

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК 631.371:621.31

ПОГОДЖЕНО

**Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження**

проф., д.т.н. _____ **КАПЛУН В.В.**

(підпис)

« _____ » _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій**

доц., к.т.н. _____ **ОКУШКО О.В.**

(підпис)

« _____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **«РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНОЇ СИСТЕМИ
ОПРОМІНЕННЯ РОСЛИН У ТЕПЛИЦЯХ»**

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

_____ **К.Т.Н., ДОЦЕНТ**

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М.

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

_____ **К.Т.Н., ДОЦЕНТ**

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Синявський О.Ю.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Резнік В.В.

(ПІБ)

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

_____ **Окушко О.В.**
к.т.н., доц. (підпис)
« _____ » 2024 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ
Резніку Віталію Віталійовичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Розроблення та дослідження світлодіодної системи опромінення рослин у теплицях»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 26.09.2024 № 1666”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15. 11 . 2024

Вихідні дані до магістерської роботи: «Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»; матеріали практики.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз параметрів опромінення на ріст і розвиток рослин та джерел їх опромінення.

2. Провести аналіз технологічного та електротехнічного обладнання в зимовій теплиці на малоб'ємній гідропоніці.

3. Провести дослідження світлодіодної системи опромінення рослин у теплицях.

4. Розробити систему резонансного електроживлення світлодіодів.

5. Обґрунтувати заходи з енергозбереження в теплиці.

6. Розробити заходи з охорони праці у тепличному господарстві.

7. Провести техніко-економічне обґрунтування використання широкопasmової системи опромінення рослин з резонансним електроживленням

Дата видачі завдання 27.09.2024

Керівник магістерської роботи _____ **Синявський О.Ю.**
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ **Резнік В.В.**
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 84 с., 22 рис., 23 табл., 23 джерел.

Об'єкт досліджень – технологічний процес вирощування рослин у блоці теплиць на малооб'ємній гідропоніці із штучним опроміненням.

Мета досліджень – обґрунтування параметрів системи автоматизованого електрообладнання для вирощування овочевих культур у теплицях із застосуванням світлодіодної системи опромінення рослин.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики та ін.

Обґрунтоване технологічне та електротехнічне обладнання для підтримання мікроклімату та забезпечення режиму мінерального живлення рослин у теплицях на малооб'ємній гідропоніці.

Проведене дослідження автоматизованого електрообладнання для вирощування рослин в теплицях на малооб'ємній гідропоніці

Розглянуті питання енергозбереження та безпеки праці на тепличному комбінаті.

Розроблено і досліджено широкосмугову систему опромінення з резонансною системою живлення, проведено математичне моделювання спектрального складу світлодіодного опромінювача, обґрунтована структура і проведено розрахунок резонансної системи живлення опромінювачів, розроблений широкосмуговий енергозберігаючий опромінювач та наведені результати експериментальних досліджень світлодіодної системи опромінення рослин з резонансною системою електроживлення.

Наведено техніко-економічні показники застосування широкосмугової системи опромінення з резонансним електроживленням у теплицях.

Галузь застосування – тепличне овочівництво.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЕННЯ НА РОЗВИТОК І ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН	10
1.1 Залежність продуктивності рослин від спектральних показників випромінювання	10
1.2 Аналіз штучних джерел світла для опромінення рослин	15
1.3 Обґрунтування системи електроживлення тепличних світлодіодних світильників	20
1.4 Характеристика досліджуваної теплиці	21
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ В ЗИМОВІЙ ТЕПЛИЦІ НА МАЛООБ'ЄМНІЙ ГІДРОПОНІЦІ	23
2.1. Обґрунтування технологічного обладнання для вирощування рослин в теплицях	23
2.2. Обладнання для створення необхідного мікроклімату в теплиці	24
2.3 Обладнання для мінерального живлення рослин у теплицях	27
2.3.1 Технологічн обладнання для краплинного поливання рослин у теплицях	27
2.3.2. Розрахунок і вибір електропривода насоса подачі води і розчинів мінеральних добрив	30
2.3.3. Принципіальна електрична схема поливання рослин у теплицях і підживлення мінеральними добривами	31
2.4. Обладнання для підживлення рослин CO ₂	35
2.5. Освітлювальне обладнання теплиці	36
2.6. Пульти керування, апаратурп захисту та керування	38
2.7. Розрахунок електронавантажень, вибір джерела живлення	40

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СВІТЛОДІОДНОЇ СИСТЕМИ ОПРОМІНЕННЯ РОСЛИН У ТЕПЛИЦЯХ	42
3.1. Застосування опромінювальних установок в теплицях	42
3.2. Математичне моделювання спектрального складу світлодіодного опромінювача	43
3.3. Обґрунтування структури і розрахунок резонансної системи живлення опромінювачів рослин	49
3.4. Оптимізація параметрів і розробка широкосмугового енергозберігаючого опромінювача	51
3.5. Результати експериментальних досліджень світлодіодної системи опромінення рослин з резонансною системою електроживлення	54
РОЗДІЛ 4 ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛИЦІ	57
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	60
5.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві	60
5.2. Безпечність об'єкта проектування	63
5.2.1. Визначення категорій приміщення та класів виробничих зон	63
Теплиця	64
5.2.2. Визначення потенційно небезпечних частин електроустановок	64
5.2.3. Визначення небезпечних і шкідливих факторів виробництва	65
5.3. Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу на об'єкті проектування	65
5.4. Розрахунок потреби та вибір захисних засобі	66
5.5. Розрахунок заземлюючих пристроїв	67
5.6. Блискавкозахист будівель і споруд на об'єкті проектування	72
5.7. Система протипожежного захисту на об'єкті проектування	72
РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ШИРОКОСМУГОВОЇ СИСТЕМИ ОПРОМІНЕННЯ РОСЛИН РЕЗОНАНСНИМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ	74
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

Q – продуктивність;

H – напір;

g – прискорення вільного падіння;

ρ – питома густина;

η – ККД;

v – швидкість;

d – діаметр;

M – момент;

ω – кутова швидкість;

s – ковзання;

P – потужність;

L – індуктивність;

C – ємність;

U – напруга;

I – струм;

E – освітленість;

S – площа;

λ – довжина хвилі.

ВСТУП

Для підвищення ефективності тепличного овочівництва необхідно впровадити енерго- і ресурсозберігаючі технології, які дають змогу підвищити врожайність овочевих культур на 25-30 % при зменшенні витрати води та мінеральних добрив відповідно на 30 % і 40 %.

Використовуючи штучне опромінення в теплиці, можна скоротити час вирощування розсади на 25...30 днів та підвищити врожайність овочевих культур на 25...30 %.

Більшість тепличних господарств використовують для опромінення рослин натрієві лампи високого і низького тиску, а також металогалогенні лампи ДРИ. При цьому споживана потужність досягає 125 Вт/м². Спектр натрієвих ламп лише частково заміняє природний спектр, необхідний для росту і розвитку рослин.

Науково і практично доведено, що для опромінення рослин можна використовувати джерела світла на основі світлодіодів різного кольору. Застосування в якості штучних джерел світла світлодіодів дозволить створити широкопasmовий опромінювач з регульованим спектром.

Для світлодіодного опромінення зі змінним спектром випромінювання по-потрібне застосування великого числа живлячих проводів для кожного кольору окремо або складна і дорога система керування.

Застосування резонансної системи електроживлення джерел світла дозволяє позбутися від великої кількості проводів.

Мета досліджень – обґрунтування параметрів системи автоматизованого електрообладнання для вирощування овочевих культур у теплицях із застосуванням світлодіодної системи опромінення рослин.

Об'єктом досліджень є технологічний процес вирощування рослин у блоці теплиць на малооб'ємній гідропоніці із штучним опроміненням.

Предмет досліджень – структура автоматизованого електрообладнання для світлодіодного опромінення рослин при їх вирощуванні у теплицях на малооб’ємній гідропоніці та параметри відповідного електрообладнання.

Методи дослідження та апаратура: моделювання, методи математичної статистики та ін.

Теоретична цінність отриманих результатів полягає в обґрунтуванні структури та параметрів системи електрообладнання у теплицях на малооб’ємній гідропоніці зі світлодіодною системою опромінення.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробці системи світлодіодного опромінення рослини теплиці.

На захист магістерської роботи виносяться:

1. Система автоматизованого електрообладнання для теплиці на малооб’ємній гідропоніці.
2. Широкопasmова енергозберігаюча система опромінення рослин з багатоканальною резонансною системою живлення.
3. Математична модель опромінювача, яка дозволяє визначити оптимальний спектральний склад опромінення.
4. Методика розрахунку резонансної системи живлення.
5. Заходи з охорони праці у теплиці.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання досліджень:

1. Обґрунтувати можливість використання широкопasmової системи опромінення рослин у теплицях з резонансним електроживленням.
2. Розробити математичну модель для визначення оптимального спектрального складу опромінювача.
3. Обґрунтувати параметри електрообладнання для широкопasmової системи опромінення з резонансною системою живлення.
4. Провести економічну оцінку розробленої системи електрообладнання в теплицях.

У магістерській кваліфікаційній роботі обґрунтоване технологічне та електротехнічне обладнання для підтримання мікроклімату та забезпечення режиму мінерального живлення рослин у теплицях на малооб'ємній гідропоніці, розглянуті питання енергозбереження та безпеки праці в тепличному комбінаті, розроблена широкосмугова системи опромінення рослин у теплицях з резонансним електроживленням та проведені її дослідження, наведені техніко-економічні показники застосування розробленого автоматизованого електрообладнання у теплицях на малооб'ємній гідропоніці.

Результати досліджень опубліковані в праці: Резнік В.В., Синявський О.Ю. Світлодіодна система опромінення рослин у теплицях. Тези доповідей 77-тої науково-практичної конференції студентів «Енергозабезпечення, електротехнології, електротехніка та інтелектуальні управляючі системи в АПК, м. Київ, 25 квітня 2024 р. С. 55.

РОЗДІЛ 1

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ОСВІТЛЕННЯ НА РОЗВИТОК І ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН

1.1 Залежність продуктивності рослин від спектральних показників випромінювання

Для зростання, цвітіння та плодоношення рослинам потрібне світло – промениста енергія, не лише певного спектрального складу, а й відповідної потужності.

Основним джерелом штучного опромінення нині є електрична енергія. Першими в досліджах із штучного опромінення у виробничих теплицях були лампи розжарювання. Наступним етапом стало застосування газорозрядних ламп, які призвели до вирощування рослин не лише у виробничих теплицях та лабораторіях, а й у тепличних господарствах. Нині більшість тепличних господарств використовують для освітлення рослин натрієві лампи високого та низького тиску, а також металогалогенні лампи ДРИ. При цьому споживана потужність на квадратний метр сягає 125 Вт електричної енергії. Рівномірна освітленість рослин у теплиці досягається за допомогою світильників відповідної потужності з пускорегулюючою апаратурою. Продуктивність системи електричного досвічування визначається спектральним складом джерела світла, рівнем освітленості та коефіцієнтом корисної дії, що впливає на експлуатаційні витрати.

Для здійснення фотосинтезу необхідні випромінювання певної частини видимого оптичного випромінювання, так званої області фотосинтетично активної радіації (ФАР).

Роль спектрального складу світла для фотосинтезу дуже істотна. Фізико-біохімічні ефекти, викликані впливом червоного чи синього світла або навіть простою зміною співвідношення червоних та синіх променів у джерелах світла

настільки суттєві, що стає актуальною регуляція фотосинтетичної діяльності рослини за допомогою зміни спектрального складу світла.

Для більш точної оцінки оптичного випромінювання його ділять на окремі ділянки, що надають різну фізіологічну дію: 280-320 нм - впливає найчастіше шкідливим чином на зростання та розвиток рослин. А все ж таки мала кількість такого впливу деяким рослинам потрібна для нормального розвитку. 320-400 нм - впливає на регуляторні процеси у розвитку рослин. Завдяки цьому включення до складу променистого потоку невеликої кількості такого випромінювання цілком доцільно; 400-500 нм ("синій") - поглинання жовтими пігментами, другий пік абсорбації хлорофілом, другий пік фотосинтезу, що грає важливу роль, повинен входити для забезпечення фотосинтезу та регуляції; 500-600 нм ("зелений") - має високу проникаючу здатність, корисний для фотосинтезу оптично щільного листя, листя нижніх ярусів, густих посівів, найменша фізіологічна реакція. 600-700 ("червоний") - зона максимального фотосинтетичного ефекту синтезу хлорофілу, найважливіша ділянка для забезпечення розвитку та регуляції процесів. Обов'язковий променистий потік для забезпечення високого фотосинтезу. Однак монохроматичне червоне світло може призвести до ненормального розвитку або загибелі рослини; 700-750 ("далекий червоний") - в основному ефект витягування стебла, яскраво виражена регуляторна дія, досить кілька відсотків у загальному спектрі.

Частина сонячної радіації, що доходить до рослин, у спектральному діапазоні 400—700 нм, що використовується для процесу фотосинтезу, отримала назву фотосинтетично активної радіації (ФАР). Однак, у штучних умовах, коли природне опромінення відсутнє, забезпечення найбільш сприятливого поєднання перелічених вище спектральних діапазонів у світильниках є проблематичним. Тому необхідне знання спектрального складу світла, випромінюваних штучними джерелами світла.

Характер дії фотосинтезу змінюється для випромінювань різного спектрального складу. Насамперед слід зазначити, що у всіх зелених рослин

основні максимуми поглинання знаходяться в синій та червоній областях спектру, а мінімум – у жовто-зеленій. На певних стадіях росту та розвитку рослин потрібні різні ділянки видимого світла в діапазоні 400-700 нм, але з переважанням червоних, синіх та фіолетових променів. На стадії цвітіння можуть виявитися продуктивним додавання жовтого чи оранжевого світла. У період плодоношення та дозрівання для деяких видів рослин зростає роль, наприклад, зеленого світла (огірки, томати). Відсутність у випромінюванні ламп окремих ділянок спектру може призвести до порушення нормального росту рослин при їх тривалому вирощуванні.

У натрієвих лампах низького тиску оранжево-червоний спектр випромінювання області ФАР однією довжині хвилі 587 нм [98]. Лампи розжарювання мають низький світловий ККД (менше 3,5 %), суцільне випромінювання в оранжево-червоній та інфрачервоній областях спектру.

На початку 50-х років стали широко використовуватися люмінесцентні лампи, які за рахунок введення в них певних типів люмінофорів дали можливість варіювати спектральний склад випромінювання джерел світла в дуже широких межах. Проте серійні промислові зразки мали лише кілька градацій за спектром. Обмежена потужність люмінесцентних ламп у більшості випадків не дозволяла працювати з рівнями опромінення вище 50-60 Вт/м² ФАР.

Наприкінці 50-х – на початку 60-х років почали успішно користуватися для вирощування рослин ксенонові лампи. У випромінюванні ксенонових ламп помічається близькість у спектрі до природного у видимій області та присутності значної інфрачервоної складової, а також висока інтенсивність променистих потоків.

На початку 60-х років поява потужних ртутних ламп високого тиску зробила новий етап у розвитку досліджень щодо впливу спектрального складу світла на продукційний процес. Такі лампи давали високоінтенсивне випромінювання переважно у синій та зеленій областях ФАР. Розробка на базі ртутних ламп високого тиску металогалогенні лампи з добавками іодидів або

бромідів дозволила змінювати спектральний склад випромінювання. Успішне використання отримали натрієві лампи високого тиску (ДНаТ-400).

Будь-яке джерело світла, і Сонце, і лампа, характеризується перенесенням певної кількості енергії, укладеної у кожному пучку його променів. Така енергія, співвіднесена до часу, утворює міру інтенсивності пучка. Інтенсивність характеризується потужністю, що переноситься хвилею у напрямі поширення через одиничний майданчик, і виражається у $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Цікаво торкнутися питання про значення для фотосинтезу крайніх областей спектра видимої радіації, промені яких, хоч і поглинаються хлорофілом, але мало ефективними для фотосинтезу. Це стосується областей спектра нижче 380 нм та вище 700 нм. Інтенсивність фотосинтезу у цих областях становить незначну частку проти фотосинтезом області від 400 до 680 нм. Однак короткохвильова область цікава у зв'язку зі з'ясуванням можливого використання у фотосинтезі ближніх (360 нм) ультрафіолетових променів, які містяться в природному випромінюванні на великих висотах. Це питання цікавить також при виборі джерел освітлення для світлокультури рослин, оскільки довгохвильовий ультрафіолет має важливе значення для життєдіяльності рослин (Гурський та ін, 1961; Дубров, 1963).

