підбір компонентів системи				
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.		Гуртовенко А.В.							
Перев.		Грушко С.С.							
Т.контр.									
Н.контр.		Щербак Н.В.							
Затв.		Кудерметов Р.К.							