Оптичне випромінювання ультрафіолетової радіації, як відомо [Дубров, 1963], може істотно впливати на продуктивність рослин. Властивості ультрафіолетового випромінювання залежить від довжини хвилі. І поділяють на три умовні піддіапазони: область А - Довгохвильове ультрафіолетове випромінювання (320...380 нм), область В - Середньохвильове ультрафіолетове випромінювання (275...320 нм) і область С - коротке ультрафіолетове випромінювання (200...27 нм). Ультрафіолетове випромінювання (область) викликає при великих дозах руйнування білкових речовин у рослинах. При короткому ультрафіолетовому випромінюванні (область С) рослини швидко гинуть. Короткохвильовою межею діапазону для фотосинтезу зелених рослин можна, мабуть, вважати ділянку діапазону близько 330 нм. Більш далека область 260-320 нм є областю різкого придушення фотосинтезу. Так,

спектральна крива ефективності придушення фотосинтезу ультрафіолетовим опроміненням у хлорели має максимум в області 250 нм. При 265 нм придушення становить близько 50 %, а за 320 нм падає майже нуля (Белл, Меринова, 1961). Дія ультрафіолету (254 нм) викликає явище хлорозу у молодого листа ячменю. Припускають, що ультрафіолет порушує синтез хлорофілу. Виявлено (McLeod, Kanwisher, 1962), що квантова ефективність нижче 350 нм швидко падає. Нижче 270 нм виділення кисню немає.

Відмінності в інтенсивності ФАР особливо великі багатоярусному фітоценозі. Світлолюбність видів значно визначається розташуванням в окремому ярусі. У нижніх ярусах фітоценозу інтенсивність ФАР недостатня для того, щоб листя могло фотосинтезувати з максимальною продуктивністю.

Довгий час вважали, що світло не має серйозного значення для проходження стадії яровизації – першої стадії розвитку рослин. Т.Д. Лисенко у першій половині ХХ століття першим звернув увагу на те, що для успішного проходження яровизації потрібні, крім інших факторів життя, ще й специфічні умови сонячного освітлення.

У 1958 р. Н.Р. Трусова пророщувала насіння проса, вівса та суданської трави в рослинах при світлі синіх та червоних люмінесцентних ламп; у контролі насіння пророщували у темряві. Спостереження показали, що опромінення світлом різної якості навіть у перші дні життя рослин було достатньо, щоб прискорити на 4-11 днів утворення генеративних пагонів - викидання мітелок. Для проса і суданської трави (рослини "короткого" дня") сприятливіше синє світло, а для рослин вівса (рослина "довгого дня") - червоний.

Досліди Шаїна та ін. показали, що багато рослин "довгого дня" для свого розвитку спочатку вимагають відносно малої інтенсивності світла, розмаїття довгохвильових променів за відсутності або малої кількості короткохвильових. Більш швидкого проходження стадій яровизації і світлової вимагається короткохвильове сонячне освітлення. Відсутність його сильно затримує розвиток. Тільки поглинене світло. У якийсь момент або які пігменти

поглинають світло в різних ділянках спектра, виникає поняття про спектр дії реакції.

Спектр дії фотосинтезу - крива, що зображує залежність інтенсивності фотосинтезу від довжини падаючого світла (Gaffon, 1960; Бел, 1964). Спектр дії фотосинтезу має завжди максимум у червоній ділянці і потім менш яскраво виражений – у синій. Іноді у вищих рослин спостерігається полого падіння фотосинтезу від червоної до синьої області, без появи другого максимуму]. Значні дослідження спектральної ефективності фотосинтезу були проведені в 70-ті роки ХХ століття Маккрі та Інад [1-7]. У цих роботах на листі рослин різних систематичних груп було отримано приблизно однакові за структурою спектри дії фотосинтезу. Чіткий методичний підхід і досить високий рівень експериментальної техніки остаточно підтвердили думку, що в зеленого листя рослин різних видів структура спектру дії фотосинтезу листа може бути прийнята як універсальна.

1.2 Аналіз штучних джерел світла для опромінення рослин

У газорозрядних ламп, найчастіше, спостерігається лінійний спектр, специфічний для даної речовини, що світиться. Відносна яскравість ліній та кількість енергії в їхньому випромінюванні визначаються тиском газу та хімічним складом скляних колб або трубок. У люмінесцентних і дугових ламп є спектри змішаного характеру, де основне суцільне тло накладаються окремі лінії випромінювання. Термін служби газорозрядних ламп може сягати 10-12 тис. год. Запалювання і нормальний режим роботи лампи забезпечується пускорегулюючою апаратурою. Лампи чутливі до коливань 24 температури та вологості зовнішнього повітря, експлуатуються при температурі від +5 до +35 ° С та вологості до 65% [83]. Спеціальні люмінесцентні лампи для опромінення рослин мають світловіддачу на 40-50% вище, ніж звичайні потужністю 40Вт. Температура колби лампи при 15-20 годин горіння не перевищує 45-50 ° С, що дозволяє наближати до рослин.

Лампа ЛФ-40-1 з однокомпонентним покриттям люмінофорним має максимум випромінювання в червоній області і призначена для опромінення розсади огірків. Лампа ЛФ-40-2 з двокомпонентним люмінофорним покриттям та максимумом випромінювання в червоній та синій областях призначена для опромінення розсади томатів

Люмінесцентні лампи мають низку позитивних сторін. Найбільший ККД (9-12%) в області ФАР, сприятливий вплив на рослину, низька температура колби та тривалий термін служби, зручність використання при обмежених висотах підвіски. Поруч із лампи мають ПРА. Затінення ценозу, що виникає при суміщеному (природному та штучному) опроміненні в теплицях, низька опроміненість, необхідність їх розміщення в зоні обслуговування персоналу обмежують застосування у світлокультурі джерел цього типу.

Успішно в світлокультурі використовуються люмінесцентні лампи ЛФР 150, у спектрі яких переважає оранжево-червона радіація. За рахунок підвищеної одиничної потужності, що створюється рефлекторним шаром у верхній частині колби, який перерозподіляє світловий потік у нижню півсферу, цей тип ламп дозволяє отримувати опроміненість до 150 Вт/м^2 ФАР. Термін служби ламп 5,0 тис. год.

Проте загалом одинична потужність цих ламп, як і інших типів люмінесцентних ламп, залишається дуже низькою проти газорозрядних ламп високого тиску. Через це нестачі, а також великі габарити нині застосування люмінесцентних ламп ЛФР-150 у світлокультурі рослин невелике. На роботу люмінесцентних ламп суттєво впливають і фактори довкілля. Оптимальним інтервалом робочої температури є температура повітря $18...25 \text{ }^\circ\text{C}$. Відхилення її від зазначених значень призводить до зменшення потоку випромінювання та ефективної віддачі 26 ламп, а також погіршує умови їхнього запалення. При низьких позитивних значеннях температури повітря напруга запалювання ламп підвищується на 20...25 %, за низької температури ймовірність запалення близька до нуля. Збільшення відносної вологості повітря до 70...90 % супроводжується підвищенням напруги запалювання ламп.

Натрієва лампа низького тиску має гарну розрахункову світлову віддачу випромінювання, правда практичне значення нижче розрахункового, оскільки великі втрати в досить складних пускових пристроях.

Натрієві лампи низького тиску, наприклад, ДНАО-140, мають майже монохроматичне випромінювання в зоні 589,6 нм. Потужність таких ламп 140 Вт, світловіддача близько 70 лм/Вт. Вони не знайшли широкого застосування через різко виражений квазімонохроматичний спектр випромінювання і низьку інтенсивність світла [83]. Серед газорозрядних ламп високого тиску в теплицях Росії використовуються ДРЛФ-400, ДНаТ-400, ДНаЗ-400 та інші. Лампа має лінійний спектр із великими інтервалами між лініями [8]. Максимум випромінювання відбувається на зелену (550 нм) та синю (436 нм) області спектру. Через відсутність у спектрі цих ламп випромінювання у червоній (640-680 нм) вони непридатні для вирощування рослин при повному штучному освітленні. Рослини пшениці не наливають зерно, спостерігається стерильність пилку, погано ростуть люцерна, овес, плодоносні томати, перець та ін. взимку [27]. Розсада, вирощена із застосуванням цих ламп, має короткі стебла та черешки, потовщену пластинку листа з високим вмістом хлорофілу. Крім неповноцінності спектра лампи мають низький к.п.д. за ФАР - 12% [26, 68]. Для заповнення випромінювання в 27 довгохвильовій ділянці спектра ці джерела іноді застосовують в одному світильнику з лампами ДНаТ-400 [44]. Лампи ДРЛФ включають у мережу через пускорегулюючі апарати, вартість яких становить від 50 до 250% вартості лампи, при цьому вони мають вагу від 10,5 до 52 кг на кВт потужності, що збільшує навантаження теплиць [83]. Незважаючи на ці та інші недоліки цих ламп, вони, як і раніше, широко використовуються при опроміненні рослин. При використанні ламп при опроміненості вище 150 Вт/м² ФАР необхідна примусова вентиляція та кондиціонування, що усуває перегрів рослин. Для цього лампи розміщують у спеціальних відсіках, що продуваються [83]. ДНаТ-400 – натрієві лампи високого тиску потужністю 400 Вт (рис.1.12), що дають випромінювання в жовто-жовтогарячій ділянці спектра з Рисунок 1.10 Лампи ДРЛФ-400 Малюнок

1.11 Розподіл енергії світла за спектром ламп ДРЛФ-600 2 Лампи мають високу к.п.д. по ФАР - 28-30% [36,68], проте спектр цих ламп також неповноцінний.

Для його виправлення необхідно додати випромінювання в синій області і бажано в червоному спектральному діапазоні 660-680 нм. Рослини, вирощені при невисокій опроміненості цих ламп, витягнуті містять меншу кількість хлорофілу. Ці лампи ефективні при досвічуванні розсади, але менш прийнятні для вирощування плодоносних культур при штучному повному освітленні [44]. Параметри натрієвих ламп високого тиску стабільні у широкому діапазоні зовнішніх умов. Маючи сприятливий спектр для низки культур, ці лампи успішно використовуються у овочівництві, квітникарстві, селекції, у дослідницької практиці [83]. Сучасні натрієві лампи високого тиску Lucalox HO фірми GE (рис.1.15) є кращими для великомасштабного професійного рослинництва. Вони представляють відмінну комбінацію джерел світла високої ефективності (енергоекономічності), хорошого світлорозподілу і великого терміну служби. (Табл.1.2) [98]. Лампи перетворюють електричну енергію на світло зі спектром випромінювання, представленим малюнку 1.14. Лампа Lucalox HO містить амальгаму натрію та ртуті, що знаходиться не в розрядній трубці, а у зовнішньому металевому резервуарі розрядної трубки. Частина амальгами випаровується при включенні лампи і надходить у розрядну трубку, але тільки в строго обмеженій кількості, необхідної для стабільної роботи лампи. У розрядній трубці відсутня надлишок амальгами, здатної зменшуватися шляхом дифузії або взаємодіяти з електродами при старті. Унікальна конструкція резервуара GE забезпечує строго обмежене надходження амальгами ртуті та натрію в розрядну трубку протягом усього періоду роботи лампи.

Ксенонові лампи. Спектр таких ламп близький до сонячного, що дозволяє успішно використовувати їх у зимовій світлокультурі овочевих рослин та при селекції рослин із застосуванням штучного випромінювання. Лампи мають безперервний спектр випромінювання в діапазоні від 200 до 1300, світловіддача 33лм/Вт при терміні служби до 1,5 тис. годин. Проте випромінювання області

близько 200 нм і близько 900 нм значно перевищує сонячне, що потребує захисту від цих випромінювань.

Лампи виготовляються потужністю 5-50 кВт. До позитивних якостей ксенонових ламп можна віднести відсутність дроселя, екологічну чистоту газового розряду, малий коефіцієнт затінення. Основним загальним недоліком є необхідність використання імпульсної напруги (20 кВ) для запалювання лампи з відповідним приладовим та кабельним забезпеченням, порівняно невисокий (15-17 %) енергетичний ККД та ряд інших незручностей.

Металогалогенні рослинницькі лампи для цілей світлокультури мають різні добувки йодидів металів. МГЛ також мають лінійний спектр і недостатнє випромінювання в червоній області, проте вони найбільш перспективні, оскільки мають високий ККД (25-30 %) і щодо повнішим спектром проти інших високоінтенсивних джерел світла ДР-2000-6 - МГЛ потужністю 2 кВт. Наповнення – йодиди натрію та скандія. За ККД (29-30 %) та за спектральними характеристиками ця лампа є найкращою серед МГЛ, що застосовуються для вирощування рослин [44].

Лампа ДРИ 2000-6 має лінійний спектр випромінювання в області ФАР. Світловіддача сягає 95 лм/Вт, термін служби 2,0 тис. годин і більше. Лампа щодо ефективності випромінювання та світлотехнічних характеристик добре себе зарекомендувала в умовах світлокультури.

До позитивних якостей ртутно-дугових ламп слід віднести: простоту монтажу, високу світловіддачу, роботу у важких температурних умовах, рослина рахунок підвищення енергетичної віддачі області ФАР. Поруч є негативні моменти: наявність важкої ПРА; велике навантаження на конструкції теплиць; велика нерівномірність опромінення (50-70 %).

Однак, незважаючи на дедалі більшу потребу в джерелах випромінювання для теплиць і фітотронів, досі не створені високоефективні рослинницькі лампи, які повинні мати не тільки високий ККД, але й сприятливий для рослин стабільний спектральний склад світла. Спектр натрієвих, металогалогенних та інших ламп, що застосовуються в теплицях,

лише частково замінює спектр, необхідний для зростання та розвитку рослин. Поява та розвиток світлодіодів в оптоелектронній промисловості, постійне підвищення їх світлової віддачі за малого енергоспоживання дозволяє припускати, що найближчими роками світлодіоди можуть стати одними з основних джерел опромінення в захищеному ґрунті.

Світлодіодні лампи дозволяють плавно регулювати рівень освітленості, мають покращену передачу кольорів і великий термін служби. Науково та практично доведено, що для освітлення рослин можна використовувати джерела світла на основі світлодіодів різного кольору свічення. Сучасна промисловість випускає спеціальні світильники для рослинництва на основі світлодіодів синього та червоного кольору та доведено, що можна значно підвищити врожайність та підвищити якість продукції розширенням та регулюванням спектру штучного джерела світла. Застосування як штучні джерела світла світлодіодів дозволить створити широкопasmовий опромінювач з регульованим спектром.

1.3 Обґрунтування системи електроживлення тепличних світлодіодних світильників

Спеціалізоване електричне живлення світлодіодів – одна з проблем, яка завжди стоїть на першому місці перед виробниками джерел світла. Джерела живлення світлодіодів зазвичай називають драйверами. У драйверів основними характеристиками є вихідний струм та потужність. ККД універсальних драйверів гірше, ніж у драйверів, розрахованих на фіксовану кількість світлодіодів. Також драйвера з фіксованою кількістю діодів зазвичай містять захист від позаштатних ситуацій. Більшість драйверів погано переносять підключення до напруги живлення без навантаження

ККД сучасних світлодіодних драйверів лежить в межах 70 – 90 %. Максимальне значення ККД, як правило, досягається при навантаженні з потужністю, що становить приблизно 60 – 70 % від номінальної.

Великою проблемою для роботи світильників є кидки напруги на виході драйвера. Для світлодіодів навіть короточасні перевищення напруги неприпустимі. Кидки напруги на виході можуть виникати як через кидків напруги на вході, так і через перехідні процеси при включенні блоку.

Для організації живлення класичним способом (із застосуванням драйверів) світлодіодного освітлення зі змінним спектром випромінювання знадобляться застосування великої кількості проводів для кожного кольору окремо або складна і дорога система керування.

Одним із варіантів системи живлення та керування кожного кольору окремо є резонансна система електроживлення. До переваг резонансних систем електроживлення можна віднести: передача електричної енергії на великі відстані без застосування проміжних трансформаторів; зниження капітальних витрат на електропостачання; зменшення втрат у лінії під час передачі електроенергії; відсутність коротких замикань у дротах; економія кольорових металів; економія електроенергії; можливість плавного регулювання потужності, що передається.

У зв'язку з цим виникають завдання із розробленням таких технічних засобів на основі резонансної системи живлення світлодіодних джерел світла. Розроблення технічних засобів широкосмугової системи освітлення з резонансним електроживленням потребуватиме наукового обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів світильників, системи живлення.

1.4 Характеристика досліджуваної теплиці

Об'єктом проектування є блок теплиць на малооб'ємній гідропоніці. Блок теплиць площею 6 га має конструкцію із спеціальних полегшених профілів. Складається блок із шести однокотарних теплиць із своїми котельними та господарськими цехами. Теплиці з'єднані коридором 6,4 м, до якого прилягають три теплиці з кожної сторони. Кожна теплиця складається із 22 ланок шириною 6,4 м, що визначає її довжину 140,8 м. Висота споруди по

карнизу 2,4 м, в коньку 4 м, довжина 75 м, площа ланки $75 \cdot 6,4 \text{ м} = 480 \text{ м}^2$, площа однієї теплиці $480 \text{ м}^2 \cdot 22 = 10500 \text{ м}^2$, включаючи внутрішню бетоновану доріжку шириною 3 м, з воротами вкінці для механізованого транспорту. В одній із шести теплиць розміщене розсадне відділення, обладнане опромінювачами та підсиленою системою обігріву. Споруда розрахована на мінімальну зовнішню температуру мінус 40°C , швидкісний напір вітру до 45 кг/ м^2 , снігове навантаження до 15 кг/ м^2 .

Блок зимових теплиць на малооб'ємній гідропоніці обладнаний обладнанням для створення необхідного мікроклімату та мінерального живлення рослин. Більшість процесів електрифіковані та автоматизовані. Підтримання на заданому рівні температури, вологості, концентрації CO_2 в повітрі, а також регулювання поливного режиму здійснюється автоматично.

В теплицях використовуються технологія вирощування овочів та квітів на мінераловатних субстратах. Специфіка цієї технології полягає в тому, що мінераловатні плити розміщують паралельними смугами на поліетиленовій плівці, яку попередньо розстилають на піщану основу, яка є підлогою теплиці. Між смугами субстрату залишають проходи шириною 0,5-1 м для догляду за рослинами і збором урожаю. Краї прозорої плівки завертають на смугу субстрату, частково перекриваючи його верхню частину. Для запобігання появи водоростей в субстраті і відбиття сонячних променів зверху плити по всій ширині кладуть чорно-білу поліетиленову плівку чорною стороною вниз. На ній з кроком, рівним відстані між рослинами в ряду, роблять хрестоподібні надрізи, кінці яких завертають уверх, утворюючи квадратні вікна. В ці місця встановлюють кубики з розсадою рослин. Кубики (100x100x100мм) виготовлюють з матеріалу аналогічного основному субстрату. Для підігрівання субстрату між підлогою теплиці і плитами кладуть поліетиленові труби. Поливають рослини через систему краплинного поливання.

РОЗДІЛ 2

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ В ЗИМОВІЙ ТЕПЛИЦІ НА МАЛООБ'ЄМНІЙ ГІДРОПОНІЦІ

2.1. Обґрунтування технологічного обладнання для вирощування рослин в теплицях

У теплицях на малооб'ємній гідропоніці для формування основи для мінераловатних плит використовують автоматичну вирівнювальну машину з лазерним променем, автоматичну профілювальну машину для ґрунту та гвинтовий канавокопач системи Вейтерингс.

У теплиці застосовується краплинна система зрошення. Для приготування живильних розчинів застосовуються блоки живлення, які передбачають приготування живильного розчину заданого складу із води, концентрованих розчинів мінеральних добрив і кислоти з автоматичним контролем і регулюванням його рН та концентрації.

Для суцільного обприскування рослин пестицидами використовують електричний обприскувач ОЗГ-120А, продуктивністю 300... 600 м² за зміну. При пошкодженні рослин використовують ручний ранцевий обприскувач ОРР-1 "Ера" з резервуаром місткістю 12 л і вагою 4,8 кг, а також ручний обприскувач ОРВ-1 "Вітерець" з резервуаром місткістю 10 л і вагою 6,5 кг.

Для покращення зав'язування плодів томату два рази на тиждень суцвіття оброблюють обпилювачем ОЦП-65 або ОЦП-65А.. Обробіток обпилювачем краще виконувати в похмуру погоду, так як в цей час погіршується природне відділення пилку від тичинок.

Збирають овочі вручну з використанням допоміжних возиків. Використовують різноманітні саморобні возики з пневматичними або широкими пластмасовими колесами для переміщення ґрунтовими доріжками. Промисловість випускає універсальний возик ТУТ-100, вантажопідйомністю 100 кг, який переміщується доріжками з твердим покриттям.

Рослинні залишки також збирають вручну. Заслуговує уваги досвід деяких господарств з частковою механізацією цієї операції. Так, в господарстві "Тепличний" Челябінської області для видалення рослинних залишків з теплиці використовують саморобний підбирач, який встановлюється на тракторі Т-25А. Для подальшого транспортування рослинних залишків в господарстві "Московський" виготовлені і використовуються спеціальні відкидні контейнери, які перевозять за допомогою піднімача ПТУ-0,7А. Для механізованого вилучення рослинних залишків з теплиць, переміщення, планування і навантаження ґрунтів і сипких матеріалів розроблений навантажувач фронтальний ПФ-0,3.

Залишки шпагату і вусики рослин зі шпалерного дроту ретельно вилучають при допомозі газової горілки. Дезинфекцію теплиць виконують двічі за допомогою електричного обприскувача ОЗГ-120А: спочатку для попередження розповсюдження збудників хвороб і шкідників під час вилучення рослинних залишків, а потім після їх прибирання. Використовують також газацию спалюванням сірчаних шашок за умовою, що металеві частини теплиць добре захищені від руйнуючої дії CO_2 .

2.2. Обладнання для створення необхідного мікроклімату в теплиці

Необхідною умовою підвищення ефективності овочівництва, його рентабельності є підтримання заданого мікроклімату в спорудах для вирощування овочів та розсади. Основними параметрами мікроклімату в теплицях є температура і вологість внутрішнього повітря, його газовий склад, температура і вологість ґрунту.

Для підтримання необхідної температури повітря та субстрату в теплицях застосовують повітряно-водяне опалення. Водяне опалення здійснюється від котельної, розташованої на території комбінату, або від централізованої котельні. Теплоносій транспортується до споживача трубопроводами теплової

мережі, прокладених у підземних каналах або безканалним способом, а також над землею на опорах та ін.

Система опалення теплиці містить систему опалення шатра, систему цокольного та торцевого опалення, систему надгрунтового обігрівання, на які приходится відповідно 80 %, 8 % та 15 % витрат енергії.

Повітряний обігрів здійснюється повітряно–водяними калориферами АПВС, які розміщуються в шахматному порядку в торцях кожної секції теплиці (всього 22 калорифера в однокотлярній теплиці).

Система вентиляції – природна, здійснюється фрамугами, які розташовані по коньку теплиці. Привод фрамуг здійснюється за допомогою багатооборотного виконавчого механізму МЭМТ-10, через рейкову систему.

Для створення необхідного вологісного режиму використовується система зволоження і випарувального охолодження. Система випарувального охолодження включає магістральні трубопроводи із сталевих труб, колектори – із сталевих оцинкованих труб і зрошувачі – з полімерних труб з розпилювачами.

Системи автоматичного регулювання (САР) параметрів мікроклімату в теплицях:

Регулювання температури повітря. САР забезпечує автоматичне дотримання у теплиці температурних режимів повітря при роботі системи обігрівання і вентиляції.

Діапазон зміни температури у межах 40 °С, точність регулювання ± 1 °С при всіх режимах.

САР компенсує можливі відхилення параметра регулювання відповідно до змін параметрів зовнішнього середовища. Це забезпечується двокаскадною системою регулювання. Перший каскад забезпечує регулювання потрібної для кожного контуру температури теплоносія у системі обігрівання. Він являє собою аналітичну безпошукову самонастроювальну автоматичну систему регулювання температури теплоносія у системі обігрівання за температурою повітря у теплиці. При цьому враховуються метеорологічні умови. Другий

каскад забезпечує компенсацію відхилення температури повітря від заданого значення у кожному контурі регулювання.

Для теплиць з комбінованим обігріванням САР виконує трикаскадне регулювання температури повітря. Третій каскад дає змогу за допомогою позиційного регулятора керувати двома групами калориферів системи повітряного обігрівання.

При комбінованому обігріванні перші два каскади працюють у системах шатрового та бокового опалення.

Регулювання вентиляції. Для підтримання в теплиці заданої температури САР передбачено заміри зовнішніх метеорологічних параметрів. Враховуючи напрямок і швидкість вітру, САР вибирає сторону для відкривання фрамуг з метою вентиляції, а також запобігає відкриванню їх при швидкості вітру понад 7 м/с. Крім того, блоки математичного обробітку інформації дають змогу при зміні рівня освітленості автоматично змінювати температуру повітря в теплиці.

Регулювання підтримання температури поливної води. Регулювання температури поливної води здійснюється пропорційним регулятором. Межа регулювання температури води 5...35°C з точністю ± 2 °C. Передбачено систему скиду поливної води при її нагріванні понад 35 °C, а також звукова сигналізація при перевищенні максимально допустимої температури поливної води.

Регулювання адіабатичного зволоження повітря у теплицях. САР передбачає вмикання системи "Туман" по захисту від перегрівання рослин. Вмикається система за командою від сонячного інтегратора за сумою сонячного випромінювання за 1 годину. Тривалість роботи системи "Туман" задається агрослужбою або вибирається автоматично. При цьому тривалість роботи системи дорівнює різниці часу між 1 годиною і часом досягнення потрібної суми сонячного випромінювання. Найбільш ефективна робота системи "Туман" у весняно-осінній період року.

2.3 Обладнання для мінерального живлення рослин у теплицях

2.3.1 Технологічні обладнання для краплинного поливання рослин у теплицях

Поживні речовини рослини при вирощуванні на мінеральній ваті отримують із живильного розчину. Живильний розчин готують із концентрованих розчинів мінеральних добрив А і Б, один із яких не містить сульфатів і фосфатів, інший – кальцію, а також із 30-37%-ної азотної чи ортофосфорної кислоти і води. Концентровані розчини додають до води у співвідношенні 1:100. Питому електропровідність розчину в ваті підтримують в межах 0,2-0,25 См/м при 25°C для огірків і 0,25-0,3 См/м для томатів, кислотність – 5,0-6,0 рН. Питому електропровідність і рН живильного розчину у ваті визначають один-два рази на тиждень портативними приладами. Повний хімічний аналіз проводять один-два рази на місяць.

Живильний розчин готується у вузлі його приготування. Функціональна схема вузла приготування живильного розчину показана на рис. 2.1. Вузол приготування живильного розчину складається з чотирьох баків для концентрованих розчинів мінеральних добрив А і Б, мінеральні добрива в яких для запобігання випадання їх в осад розподілені за певною схемою; бака для кислоти; змішувальної камери та насоса подачі води і живильного розчину в теплиці. Концентровані розчини мінеральних добрив А і Б готують окремо в апаратах з мішалками і за допомогою стисненого повітря подають у вузол приготування живильного розчину.

У змішувальну камеру поступає тепла вода, кислота та концентровані розчини мінеральних добрив А і Б. У схемі передбачений інжекційний принцип приготування живильного розчину. При роботі насоса подачі води і розчинів мінеральних добрив у інжекторах трубах Вентурі створюється вакуум, внаслідок чого компоненти живильного розчину (кислота, розчини мінеральних добрив А і Б) подаються до змішувальної камери у певній пропорції до подачі

насоса. Подачею кислоти та концентрованих розчинів мінеральних добрив керують електромагнітні вентиля.

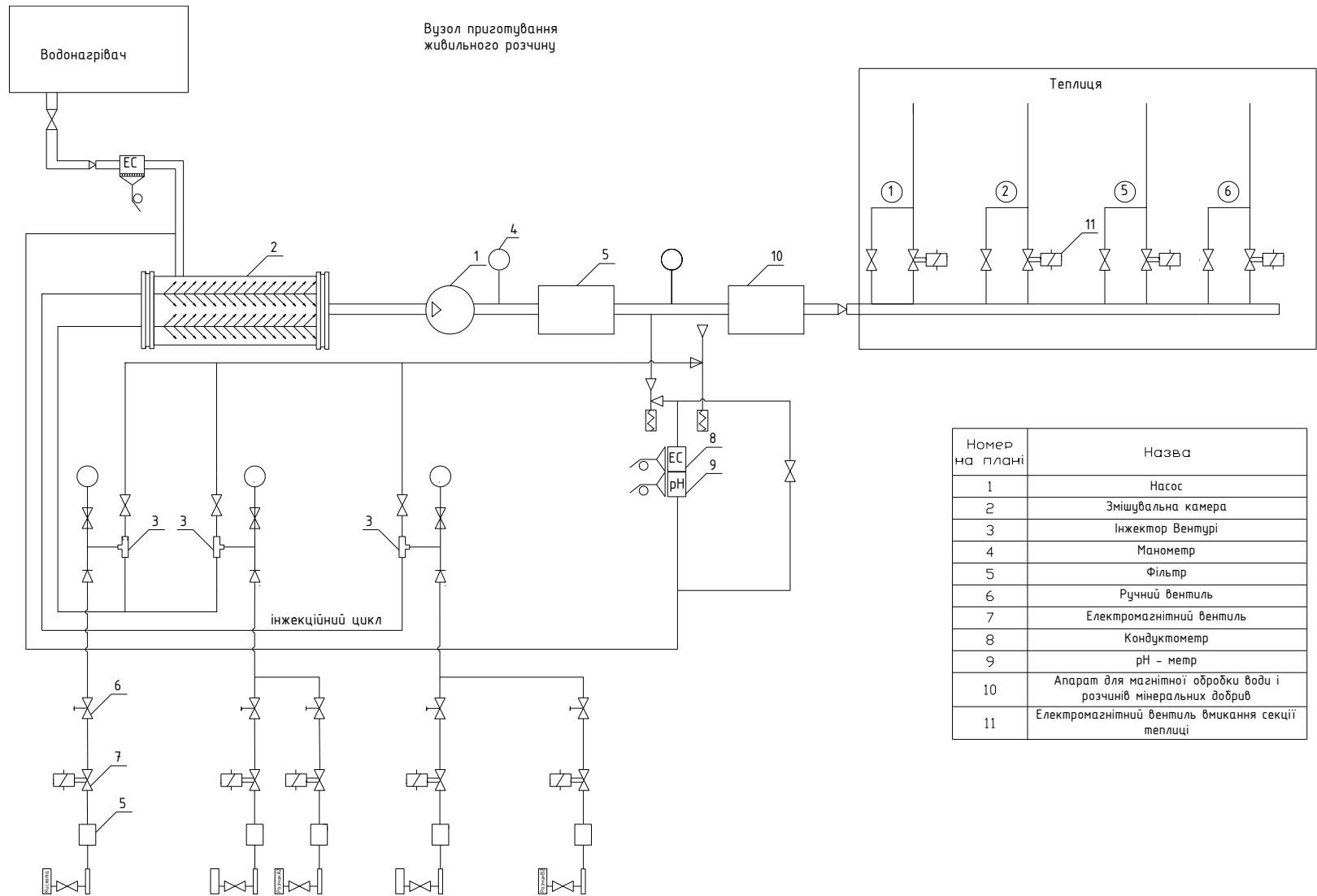


Рис. 2.1 Функціональна схема вузла приготування живильного розчину.

Кислотність живильного розчину контролює рН-метр, а концентрацію – кондуктометр. При зниженні рН розчину нижче заданого значення вимикається вентиль подачі кислоти, а при підвищенні концентрації розчину вище заданого значення кондуктометр вимикає вентиля подачі концентрованих розчинів мінеральних добрив.

Живильний розчин подається насосом через фільтр та апарат магнітної обробки поливної води і живильного розчину в теплицю. Проток в системі контролює електроконтактний манометр, який дає команду на вимикання насоса при відсутності потоку в системі.

В кожному блоці теплиць змонтовано 6 вентилів. Роботою електромагнітних вентилів керує автомат поливу рослин.

Вода та живильний розчин подають за заданою програмою за допомогою стаціонарної системи, яка містить: магістральний трубопровід (діаметром 75мм), відгалуження (діаметром 63мм) від магістралі із запірними електромагнітними вентилями, спуском і розподільними колекторами (діаметром 40мм), зрошувачі-поливні труби «аквадроп» з водовипусками через 28 см, які прокладені вздовж полос з рослинами. Одним клапаном вмикається 16 зрошувачів.

Витрати води через водовипуск складає 1,2-1,9 л/год, на ввіді в теплицю 8064 л/год при напорі води на ввіді в зрошувач і теплицю відповідно 0,5-0,7 і 2 атмосфери.

2.3.2. Розрахунок і вибір електропривода насоса подачі води і розчинів мінеральних добрив

Для подачі води і розчинів мінеральних добрив у теплицю застосовується насос КМ20/18а з подачею 16,8 м³ /год і напором 15 м. К.к.д. насоса 0,63.

Потужність насоса визначаємо за формулою:

$$P_{\text{нас}} = \frac{\rho g H_{\text{насн}} Q_{\text{насн}}}{\eta_{\text{нас}}}, \quad (2.1)$$

де ρ – питома густина води, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$H_{\text{нас.н.}}$ – напір насоса, $H_{\text{нас.н.}} = 15 \text{ м}$;

$Q_{\text{нас.н.}}$ – подача насоса, $Q_{\text{нас.н.}} = 16,8 \text{ м}^3/\text{год}$;

$\eta_{\text{нас.}}$ – коефіцієнт корисної дії, $\eta_{\text{нас.}} = 0,63$.

$$P_{\text{нас}} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Електродвигун для привода насоса вибираємо за умовою :

$$P_{\text{н.дв.}} \geq P_{\text{с}},$$

де $P_{\text{с}}$ – розрахункова потужність двигуна.

$$P_{\text{с}} = \frac{K_3 \rho g H_{\text{нас.н.}} Q_{\text{нас.н.}}}{\eta_{\text{нас.}} \eta_{\text{п}}}, \quad (2.2)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу; $K_3 = 1,3$;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД передачі; $\eta_{\text{п}} = 1,0$.

$$P_{\text{с}} = \frac{1,3 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 15 \cdot 16,8}{3600 \cdot 0,63} = 1,4 \text{ кВт}$$

Для привода насоса вибрано електродвигун АИР80А2ЖУ2, потужністю 1,5 кВт і номінальною частотою обертання 2850 об/хв.

2.3.3. Принципіальна електрична схема поливання рослин у теплицях і підживлення мінеральними добривами

Принципіальна електрична схема системи автоматичного керування мінеральним живленням рослин в теплицях показана на рис. 2.2.

Схема передбачає ручне і автоматичне керування. Режим роботи задається перемикачами SA1 та SA2.

При автоматичному керуванні автоматичні перемикачі SA1 та SA2 ставлять в положення “А”. Роботою насоса подачі води і живильного розчину в теплицю керує автомат поливу рослин КТ1. При замиканні контакту К1.1 в певні проміжки часу у відповідності із заданою програмою спрацьовує пускач КМ1 і вимикається двигун насоса М одночасно замикається контакт КТ1.2 і спрацьовує проміжне реле КV4, яке вмикає вентиль подачі живильного розчину

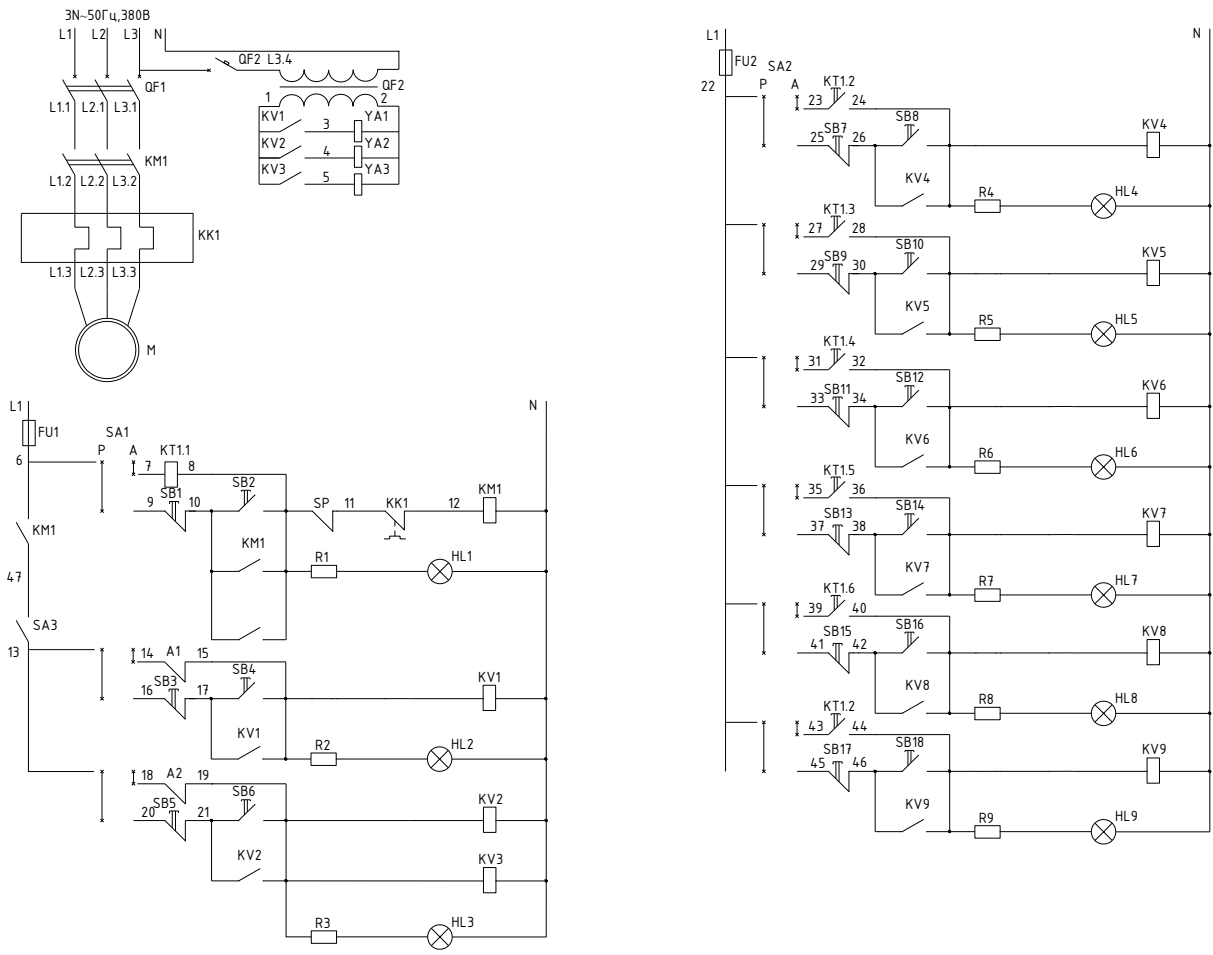
в першу секцію теплиці. При відсутності потоку в системі, електроконтактний манометр SP вимикає насос з роботи.

При поливанні рослин водою перемикач SA3 розімкнений. При поливанні рослин розчином мінеральних добрив вмикають перемикач SA3. Приготуванням живильного розчину керують рН-метр A1 і кондуктометр A2. Якщо рН вищий заданого значення контакт рН-метра A1 замкнений, спрацьовує проміжне реле KV1, яке вмикає електромагнітний вентиль подачі кислоти YA1. Якщо концентрація розчину нижче заданого значення, контакт кондуктометра A2 замкнений, спрацьовують проміжні реле KV2 і KV3, які вмикають електромагнітні вентиля подачі концентрованих розчинів мінеральних добрив А і Б в теплицю (YA2 та YA3). Якщо рН стане менше заданого значення, контакт рН-метра A1 розмикається і відповідно вимикається вентиль подачі кислоти YA1. Якщо концентрація поливального розчину перевищить задане значення, розмикається контакт кондуктометра A2 і вимикаються вентиля YA2 та YA3 подачі концентрованих розчинів мінеральних добрив.

Поливання рослин в теплицях здійснюється автоматом поливу, який в задані проміжки часу своїми контактами КТ1.2...КТ1.7 вмикає через проміжні реле KV4...KV9 відповідні вентиля подачі води і живильного розчину в секції теплиці.

В ручному режимі насос подачі води і живильного розчину, а також електромагнітні вентиля подачі кислоти, концентрованих розчинів мінеральних добрив та електромагнітні вентиля подачі води і розчинів мінеральних добрив в секції теплиці вмикаються і вимикаються відповідними кнопками SB1...SB18.

На основі принципальної електричної схеми розроблена схема з'єднань ящика керування, яка показана на рис. 2.3.



Позиц. познач	Найменування	Кіл	Примітка
A1	pH-метр pH-220	1	
A2	Кондуктометр АКК-М-01 ТУ25-7416.0169-88	1	
FU1,FU2	Запобіжник ПРС-6 ТУ16.522.112-74	2	Інл.вст.=6А
KK1	Теплове реле РТЛ-1008-04 ТУ16.523.549-82	1	Іуст=4А
KM1	Електромагнітний пускач ПМЛ-1200-046 ТУ16.644.001-83	1	Уком=220В
KT1	Прозоране реле часу 2РВМ	1	
KV1.KV9	Проміжне реле РП21-200-046 ТУ16.523.593-80	9	Уком=220В
M	Електродвигун АИР80А2У2 ТУ16-88.ИАКФ.525000.025	1	
QF1	Автоматичний вимикач ВА51Г25-34.0010Р-30-УХЛ3 ТУ16.641.020-84	1	Іуст=4А
QF2	Автоматичний вимикач ВА51Г25-1200100-30-УХЛ3 ТУ16.641.020-84	1	Іуст=6,3А
SA1,SA2	Перимикач універсальний ЧП5313-С309У3 ТУ16.524.074-75	2	
SA3	Тумблер ТП1-2	1	
SB	Пост кнопковий ПКЕ622-2У2 ТУ16.642.006-83	9	
YA	Електромагнітний вентиль СВМ-50	3	Уком=24В

Рис. 2.2. Принципова електрична схема керування електрообладнанням для краплинного поливу рослин у теплицях.

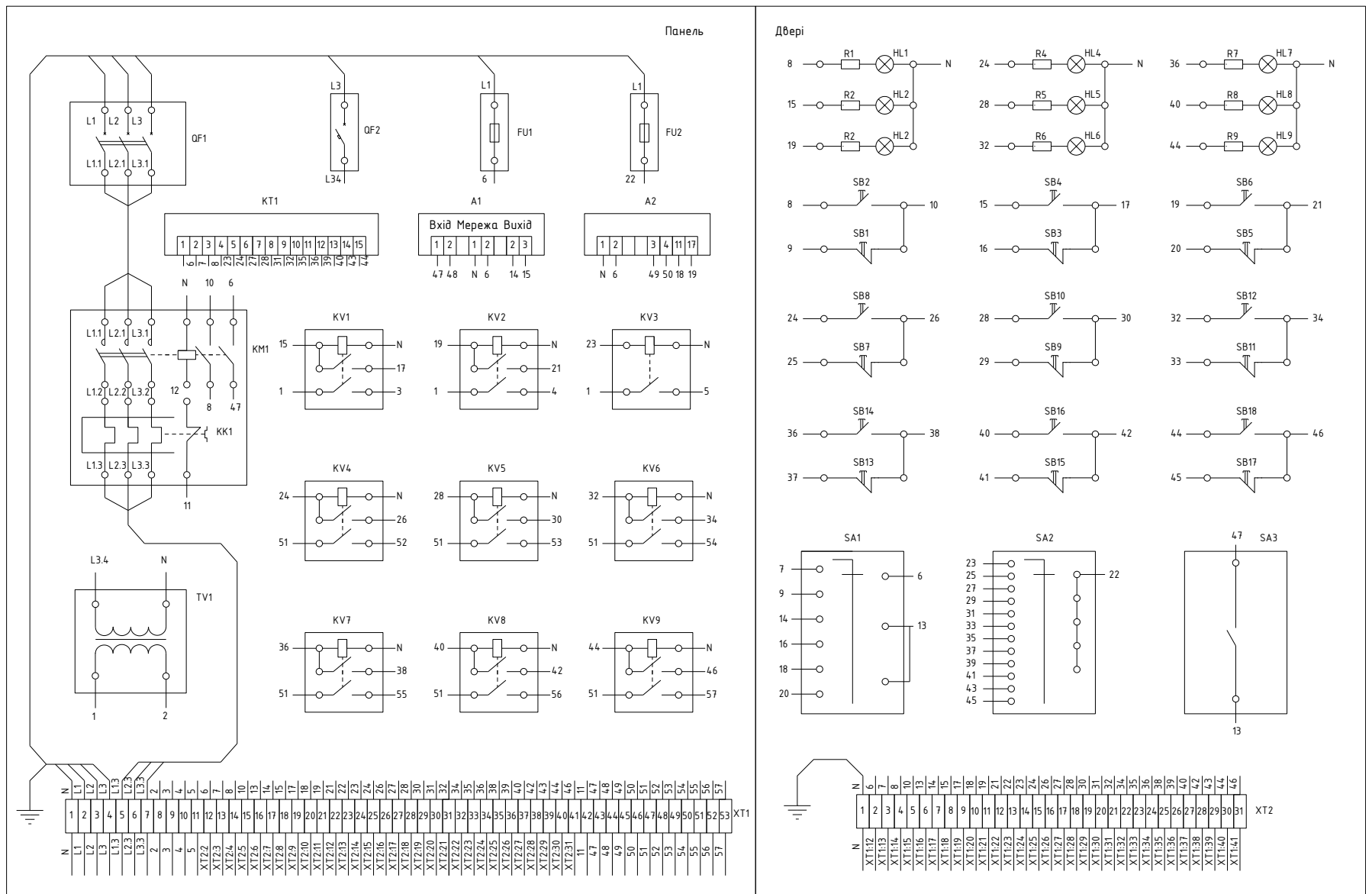


Рис. 2.3. Схема з'єднань ящика керування електрообладнанням системи краплинного поливу.

2.4. Обладнання для підживлення рослин CO₂

Ще й зараз у типових проектах блочних теплиць зустрічаються системи вуглекислотного підживлення рослин з використанням генератора УГ-6, але ці системи практично не використовуються, тому що мають багато недоліків, які суттєво впливають на розвиток та ріст рослин:

- зпалення газу викликає перегрів теплиць, тому використання генераторів CO₂ практично неможливе в часи максимальної освітленості, коли теплиці перегріваються під дією сонячного проміння, але якраз у цей час потреба в CO₂ найбільша;
- генератори CO₂ виділяють токсичні продукти горіння, тому їх експлуатація небезпечна для обслуговуючого персоналу;
- при відкритих фрамугах перегріта вуглекислота інтенсивно випаровується, тому вмикання генераторів CO₂ практично не впливає на кількість вуглекислого газу в атмосфері теплиць.

Розроблено принципіально нову систему вуглекислого підживлення рослин каталітично очищеними відхідними газами котельних. Цей спосіб полягає в тому, що відхідні газы, перед подачею їх у теплиці, підлягають каталітичній очистці не тільки від угарного газу, але і від вуглеводнів, бензопірену, окислів азоту.

Відхідні газы проходять через паладірований каталізатор (ВКМ-65), де очищуються (рис.2.4) від шкідливих домішок, потім забираються із газоходів димососами і подаються по системі магістральних трубопроводів до блоку теплиць. Тривалість підживлення рослин 6...10 годин на добу. Передбачено автоматичне підтримання заданої концентрації CO₂, контроль за наявністю шкідливих домішок в межах ГДК, а також аварійна сигналізація і вимкнення системи.

Ця система використовується також в теплицях, де теплозабезпечення здійснюється від власних котельних з котлами ДКВР, ДЕ, ПТВМ, які працюють на газовому паливі.

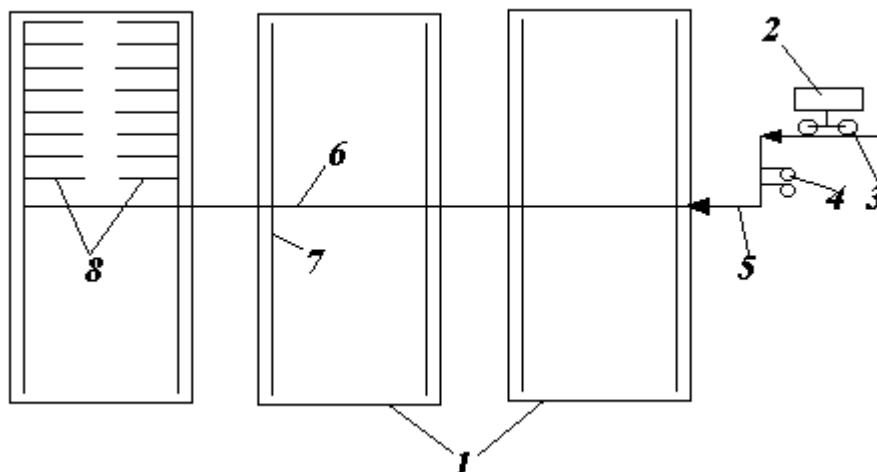


Рис.2.4. Схема підживлення рослин в теплицях:

1 – блок теплиць на 6 га; 2 – котельня; 3 – димосос; 4 – підкачуюча вентиляційна установка (вентилятори ВВД №8); 5 – зовнішній газопровід ($d=300\text{мм}$); 6 – розподільчий трубопровід в з'єднувальному коридорі; 7 – розподільчий трубопровід в теплицях ($d=80\dots160\text{мм}$); 8 – перфорований розподільчий рукав з поліетиленової плівки ($d=80\text{мм}$).

2.5. Освітлювальне обладнання теплиці

В теплицях передбачається тільки чергове освітлення проходів. Як джерела світла використовуються люмінесцентні лампи 11ПВЛМ(2x40).

Застосовується щиток освітлення ОЩВ-6.

Переріз проводів вибраний за допустимим струмом.

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{розр.}}, \text{А}$$

де $I_{\text{розр.}}$ – розрахунковий струм схеми освітлення, А.

Застосовується провід АНРГ перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ ($I_{\text{доп.}}=19 \text{ А}$).

План мережі електроосвітлення показано на рис. 2.5.

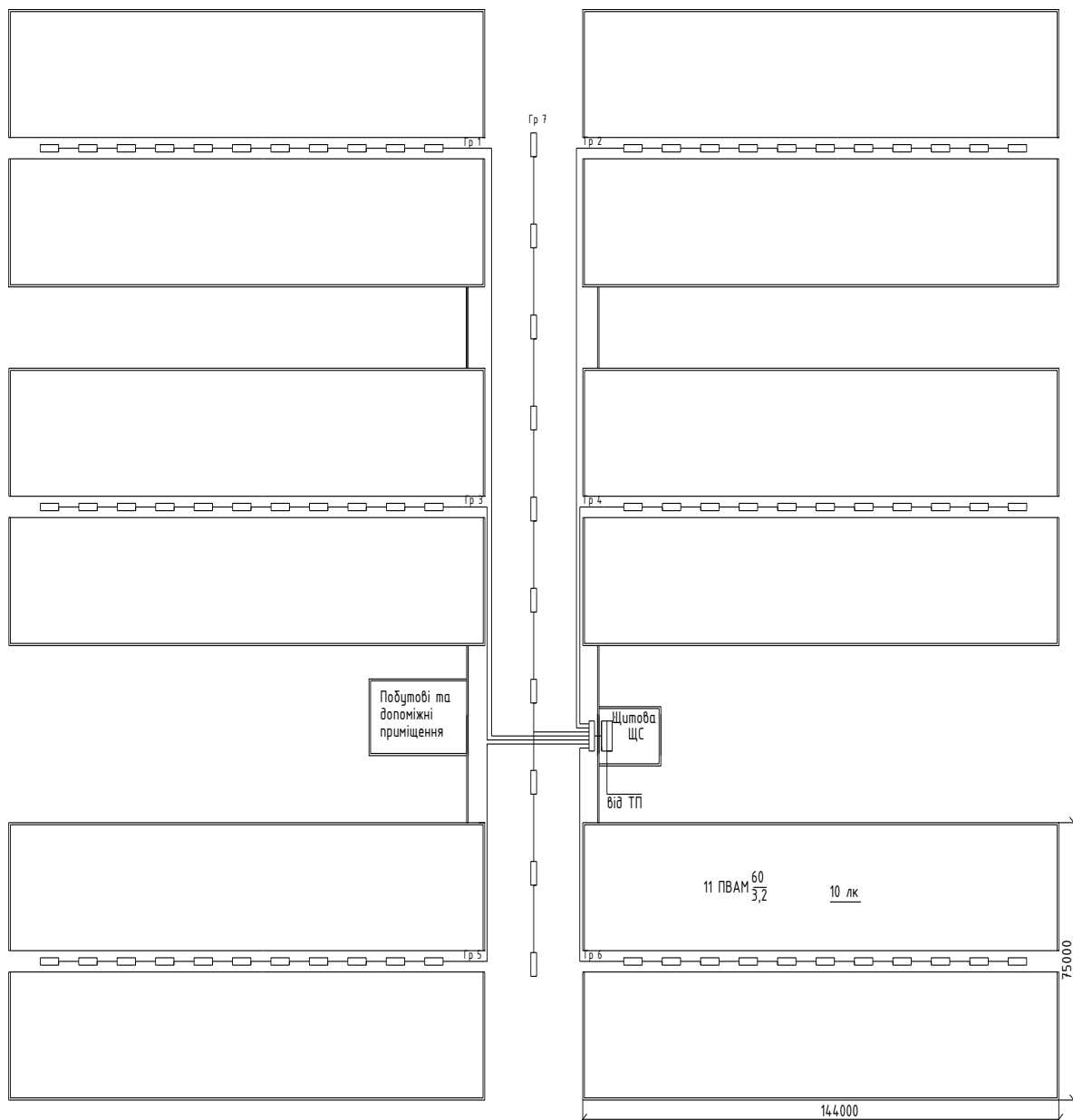


Схема	Груповий щиток				Групова лінія			Спосіб прокладки	Встановлена потужність, кВт	Розрахунковий струм, А	Найменування освітлювального приміщення
	№ груп	Тип	Номін. струм, А	Струм уставки, А	Марка проводів	Кількість жил та їх переріз, мм ²	Довжина, м				
ЩА 1211 вд ЩС	1	ВА60-26	25	6	АВВГ	2x2,5	180	У лотках будівельних конструкцій	0,88	4	Теплиця №1
	2	ВА60-26	25	6	АВВГ	2x2,5	180	У лотках будівельних конструкцій	0,88	4	Теплиця №2
	3	ВА60-26	25	6	АВВГ	2x2,5	90	У лотках будівельних конструкцій	0,88	4	Теплиця №3
	4	ВА60-26	25	6	АВВГ	2x2,5	90	У лотках будівельних конструкцій	0,88	4	Теплиця №4
	5	ВА60-26	25	6	АВВГ	2x2,5	90	У лотках будівельних конструкцій	0,88	4	Теплиця №5
	6	ВА60-26	25	6	АВВГ	2x2,5	90	У лотках будівельних конструкцій	0,88	4	Теплиця №6
	7	ВА60-26	25	6	АВВГ	2x2,5	210	У лотках будівельних конструкцій	0,88	4	З'єднувальний коридор

Рис. 2.5. План мережі електроосвітленн

2.6. Пульти керування, апаратурп захисту та керування

Для розподілу електроенергії в теплицях застосовується розподільчий пункт ПР11.

Захист електродвигуна насоса від короткого замикання здійснюється автоматичним вимикачем серії ВА51Г, який вибирається за умовою:

1. $U_{ном} \geq U_{мережі}$ $660В \geq 380В$
2. $I_{н.АВ.} \geq I_{нав}$ $25А \geq 3,3А$
3. $I_{розг} \geq I_{н.ДВ}$ $4А \geq 3,3А$
4. $I_{відс.} \geq I_{пуск} \cdot Kз \cdot Kрс \cdot Кру$

$$I_{відс.} = 14 \cdot I_{розг} = 14 \cdot 4 = 56А$$

$56А \geq 7 \cdot 3,31 \cdot 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 = 38,2А$ – умова виконується

Вибираємо автоматичний вимикач ВА51Г25340010Р30УХЛЗ.

Електромагнітний пускач вибираємо за умовою:

1. $U_{пуск} \geq U_{мережі}$ $380В \geq 380В$
2. $I_{н.пуск.} \geq I_{н.ДВ}$ $10А \geq 3,3А$
3. $I_{тепл.розщ} \geq I_{н.ДВ}$
4. $U_{кот} = U_{кола.керування}$

Приймаємо електромагнітний пускач серії ПМЛ 120004Б з тепловим реле РТЛ-1008-04 з $I_{уст.} = 2,4 \dots 4А$.

Для керування електродвигуном приймаємо пост кнопковий ПКЕ 622-2У2.

Всю апаратуру захисту і керування вмонтовується в ящик Я5101-2674У2.

План силової електромережі показаний на рис. 2.6.

$$S := \sqrt{(1.06 \cdot P)^2 + Q^2} \quad (2.4)$$

$$S := \sqrt{(1.06 \cdot 238.6)^2 + 210.4^2}$$

$$S := 329 \quad (2.5)$$

де Q – реактивна потужність, Q=210,4 кВАр.

Вибираємо трансформаторну підстанцію КТП250-10/0,4 з трансформатором ТМ-250, яка відповідає вибору трансформаторної підстанції за економічними інтервалами:

$$241 \leq 329 \leq 375.$$

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СВІТЛОДІОДНОЇ СИСТЕМИ ОПРОМІНЕННЯ РОСЛИН У ТЕПЛИЦЯХ

3.1. Застосування опромінювальних установок в теплицях

Важливим фактором оточуючого середовища для росту рослин є світло, під дією якого виконується процес фотосинтезу. Зимою і ранньою весною освітленість недостатня, також недостатня кількість енергії, яка знаходиться в природному променевому потоці. Тому використовують штучне електричне досвічування, яке скорочує час вирощування розсади на 25 – 30 днів і підвищує урожайність на 25 – 30 %.

Більшість тепличних господарств використовують для опромінення рослин натрієві лампи високого і низького тиску та металогалогенні лампи ДРИ. При цьому споживана потужність на квадратний метр досягає 125 Вт. Спектр натрієвих ламп лише частково замінює природний спектр, необхідний для росту і розвитку рослин.

Науково і практично доведено, що для освітлення рослин можна використовувати джерела світла на основі світлодіодів різного кольору свічення.

Сучасна промисловість випускає спеціальні світильники для рослинництва на основі світлодіодів синього і червоного кольору, але доведено, що можна значно підвищити врожайність і підвищити якість продукції розширенням і регулюванням спектра штучного джерела світла.

Застосування світлодіодів в якості штучних джерел світла дозволить створити ширококутовий опромінювач з регульованим спектром.

Для світлодіодного освітлення із змінним спектром випромінювання потрібне застосування великого числа живлячих проводів для кожного кольору окремо або складна і дорога система управління.

Застосування резонансної системи електроживлення джерел світла дозволяє позбутися від великої кількості проводів. У зв'язку з цим виникає

завдання з розробкою технічних засобів на основі резонансної системи живлення світлодіодних джерел світла.

Розробка технічних засобів широкопasmового системи освітлення з резонансним електроживленням потребує наукового обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів світильників, системи живлення.

3.2. Математичне моделювання спектрального складу світлодіодного опромінювача

Відомо, що у листа рослини є загальна залежність спектра дії фотосинтезу зеленого листа. Джерела світла повинні мати спектральну характеристику близьку до цієї залежності. Різними вченими встановлено однаковий характер усередненого спектра дії фотосинтезу у зелених рослин, який може бути представлений у вигляді рівняння, отриманого за допомогою апроксимації:

$$g(\lambda) = 1,28 \cos(0,005 - \lambda)^2 \cos(0,63 + \sin(2,21 \sin(0,009 \lambda + 0,45 \sin(0,09 \lambda))) \times \cos(0,63 + 1,66 \sin(0,009 \lambda))^2 \cos(0,63 \lambda + 1,66 \sin(0,009 \lambda)), \quad (3.1)$$

де λ - довжина хвилі в нм від 380 нм до 700 нм;

$g(\lambda)$ - функція, заснована на спектрі дії фотосинтезу, яка отримана за даними робіт Маккри [McCree, 1972], Інада [Inada, 1976, 1977].

Для оптимізації штучного джерела світла повинно виконуватися три умови:

1. Кількість кольорів світлодіодів в світильнику повинна прагнути до одиниці;
2. Частка збігу спектрального розподілу джерела світла з функцією, заснованою на спектрі дії фотосинтезу повинна прагнути до одиниці;
3. Потужність опромінення повинна знаходитися в діапазоні від 5 до 200 Вт/м² ФАР.

$$f_{\text{опромінювача}} = \frac{\int_{380}^{700} (\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i(\lambda)) d\lambda}{\int_{380}^{700} g(\lambda) d\lambda}, \quad (3.2)$$

де $f_{\text{опромінювача}}$ - частка збігу спектрального розподілу джерела світла з функцією, заснованої на спектрі дії фотосинтезу;

$$\int_{380}^{700} (\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i(\lambda)) d\lambda - \text{сумарне значення спектрального розподілу енергії}$$

джерела світла у відносних одиницях в спектральному діапазоні ФАР,

$$\int_{380}^{700} g(\lambda) d\lambda - \text{сумарне значення спектрального розподілу функції, заснованої на}$$

спектрі дії фотосинтезу в відносних одиницях.

Сучасні світлодіоди різних кольорів світіння мають діапазон випромінювання від 370 до 1000 нм. На їх основі можна створювати системи освітлення з керованим спектральним складом випромінювання в області ФАР для рослинництва в захищеному ґрунті. Для мінімізації кількості кольорів світлодіодів визначимо оптимальний спектр штучного джерела світла. Розглянемо різні світлодіоди і розрахуємо їх спектральні характеристики на основі паспортних даних:

Для червоного світлодіода отримана функція спектральної щільності випромінювання (похибка апроксимації 0,044):

$$\varphi_{\text{червоний}}(\lambda) = 0,000492 + \frac{2,12\cos(107\lambda) - 0,0322\lambda}{1,26 \cdot 10^3 \lambda + 133\cos(6,11 - 0,115\lambda) - 3,95 \cdot 10^5 \lambda} - 2,16 \cdot 10^{-6} \lambda. \quad (3.3)$$

Для синього світлодіода отримана функція спектральної щільності випромінювання (похибка апроксимації 0,031):

$$\varphi_{\text{синій}}(\lambda) = \frac{2,19 \cdot 10^{-8} \lambda^4}{7,74 \cdot 10^8 x + 2,1 \cdot 10^4 \lambda^2 + 0,0159 \lambda^4 - 6,58 \cdot 10^6 \lambda - 29,8 \lambda^3} - 6,02 \cdot 10^{-5}. \quad (3.4)$$

Модель для двох кольорів червоний+синій така:

$$\varphi_{\text{ч+син}}(\lambda) = K_{\text{ч}} \varphi_{\text{ч}}(\lambda) + K_{\text{син}} \varphi_{\text{син}}(\lambda), \quad (3.5)$$

де $K_{\text{ч}} = g(\lambda_{\text{чр}}) = 0,994$, $\lambda_{\text{чр}}$ - робоча довжина хвилі червоного світлодіода;

$K_{\text{син}} = g(\lambda_{\text{синр}}) = 0,51$, $\lambda_{\text{синр}}$ - робоча довжина хвилі синього світлодіода.

В опромінювача, який містить червоний і синій кольори, виходить невеликий збіг спектрального розподілу джерела світла з функцією, заснованої на спектрі дії фотосинтезу (рис. 3.1).

$$f_{\text{ч+син}} = \frac{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{ч+син}}(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{700} g(\lambda) d\lambda} = \frac{34,3}{216,7} = 0,158. \quad (3.6)$$

Можна використовувати світлодіоди інших кольорів, наприклад, УФ і зеленого. Для УФ світлодіода отримана функція спектральної щільності випромінювання (похибка апроксимації 0,023):

$$\varphi_{\text{УФ400}}(\lambda) = \frac{\lambda}{1,76 \cdot 10^9 + 6,63 \cdot 10^4 \lambda^2 + 0,006932 \lambda^4 - 1,76 \cdot 10^7 \lambda - 1112 \lambda^3}. \quad (3.7)$$

Для зеленого світлодіода отримана така функція спектральної щільності випромінювання (похибка апроксимації 0,054):

$$\varphi_{\text{зел}}(\lambda) = \frac{151 + 180 \sin(-0,0318 \lambda)}{2,71 \cdot 10^5 + \lambda^2 - 1,04 \cdot 10^3 \lambda} - 0,00364 - 0,0048 \sin(-0,032 \lambda). \quad (3.8)$$

Модель для чотирьох кольорів: червоний, синій, зелений і УФ – буде такою:

$$\varphi_{\text{ч+син+зел+УФ}}(\lambda) = K_{\text{ч}} \varphi_{\text{ч}}(\lambda) + K_{\text{син}} \varphi_{\text{син}}(\lambda) + K_{\text{зел}} \varphi_{\text{зел}}(\lambda) + K_{\text{УФ}} \varphi_{\text{УФ}}(\lambda), \quad (3.9)$$

де $K_{\text{ч}} = g(\lambda_{\text{чр}}) = 1$, $\lambda_{\text{чр}}$ - робоча довжина хвилі червоного світлодіода;

$K_{\text{син}} = g(\lambda_{\text{синр}}) = 0,51$, $\lambda_{\text{синр}}$ - робоча довжина хвилі синього світлодіода;

$K_{\text{зел}} = g(\lambda_{\text{зелр}}) = 0,55$, $\lambda_{\text{зелр}}$ - робоча довжина хвилі зеленого світлодіода;

$K_{\text{УФ}} = g(\lambda_{\text{УФр}}) = 0,31$, $\lambda_{\text{УФр}}$ - робоча довжина хвилі ультрафіолетового світлодіода.

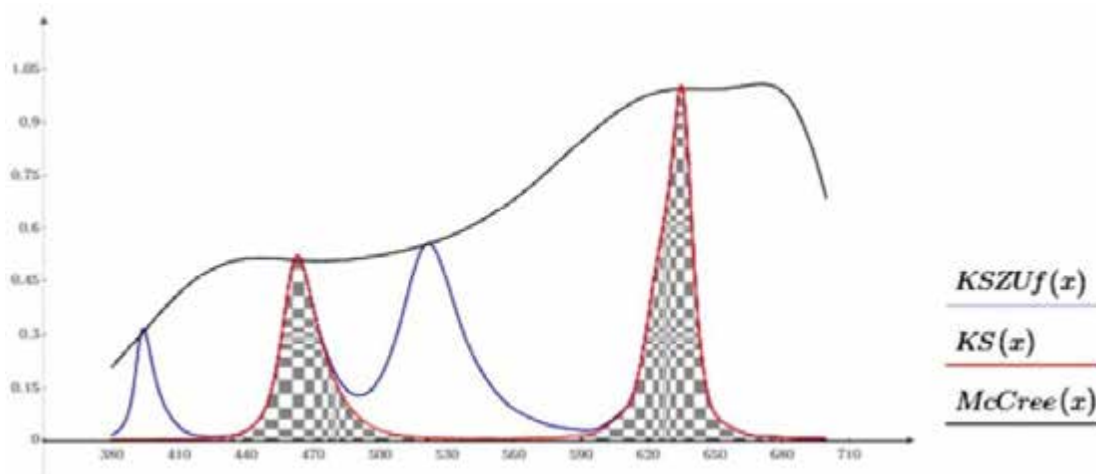


Рис. 3.1. Порівняння розрахованих спектрів сумарної дії чотирьох світлодіодів, спектру дії фотосинтезу та комбінації червоного та синього світлодіодів

Як впливає із отриманого графіка при комбінації цих кольорів, у спектрі сумарної дії все рівно є значні пропуски.

Частка збігу спектрального розподілу енергії в потоці випромінювання чотирьохколірного світильника з функцією, заснованої на спектрі дії фотосинтезу, така:

$$f_{\text{ч+син+зел+УФ}} = \frac{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{ч+син+зел+УФ}} \Phi(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{700} g(\lambda) d\lambda} = \frac{59,956}{216,7} = 0,277. \quad (3.10)$$

Нині з'явилися широкосмугові оранжеві світлодіоди. Для оранжевого світлодіода отримана така функція спектральної щільності випромінювання (похибка апроксимації 0,041):

$$\varphi_{\text{оранж}}(\lambda) = \frac{2,1 \lambda \cos(2,4 + 0,00631) \cos(1,5 + 0,0063 \lambda) - 459 \cos(2,4 + 0,0063 \lambda)^3 \cos(1,53 + 0,0063 \lambda)}{2,66 \cdot 10^{-3} - 2,25 \cdot 10^{-3} \cos(5,68 + 0,0118 \lambda)}. \quad (3.11)$$

Модель для чотирьох кольорів: оранжевий, синій, зелений та УФ така:

$$\varphi_{\text{оранж+син+зел+УФ}}(\lambda) = K_{\text{оранж}} \varphi_{\text{оранж}}(\lambda) + K_{\text{син}} \varphi_{\text{син}}(\lambda) + K_{\text{зел}} \varphi_{\text{зел}}(\lambda) + K_{\text{УФ}} \varphi_{\text{УФ}}(\lambda), \quad (3.12)$$

де $K_{\text{оранж}} = g(\lambda_{\text{оранж } p}) = 0,86$, $\lambda_{\text{оранж } p}$ - робоча довжина хвилі червоного світлодіода;

$K_{\text{син}} = g(\lambda_{\text{син } p}) = 0,51$, $\lambda_{\text{син } p}$ - робоча довжина хвилі синього світлодіода;

$K_{\text{зел}} = g(\lambda_{\text{зел } p}) = 0,51$, $\lambda_{\text{зел } p}$ - робоча довжина хвилі зеленого світлодіода;

$K_{\text{УФ}} = g(\lambda_{\text{УФ } p}) = 0,31$, $\lambda_{\text{УФ } p}$ робоча довжина хвилі ультрафіолетового світлодіода.

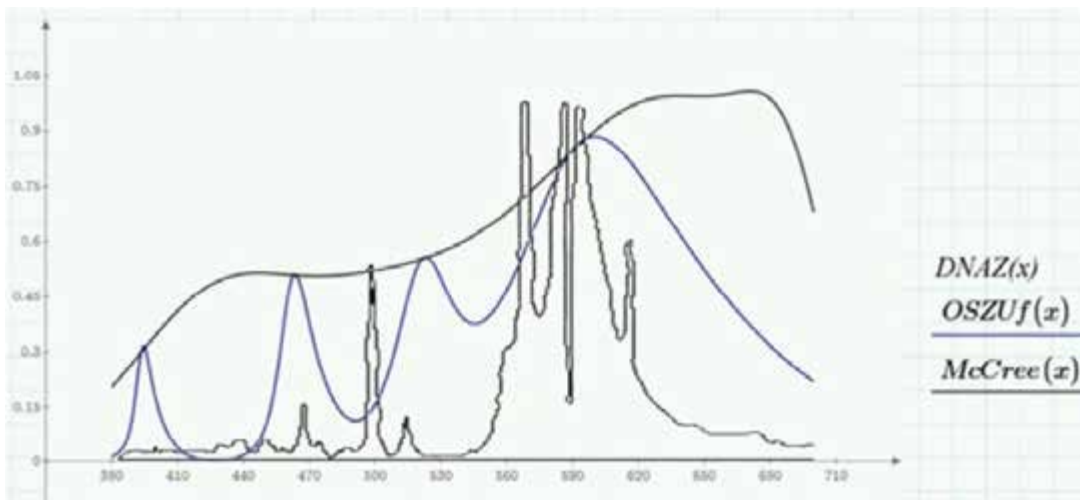


Рис. 3.2. Порівняння спектру сумарної дії чотирьох світлодіодів, ламп для опромінення рослин ДНаЗ та спектру дії фотосинтезу

Частка збігу спектрального розподілу енергії в потоці випромінення чотириколіорового світильника з функцією, заснованої на спектрі дії фотосинтезу, така:

$$f_{\text{оранж+син+зел+УФ}} = \frac{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{оранж+син+зел+УФ}} \Phi(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{700} g(\lambda) d\lambda} = \frac{125,02}{216,7} = 0,577. \quad (3.13)$$

Визначимо співвідношення потужностей світлодіодів чотириколіорової моделі:

$$PC_{\text{оранж}} = \frac{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{оранж}} K_{\text{оранж}} d\lambda}{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{оранж+син+зел+УФ}} d\lambda} 100\% = 70,4\%.$$

$$PC_{\text{син}} = \frac{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{син}} K_{\text{син}} d\lambda}{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{оранж+син+зел+УФ}} d\lambda} 100\% = 10,3\%.$$

$$PC_{\text{зел}} = \frac{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{зел}} K_{\text{зел}} d\lambda}{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{оранж+син+зел+УФ}} d\lambda} 100\% = 16,1\%.$$

$$PC_{\text{УФ}} = \frac{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{УФ}} K_{\text{УФ}} d\lambda}{\int_{380}^{700} \varphi_{\text{оранж+син+зел+УФ}} d\lambda} 100\% = 3,2\%.$$

де $PC_{\text{оранж}}$ - відсоток потужності оранжевого світлодіода в світильнику;

$PC_{\text{син}}$ - відсоток потужності синього світлодіода в світильнику;

$PC_{\text{зел}}$ - відсоток потужності зеленого світлодіода в світильнику;

$PC_{\text{УФ}}$ - відсоток потужності ультрафіолетового світлодіода в світильнику;

З розрахунків видно, що теплична натрієва лампа має частку збігу спектрального розподілу в 2,4 рази менше порівняно з чотириколіоровою широкосмуговою системою. Це дозволяє розраховувати на покращення продуктивності рослин і якості продукції при застосуванні нового варіанту

опромінювача.

Додавання в модель ще одного кольору (Червоний 660 нм) покращує частку збігу на 6,1 %, але ускладнює систему живлення. Тому для створення широкопasmової системи освітлення на основі кольорових світлодіодів вибираємо чотириколірну систему, яка складається з таких світлодіодів: УФ 400 нм, Синій 470 нм, Зелений 525 нм, Оранжевий 600 нм.

Таблиця 3.1

Дослідження світлодіодних опромінювачів рослин

Опромінювач	Кількість кольорів світлодіодів в опромінювачі	Сумарне значення спектрального розподілу енергії джерела світла в спектральному діапазоні ФАР, у.о.	Частка збігу спектрального розподілу джерела світла з функцією, заснованої на спектрі дії фотосинтезу
Червоний+Синій СД	2	34,258	0,158
Червоний+Синій + +Зелений+УФ СД	4	59,956	0,277
Оранжевий+Синій+ +Зелений+УФ СД	4	125,02	0,577
Оранжевий+Синій+ +Зелений+ УФ+Червоний СД	5	138,245	0,638
ДНаЗ	-	48,403	0,240

* - сумарне значення спектрального розподілу функції, заснованої на спектрі дії фотосинтезу - 216,687 у.о.

3.3. Обґрунтування структури і розрахунок резонансної системи живлення опромінювачів рослин

Для електроживлення системи опромінення розроблена резонансна система живлення, що дозволяє скоротити число проводів. При цьому для кожного кольору буде свій окремий перетворювач.

Резонансна система живлення складається з перетворювача напруги, (рис.3), лінії електропередачі і зворотного перетворювача, до складу якого входить трансформатор і випрямляч.

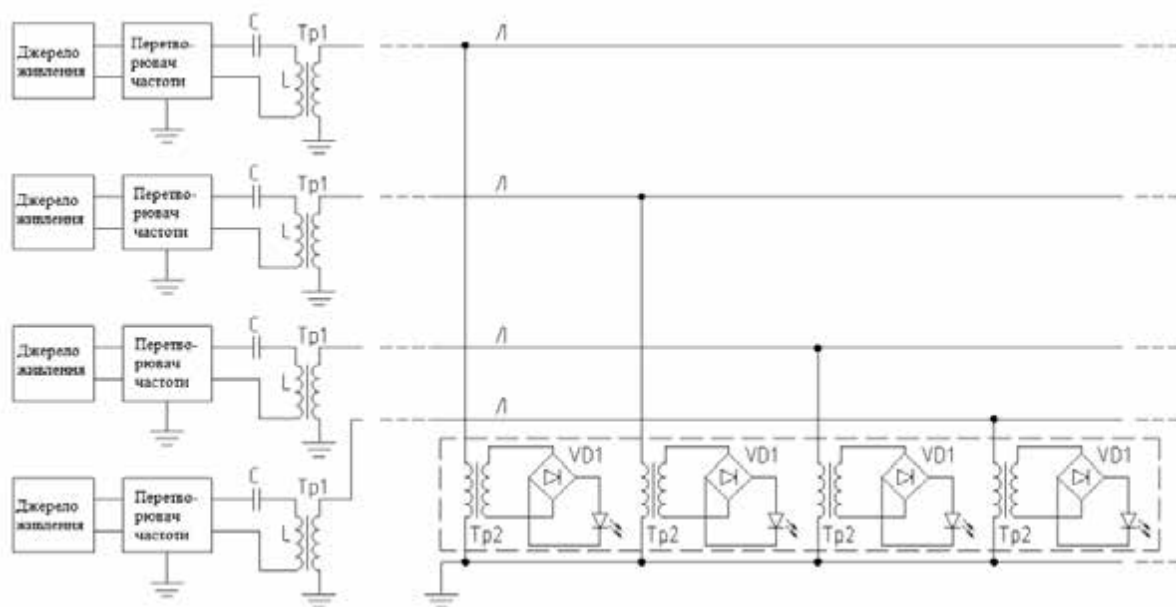


Рис. 3.3. Структурна система резонансної системи живлення світлодіодних опромінювачів

Резонансна система живлення світлодіодів працює так: напруга мережі, що підводиться до перетворювача частоти, перетворюється в напругу високої частоти, і подається на резонансний трансформатор, що складається з LC -контура і вихідної обмотки, з якого подається в лінію, до неї підключені приймальні трансформатори з випрямлячами, від яких живляться світлодіоди.

Для розрахунку резонансної системи живлення входять розрахунок параметрів резонансного трансформатора, вихідної потужності, прийомних трансформаторів і обмотувальних даних трансформаторів.

Основним реактивним елементом, що задає вихідну потужність

резонансного контуру, є ємність:

$$C = \frac{1,3P_{\text{вих}}}{U_{\text{вих}} U_{\text{вх}} \omega}, \quad (3.14)$$

де $P_{\text{вих}}$ - потужність передавального перетворювача,

$U_{\text{вих}}$ - напруга на LC контурі,

$U_{\text{вх}}$ - напруга на вході LC контура (напруга на виході інвертора),

ω - кутова частота ($\omega = 2\pi f$).

З формули Томпсона визначаємо індуктивність

$$C = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C}. \quad (3.15)$$

Реактивний струм в контурі:

$$I_{\text{конт}} = \frac{U_{\text{вих}}}{X_C} = U_{\text{вих}} \omega C. \quad (3.16)$$

Розрахунок габаритної потужності осердя визначаємо за формулою:

$$P = 0,44 \frac{S_c S_o f B_{\text{макс}}}{150}, \quad (3.17)$$

$$I_{\text{конт}} = \frac{U_{\text{вих}}}{X_C} = U_{\text{вих}} \omega C$$

де S_c - площа перерізу ($D \times B$), см^2 ,

S_o - площа перерізу вікна ($h_2 \times (CD)$), см^2 ,

$B_{\text{макс}}$ - магнітна індукція, Тл,

0,44 - коефіцієнт запасу з урахуванням роботи трансформатора в резонансному режимі.

Первинна обмотка повинна бути розрахована на максимальний реактивний струм I , що протікає через неї. Знаючи максимальний реактивний струм I і густину струму в обмотці J (в А / мм^2), а також площу вікна осердя S_o (в см^2) та коефіцієнту його заповнення K_o , можна визначити за стандартними методиками кількість витків.

Приймальний трансформатор розраховується за відомими методиками.

Оскільки кожен канал має різну максимальну потужність, то розрахунки для них проводяться аналогічним чином окремо.

3.4. Оптимізація параметрів і розробка широкопasmового енергозберігаючого опромінювача

На основі розрахованих спектральних характеристик чотириколькового світильника для відсіку теплиці 6,4x75 м необхідно мати 100 світильників потужністю 300 Вт, де загальна споживана потужність становить 31,2 кВт. Виходячи із визначеного кольорового співвідношення світлодіодів в опромінювачі буде становити 1 кВт, 3,2 кВт, 5 кВт та 22 кВт для кожного кольору окремо, при цьому напруга в лінії електропередачі становить 950 В. Розраховані параметри передавального резонансного трансформатора, розраховані за формулами (3.14) – (3.17), наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Найменування параметра	Ємність, С, мкФ	Індуктивність, L, мГн	Реактивний струм в контурі, I _{конт} , А	Напруга в контурі, U, В	Резонансна частота, f, кГц
для 1 кВт	0,05	8,42	4,73	2000	8
для 3,2 кВт	0,15	2,632	15,1		
для 5 кВт	0,24	1,684	23,6		
для 22 кВт	1,04	0,383	104		

Для кожного каналу розрахований передавальний трансформатор з запасом за потужністю, обрані осердя (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Канал з довжиною хвилі	Потужність каналу P, Вт	Осердя-конфігурації "EE"	Габаритна потужність осердя P, Вт	Число витків первинної обмотки W1	Зазор осердя 6, мм	Число витків вторинної обмотки W2
400 нм	1000	EE110/18,5	1069	199,5	3,9	94,2
470 нм	3200	EE128	3460	82,1	5,2	38,8
525 нм	5000	EE160A	6848	85,2	8,4	40,2
600 нм	22000	EE240	22735	54,8	23,8	25,9

Для світильників розраховані приймальні трансформатори для кожного

каналу (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Канал для колорь ора світлодіода	Осердя конфігурації "Ш"	Габаритна потужність осердя P, Вт	Число витків первинної обмотки W1	Струм первинної обмотки I _{вх} , А	Струм вторинної обмотки I _{вих} , А	Переріз провoda первинної обмотки S _{вх} , мм ²	Переріз провoda вторинної обмотки S _{вих} , мм ²	Число витків вторинної обмотки W2
400 нм	Ш7х7	15,88	2870	0,018	0,66	0,005	0,19	76,5
470 нм	Ш10х10	59,13	1406	0,066	2,46	0,019	0,71	37,5
525 нм	Ш10х10	59,13	1406	0,066	2,46	0,019	0,71	37,5
600 нм	Ш16х20	380,27	439,5	0,423	15,8	0,122	4,58	11,7

Світильники підвісні зі світлодіодними джерелами світла. Корпус з АБС сополімеру, знімна металева панель, на якій розташовані світлодіоди. Розсіювач - ударостійкий полікарбонат.

Споживана потужність світильника для опромінення 20 Вт/м² ФАР становить 300 Вт.

Для кращої рівномірності освітленості необхідно розрахувати оптичний кут опромінювача. Розрахунок зроблений на прикладі фрагмента теплиці 3 м на 4 м з висотою підвісу світильників 2 м. Мінімальний радіус опромінення розрахуємо за формулою:

$$R = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2} = \frac{\sqrt{1,5^2 + 2^2}}{2} = 1,25 \text{ м}, \quad (3.18)$$

де a - половина ширини фрагменту теплиці; b - половина довжини фрагменту теплиці.

Обчислимо кут розсіювання лінзи світильника:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{R}{H} = \frac{1,25}{2} = 0,625 \rightarrow \frac{\alpha}{2} = 32^\circ \quad \alpha = 64^\circ \quad (3.19)$$

Для рівномірного опромінення площі 12 м² необхідно розмістити 4

джерела світла так, щоб радіус освітлення від кожного світильника був 1,25 м. Для цього при висоті підвісу 1,5 м відстань між опромінювачами повинна бути 1,5 м, а між рядами опромінювачів

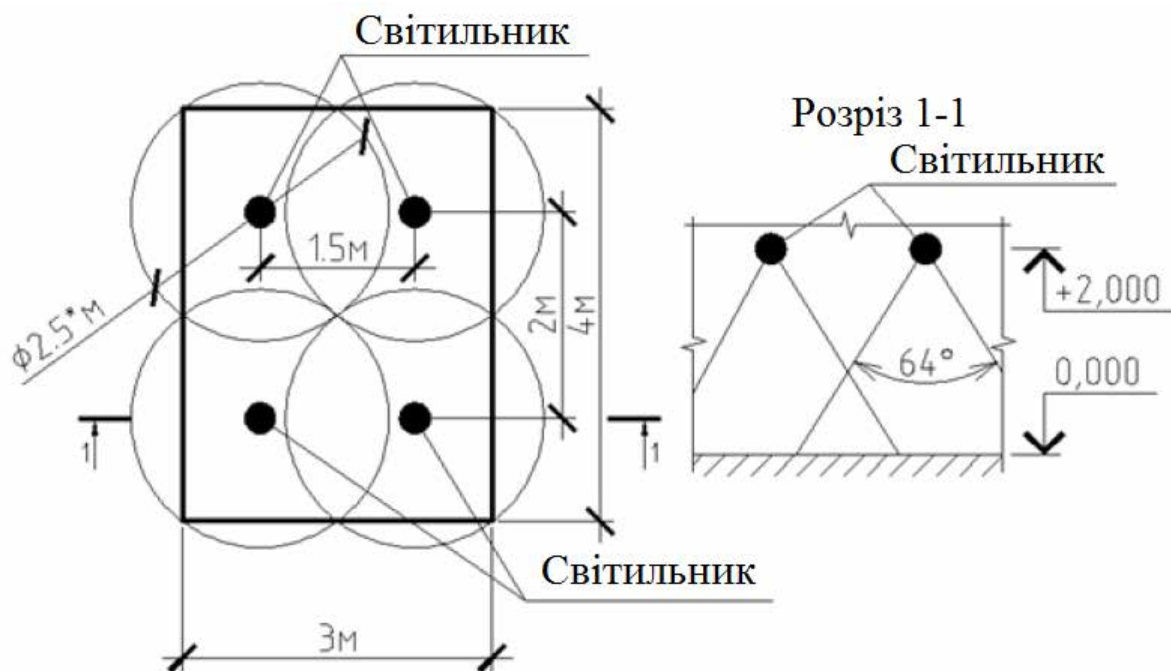


Рис. 3.4. Розміщення опромінювачів у фрагменті теплиці

Отже, використовуючи 4 опромінювача, необхідно отримати опроміненість (E) 10000 лм/м² (20 Вт/м² ФАР). Розрахунок опроміненості проводимо з використанням коефіцієнта використання світлового потоку:

$$E = N \frac{F}{S} K_3, \quad (3.20)$$

де N - кількість світильників; F - світловіддача; S - площа; K_3 - коефіцієнт запасу.

Знайдемо необхідний потік опромінення:

$$F = \frac{ES}{NK_3} = \frac{10000 \times 00}{4 \times 1,1} = 20000 \text{ ллм}$$

Таким чином, для забезпечення необхідної опроміненості фрагмента теплиці площею 12 м² необхідно мати 4 світильника з лінзами розсіювання в 64°, у складі яких 4 світлодіодних матриці (оранжевий, синій, зелений і УФ) загальною потужністю 300 Вт.

3.5. Результати експериментальних досліджень світлодіодної системи опромінення рослин з резонансною системою електроживлення

Лабораторні випробування проводилися для порівняння інтенсивності потоку випромінювання тепличного опромінювача ЖСП 10-600 "AGRO" на основі натрієвої лампи високого тиску ДНаЗ-600 і нової багатоканальної широкосмугової світлодіодної системи опромінення рослин потужністю 100 Вт, що містить світлодіоди з довжинами хвиль 400 нм, 470 нм, 525 нм і 600 нм, з оптимальним співвідношенням потужностей 3,2 %: 10,3 %: 16,1 %: 70,4 % відповідно.

Для оцінки корисної потужності використовувався прилад-індикатор потужності ФАР. Від натрієвих газорозрядних ламп високого тиску потужністю 600 Вт опроміненість ФАР на відстані 1,5 м склала 18,9 Вт/м² ФАР, а опроміненість від нової системи потужністю 100 Вт склала 8,4 Вт/м² ФАР. З цього випливає, що ефективність нової системи приблизно в 2 рази більше, що дозволить значно скоротити витрату електроенергії на опромінення рослин в теплицях, використовуючи світлодіодні опромінювачі потужністю 300 Вт.

У двох теплицях з однаковими параметрами були засіяні кріп, петрушка і салат. У першій теплиці отримували тільки природне світло протягом 10 годин, у другій теплиці світловий день з додатковим опроміненням потужністю 50 Вт становив 15 годин. Система освітлення забезпечувала додаткове опромінення 8,4 Вт/м² ФАР (2500 лк) при висоті підвісу 0,45. Оцінку потужності світильника проводили приладом-індикатором потужності фотосинтезно-активної радіації.

Протягом 33 днів були отримані дані, відображені в табл. 4.5. Ріст салату "Московський парниковий" і петрушки "Італійський гігант" при природному освітленні в теплиці були приблизно в півтора рази менші порівняно з салатом і петрушкою, опроміненими додатково (рис. 3.6, а, б). Результати досвічування кропу "Алігатор" показують майже подвійну перевагу в розмірах досвічених рослин проти тих, які отримали тільки природне світло. (рис. 3.6, в).



Рис. 3.5. Експериментальні світлодіодні світильники

За увесь період випробувань витрата електроенергії склав 24,75 кВт·год на м². Період вегетації розсади, що знаходилися під додатковим опроміненням, скоротився приблизно на 5 днів.

Таблиця 3.5

Результати спостереження росту рослин

Культура	Тип опромінення	19 день	26 день	33 день
Кріп	Природне освітлення+досвічування	40мм	55мм	80мм
	Природне освітлення	20мм	30мм	55мм
Салат	Природне освітлення+досвічування	30мм	40мм	65мм
	Природне освітлення	20мм	25мм	50мм
Петрушка	Природне освітлення+досвічування	5 мм	25мм	35мм
	Природше освітлення	2мм	15мм	22мм

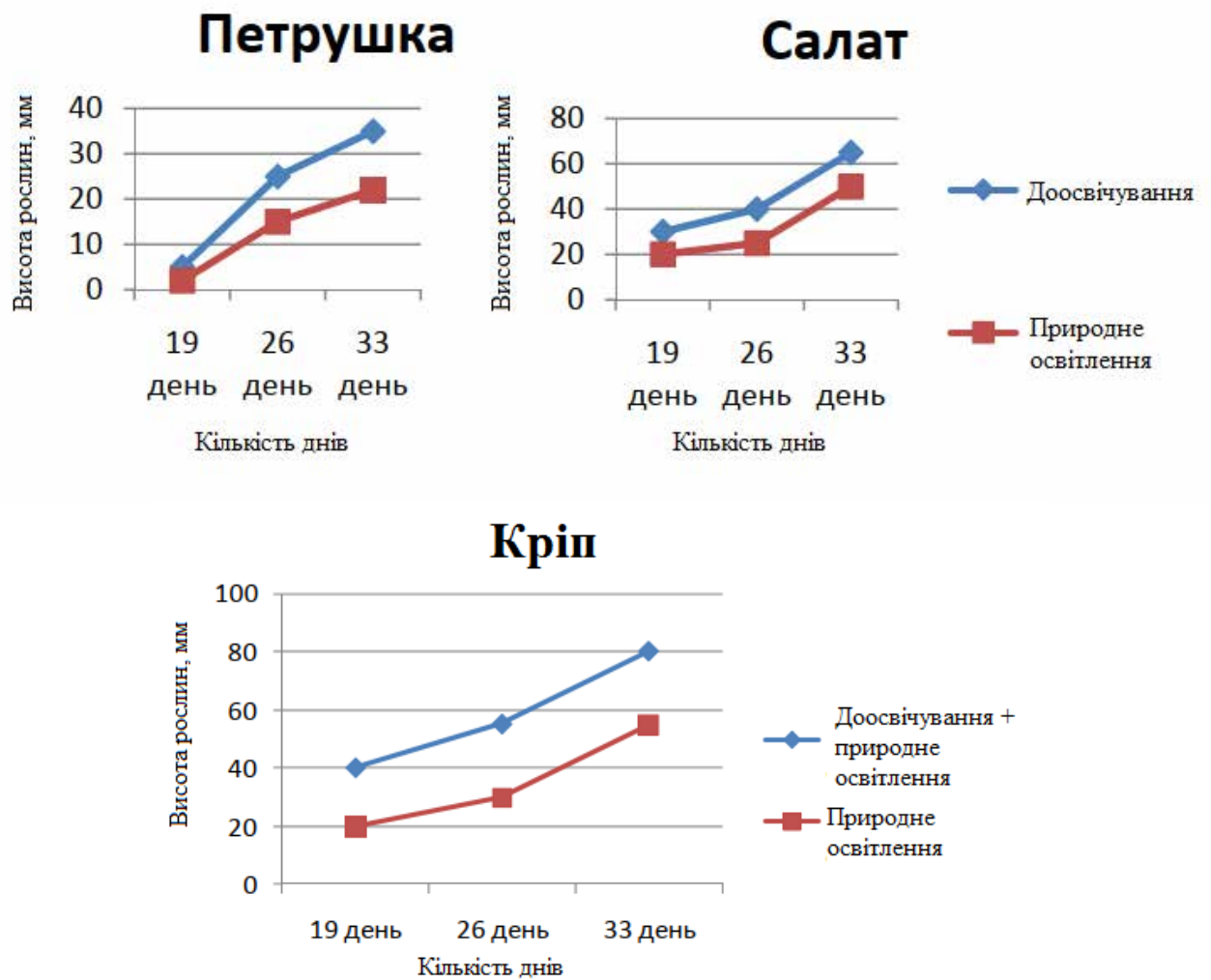


Рис. 3.6. Біометричні показники рослин при природньому освітленні та світлодіодній системі опромінення

РОЗДІЛ 4

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕПЛИЦІ

Заходи, що відносяться до раціонального використання електроенергії:

- Автоматизація керування виробничими процесами і вуличним освітленням;
- Вдосконалення технологічних ліній;
- Компенсація реактивної потужності;
- Обмеження холостого ходу машин та електродвигунів;
- Організація функціональної технологічної експлуатації електроустановки;
- Технологічний контроль завантаження електродвигунів та їх заміна на меншу потужність при завантаженні двигуна менше 70 %.

Для електродвигунів змінного струму $\cos\varphi$ є важливим енергетичним показником, який залежить від навантаження на валу двигуна і показує, яка частина повної електричної потужності, що надходить з мережі, перетворюється на активну потужність. Характер зміни цієї залежності показано на рис. 4.1, б. За відсутності навантаження ($P_m = 0$) двигун споживає незначну активну потужність, яка практично дорівнює постійним втратам, і значну реактивну потужність, яка витрачається в основному на створення магнітного поля двигуна. В цьому випадку $\cos\varphi$ має невелике значення.

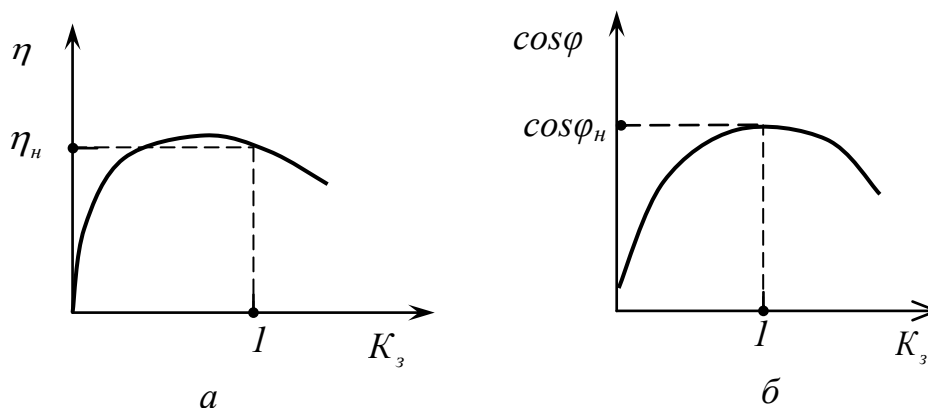


Рис. 4.1. Залежності ККД (а) і $\cos\varphi$ (б) від завантаження двигуна

При збільшенні навантаження споживання реактивної потужності змінюється мало і тоді підвищується $\cos\varphi$. Подальше збільшення навантаження призводить до росту споживання реактивної потужності за рахунок магнітних потоків розсіювання, що призводить до зменшення $\cos\varphi$.

З цього випливає, що для кращого використання електроенергії, зведення до мінімуму її втрат, досягнення максимального значення ККД двигуна в усталених режимах електроприводів, кутова швидкість яких не регулюється, необхідно забезпечити номінальне завантаження та обмежити тривалість холостого ходу двигуна.

За наявності малозавантажених двигунів доцільно провести їх заміну на двигуни менших габаритів, потужність яких відповідає реальній потужності навантаження.

Розрахунки показують, що коли середнє навантаження двигуна складає менше 45 % його номінальної потужності, то заміна цього двигуна менш потужним завжди доцільна. При завантаженні двигунів більше 70 % номінальної потужності їх заміна недоцільна. Коли двигуни завантажені в межах 45–70 % доцільність їх заміни повинна бути визначена додатковими розрахунками.

Реактивна потужність, споживана асинхронним двигуном, пропорційна боковій поверхні ротора і величині повітряного зазору. Тому чим менший зазор і бокова поверхня ротора, тим вищий $\cos\varphi$. У потужних двигунах зазор відносно менший, ніж в малопотужних, тому вони мають вищий $\cos\varphi$. У високошвидкісних двигунах внаслідок зменшення числа полюсів бокова поверхня менша, ніж у тихохідних, відповідно ці двигуни мають вищий $\cos\varphi$.

На значення $\cos\varphi$ впливають коливання напруги. При повному завантаженні двигуна зниження напруги викличе зниження $\cos\varphi$, а при неповному – його підвищення $\cos\varphi$.

Для підвищення коефіцієнта потужності електропривода змінного струму вживають такі заходи: заміна малозавантажених електродвигунів двигунами меншої потужності; обмеження холостого ходу двигуна шляхом упорядкування

технологічного процесу робочої машини; заміна асинхронних двигунів синхронними, коли це економічно виправдано; використання компенсуючих конденсаторів.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Передмова

Охорона праці в теплиці забезпечується системою законодавчих, нормативних, соціально-економічних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, котрі забезпечують безпеку і збереження здоров'я працюючого персоналу. Від знань, розуміння і правильного виконання електротехнічним персоналом вимог електробезпеки при монтажі, експлуатації електроустановок залежить безпека всіх осіб, що безпосередньо користуються цими установками.

Вимоги охорони праці мають враховуватись вже на етапі проектування реконструкції електричних мереж теплиці. Зміни у всіх галузях народного господарства, і в першу чергу в аграрному секторі, передбачають підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва шляхом всебічної електрифікації і автоматизації як окремих технологічних (особливо фізично тяжких) процесів, так і цілих технологічних ліній, виробництв та підприємств. Це обумовлює зростання інтенсивності взаємодії практично всіх категорій робітників сільськогосподарської та промислової галузей з електроустановками різноманітних призначень та напруг. При цьому важливого значення набуло вдосконалення електрозахисних засобів, що запобігають електротравматизму.

Охороні праці та здоров'я працівників, ліквідації професійних захворювань та виробничого травматизму в теплиці приділяється належна увага. На ці цілі щорічно виділяються кошти, витрати яких не за призначенням забороняються.

5.1. Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Заходи з безпеки праці в господарстві проводяться на основі плану покращення умов охорони праці та санітарно-оздоровчих заходів. В господарстві є кабінет з безпеки праці.

Робітники, що тільки прийняті на роботу, проходять ввідний інструктаж та первинний інструктаж на робочому місці.

Ввідний інструктаж проводить головний спеціаліст того ж господарства, куди вступає новий робітник, при обов'язковій присутності інженера по охороні праці відповідно до ГОСТ. Його реєструють в особистій карточці робітника. Первинний інструктаж на робочому місці проводить керівник підрозділу. Допуск до самостійної роботи фіксується в журналі реєстрації інструктажів на робочому місці та в особистій карточці з датою та підписом інструктуючого та інструктованого.

Повторний інструктаж проводять усі робітники не менше як один раз на 6 місяців (електрики – раз у 3 місяці) по програмі інструктажу на робочому місці. Фіксують його також як і первинний.

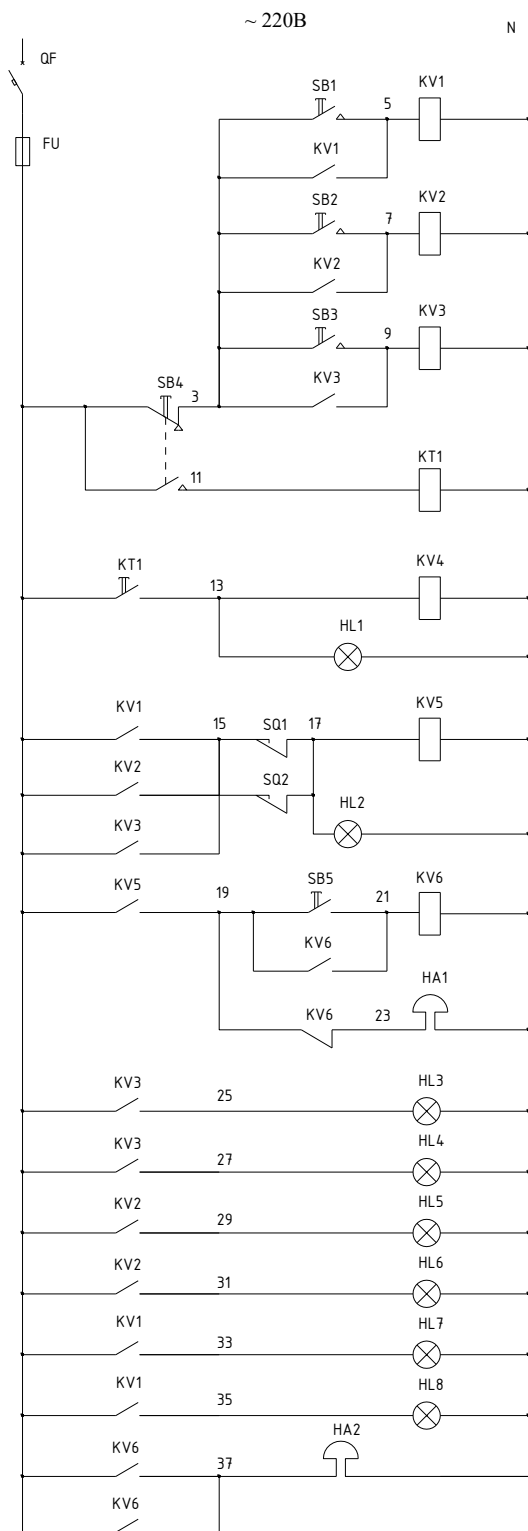
Особи, що мають відношення до електроприладів, проходять навчання відповідно до «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей». Електромонтери та слюсарі КВП і А проходять кожні два роки медичний огляд. Позапланові інструктажі проводяться при порушенні робітниками правил техніки безпеки.

Контроль за станом безпеки праці в господарстві здійснює комісія по охороні праці при профкомі, яку очолює старший інспектор по безпеці праці.

Робітники господарства забезпечені особистими засобами захисту та спецодягом.

Для боротьби зі шкідниками та хворобами рослини обробляють отрутохімікатами. Для цього передбачено в обов'язковому порядку наявність спецодягу, протигазів типу ПШ-1 та респіраторів типу РУ-60.

Для попередження обслуговуючого персоналу розроблена схема сигналізацій, яка передбачає видачу світлових та звукових сигналів при обробці отрутохімікатами, при термічному обробітку ґрунту та при підживленні рослин вуглекислим газом. Принципова електрична схема попереджувальної сигналізації представлена на рис. 5.1. Вмикання сигналізації передбачено зі щита управління в щитовій КВП і А. При вході в теплицю запалюється табло



Проміжне реле кнопки виконання попереджувальної сигналізації	Пропарювання
	Обробка отрутохімікатами
	Газация
Кнопка знімання світлового сигналу	Реле часу
	Проміжне реле
Попереджувальна світлова сигналізація	"Увімкнуті вентиляцію теплиці"
	Кінцевий вимикач і проміжне реле
	Відкриті двері в теплицю
Звукова сигналізація	Кнопка знімання сигналу і проміжного реле
	Дзвінок
Попереджувальна світлова сигналізація	Табло "Не заходимо газу"
	Газация в теплиці
	Табло "Не заходимо, яди!"
	Обробка отрутохімікатами в теплиці
	Табло "Обережно, пара!"
	Обробка парю в теплиці
Щитова	Звукова сигналізація

Позиц. познач	Найменування	Кіл	Примітка
Апаратура на щитку			
Прилади індикаційні і сигнальні			
HA2	Дзвінок гучного бою МЗ-1, ~220В	12	
HL1	Арматура сигнальна з зеленим стеклом ЛС-53	12	
HL2,HL4 HL6,HL8	Арматура сигнальна з червоним стеклом ЛС-53	24	
Реле			
KV1...KV5	Реле проміжне закритого виконання переднім приєднан. проводів ПЕ-21	30	
KV6	Те саме ПЕ-21	6	
KT1	Реле часу пневматичне РВП 2112	6	
QF	Вимикач автоматичний виконання "М" ~220В, А63-М	1	Ін=6.3А Івідс=2Ін
Прилади комутаційні			
SB1...SB5	Кнопкова станція з штовхачем чорного кольору КС1-11, ~220В	24	
SB4	Те саме, з штовхачем червоного кольору КС1-11	6	
Апаратура по місцю			
Прилади індикаційні і сигнальні			
HA1	Дзвінок гучного бою МЗ-1, ~220В		
HL3	Вказівник світловий з написом: "Не заходимо - газация!", СУП-М(К674)	6	
HL5	Вказівник світловий з написом: "Не заходимо - яди!", СУП-М(К674)	6	Рл=40Вт
HL3	Вказівник світловий з написом: "Обережно, пара", СУП-М(К674)	6	Рл=40Вт
Прилади комутаційні			
HL3	Кінцевий вимикач ступінь 3, хід зліва ВПК - 3113	6	
HL3	Те саме, але хід справа ВПК-3116	6	

Рис. 5.1. Схема попереджувальної сигналізації

«НЕ ЗАХОДИТИ – ЯДИ», «НЕ ЗАХОДИТИ – ГАЗИ», «ОБЕРЕЖНО, ПАР!». При відкриванні дверей у теплицю в момент, коли заборонений вхід в неї, загорається сигнал на щиті «ДВЕРІ В ТЕПЛИЦЮ ВІДКРИТІ».

Зняття сигналу після завершення виконання вище наведених робіт відбувається за допомогою кнопки зйому сигналу зі щита керування. При цьому дзвонить дзвоник та загоряється лампочка «УВІМКНУТИ ВЕНТИЛЯЦІЮ». Зняття звукового сигналу відбувається по закінченні деякого проміжного часу, заданого реле часу.

Для запобігання переносу інфекції перед входами теплиць встановлюється ящик з тирсою, просочиною дезинфікуючим розчином.

В з'єднувальному коридорі не виключена можливість пошкодження ізоляції проводів та кабелів рухомим механізмами. Для цього необхідно передбачити прокладку їх в металевих трубах та лотках у відповідності з ПУЕ.

Безпека обслуговування електрообладнання залежить від характеру середовища, в якому воно працює. Визначення класів та категорій об'єктів господарства приведено в таблиці 6.2.

Потрібна кількість діелектричних засобів захисту для нормальної експлуатації запроектованих електричних установок розраховується по відомій кількості електроустановок проєктованого об'єкту у відповідності з «Мінімальними нормами комплектування захисними засобами електроустановок при вводе их в експлуатацію».

5.2. Безпечність об'єкта проєктування

5.2.1. Визначення категорій приміщення та класів виробничих зон

Тепличні приміщення відносяться до особливо небезпечних за ступенем отруєння парами розчинів мінеральних добрив. Визначаємо класи та категорії приміщень теплиці, а дані заносимо до таблиці 5.2.

Класи та категорії об'єктів господарства

Найменування об'єкта.	Категорія виробництв по вибухо- та пожежебезпеці.	Кліматична зона.	Тупінь вогнестійкості будівлі або споруди.	Клас приміщення по ступеню враження електричним струмом.	Категорія приміщення по характеру оточуючого середовища.	Клас вибухо- та пожежних зон приміщень.	Категорія пристроїв блискавозахисту.
Теплиця	Д	3	Г	Особливо небезпечні	Особливо вологі		3
Котельня	Г	3	П	З підвищеною небезпекою	Вологі	В-Іб	3
Склад ПММ	Б	3	І	Особливо небезпечні	Особливо вологі	В-Іг	2
Склад мінеральних добрив	Б	3	П	Особливо небезпечні	Особливо вологі з хімічноактивним середовищем	В-Іг	2
Склад матеріальних цінностей	Д	3	П	Без підвищеної небезпеки	Сухі	П-Пп	3

5.2.2. Визначення потенційно небезпечних частин електроустановок

До потенційно-небезпечних частин електроустановок відносяться неструмоведучі частини, на яких може з'явитися напруга внаслідок пошкодження ізоляції. Ці частини підлягають захисному заземленню або зануленню в мережах напругою до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю.

Стосовно конкретних видів електрообладнання потенційно-небезпечними частинами є:

- металеві корпуси трансформаторів
- рами і проводи вимикачів та інших комутаційних апаратів
- вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів
- металеві оболонки та броня кабелів і проводів
- сталеві труби для електропроводки

Потенційно-небезпечними не вважаються:

- гаки ізоляторів чи штирі надерев'яних опорах
- металеві скоби і закрєпи для кріплення проводки
- труби для проходу проводки через стіни і зокрема кабельної проводки.

5.2.3. Визначення небезпечних і шкідливих факторів виробництва

Таблиця 5.3

Небезпечні і шкідливі фактори виробництва

Назва приміщення	Небезпечні і шкідливі фактори виробництва						
	фізичні			хімічні	біологічні	психофізіологічні	
	запиленість	загазованість	шуми	токсичні	мікроорганізми	фізичні	нервово-психологічні
Теплиця	+	+	-	+	+	+	+
котельня	-	-	+	-	+	+	+

У відповідності з таблицею 6.3 в теплиці є такі шкідливі фактори, як загазованість, особливо вологі. По можливості отруєння парами розчинів мінеральних добрив, теплиця відноситься до особливого класу приміщень. Всі ці фактори при певних умовах можуть призвести до травматизму

5.3. Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу на об'єкті проектування

Для безпечної праці обслуговуючого персоналу передбачаються такі фактори:

- розподільчі щити в теплиці та інших приміщеннях передбачено встановлювати в окремих сухих приміщеннях,
- Силу проводку прийнято виконувати проводами АПВ, прокладеним в трубі, і кабелем АВВГ, опір ізоляції проводів прийнято не менше 0.5 МОм,

- Для запобігання появі небезпечного потенціалу на нульовому проводі, прийнято розділяти рівномірно по фазам,
- Висота підвісів світильників прийнята 2,4 м,
- Металеві корпуси, можуть потрапити під напругу при пробиванні ізоляції передбачено занулювати шляхом з'єднання їх з нульовим проводом або заземленням.

Для захисту робітників від отруєння парами розчинів мінеральних добрив в приміщеннях застосовують пристрої для провітрювання, а також датчики, які своєчасно вмикають ці пристрої.

На всіх роботах, шкідливих для здоров'я, робітникам бешкоштовно видають спецодяг, спецвзуття, попереджувальні пристосування. Списки професій, пов'язаних з роботою в перелічених умовах, види спецодягу і строк його використання передбачають: "Нормы и порядок выдачи, хранения и пользования спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями»

Для безпечної праці при обслуговуванні електроустановок проектом передбачено забезпечити обслуговуючий персонал основними і додатковими засобами, розрахунок яких приведено в таблиці 6.4.

5.4. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів

Індивідуальні засоби захисту від враження електричним струмом розраховані згідно вимог ПТБ, ПТЕ "Норми комплектування засобами захисту".

Для забезпечення першою медичною допомогою в кожному виробничому приміщенні є аптечки медичної допомоги.

Розрахунок інших видів спецодягу проводимо виходячи з "Норм санітарного одягу для робітників підприємств і організацій системи Міністерства сільського господарства України".

Розрахунок необхідної кількості спецодягу, спецвзуття та інших пристосувань для обслуговуючого персоналу теплиці виконано в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Перелік необхідних заходів захисту від враження електричним струмом

№	Назва захисних засобів	ГОСТ	Кількість	Місце зберігання
1	Діелектричні рукавиці	ГОСТ 15497-63	4 пари	Шафа
2	Діелектричні боти	ГОСТ 4010-68	2 пари	Шафа
3	Індикатор високої напруги	МРТУ 34613-70	1 шт.	Шафа
4	Показчик напруги до 1кВ	МРТУ 34620-86	2 шт.	Шафа
5	Струмевимірювальні кліщі	ТУ 34.131832-73	2 шт.	Шафа
6	Пояс запобіжний	ТУ 39.72283-71	2 шт.	Шафа
7	Монтерський інструмент	ГОСТ 17516-75	2 шт.	Шафа
8	Переносні заземлення	ТУ 16.538.22-74	2 шт.	Шафа
9	Плакати і знаки безпеки	ГОСТ 12.4.026-76	3 комп.	Пункт КТО
10	Тимчасові огорожі	ГОСТ 12.4.026-76	2 комп.	Пункт КТО
11	Захисні окуляри	ГОСТ 121063-74	2 шт.	Шафа
12	Каска вінілпластова	ГОСТ 53119-81	2 шт.	Шафа
13	Рукавиці	ГОСТ 2010-80	2 пари	Шафа

5.5. Розрахунок заземлюючих пристроїв

Передбачено виконання заземлюючого пристрою сталевими стержнями.

Опір повторного заземлення нульового проводу повинен бути не більше 30 Ом. Трансформаторна підстанція знаходиться в 3 кліматичній зоні України.

Питомий опір ґрунту:

$$\rho_1=270 \text{ Ом/м}; \rho_2=140 \text{ Ом/м}; \text{товщина шару з } \rho_1 - h_1=3,5\text{м}.$$

Тривалість гроз на рік дорівнює 65 годин.

Для прикладу проводимо розрахунок заземлюючого пристрою ТП 250-10/0,4 кВ.

Довжина вертикальних стержнів $L=7\text{м}$, діаметр стержнів $d=0,012\text{м}$, глибина закладання стержнів $t=0,8\text{м}$, площа залізобетонного фундаменту $S=50\text{ м}^2$; довжина кабельної лінії $L_{\text{кл}}=12\text{ км}$; довжина повітряної лінії $L_{\text{пл}}=80\text{ км}$.

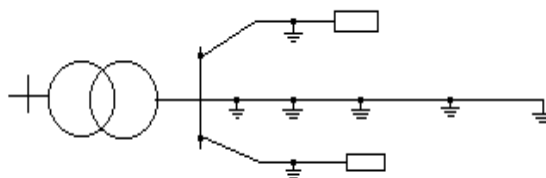


Рис. 5.2. Схема мережі 0,38кВ із позначенням повторних заземлень.

Визначаємо $\rho_{\text{екв}}$:

$$\rho_{\text{екв}} := \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot l}{\rho_1 \cdot (t + k \cdot l - h_1) + \rho_2 \cdot (h_1 - t)} \quad (5.1)$$

де $k=1$ при $\rho_1 > \rho_2$

Опір повторного заземлювача: $R_{\text{пов.зас.}} = 0,3 \cdot \rho_{\text{екв}} = 0,3 \cdot 171,93 = 51,58 \text{ Ом.}$

Допустимий опір заземлення лінії: $R_{\text{доп.л.}} = 0,1 \cdot \rho_{\text{екв}} = 0,1 \cdot 171,93 = 17,19 \text{ Ом.}$

$$\rho_{\text{екв}} := \frac{270 \cdot 140 \cdot 1,0 \cdot 7}{270 \cdot (0,8 + 1,7 - 3,5) + 140 \cdot (3,5 - 0,8)}$$

$$\rho_{\text{екв}} = 171,93 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Опір штучного заземлювача: $R_{\text{шт.}} = 0,3 \cdot \rho_{\text{екв}} = 51,58 \text{ Ом.}$

Допустимий опір заземлення ТП: $R_{\text{доп.ТП.}} = 0,04 \cdot \rho_{\text{екв}} = 0,04 \cdot 171,93 = 6,88 \text{ Ом.}$

Розрахунок заземлювача для мережі 0,38кВ.

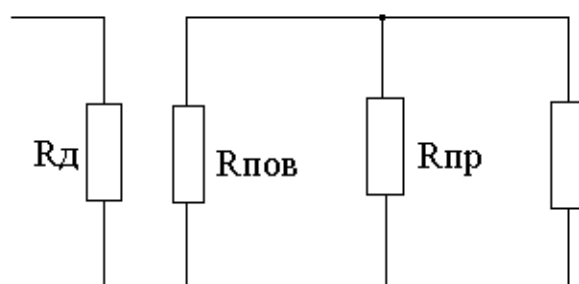


Рис.5.3. Схема заміщення мережі 0,38 кВ:

$R_{\text{пов}}$ – опір повторного заземлювача;

$R_{\text{шт}}$ – опір штучного заземлювача;

$R_{\text{пов}}$ – опір природнього заземлювача

Обчислюємо опір природнього заземлювача:

$$R_{\text{пр}}^- := \frac{0.5 \cdot \rho_{\text{еф}}}{\sqrt{S}} \quad \rho_{\text{еф}} := \rho_1 \cdot \left(1 - e^{-\alpha \cdot \frac{h_1}{\sqrt{S}}} \right) + \rho_2 \cdot \left(1 - e^{-\beta \cdot \frac{\sqrt{S}}{h_1}} \right) \quad (5.2)$$

де α і β коефіцієнти при $\rho_1 > \rho_2$ $\alpha := 3.6$ $\beta := 0.1$

$$\rho_{\text{еф}} := 270 \cdot \left(1 - e^{-3.6 \cdot \frac{3.5}{\sqrt{50}}} \right) + 140 \cdot \left(1 - e^{-0.1 \cdot \frac{\sqrt{50}}{3.5}} \right)$$

$$\rho_{\text{еф}} := 276.9 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{пр}} := \frac{0.5 \cdot 276.9}{\sqrt{50}} \quad R_{\text{пр}} := 19.5 \text{ Ом}$$

Розраховуємо опір повторних заземлень:

$$R_{\text{л1}} = 17,19 \text{ Ом},$$

$$R_{\text{л2}} = 51,58/5 = 10,31 \text{ Ом},$$

$$R_{\text{л3}} = 17,19 \text{ Ом}.$$

$$R_{\text{пов}} = (R_{\text{л1}} \cdot R_{\text{л2}} \cdot R_{\text{л3}}) / (R_{\text{л1}} \cdot R_{\text{л2}} + R_{\text{л1}} \cdot R_{\text{л3}} + R_{\text{л2}} \cdot R_{\text{л3}}), \quad (6.3)$$

$$R_{\text{пов}} = (17,19 \cdot 10,31 \cdot 17,19) / (17,19 \cdot 17,19 + 17,19 \cdot 17,19 + 10,31 \cdot 17,19) = 4,69 \text{ Ом}.$$

Визначаємо еквівалентний опір:

$$R_{\text{екв}} = (R_{\text{пов}} \cdot R_{\text{пр}}) / (R_{\text{пов}} + R_{\text{пр}}), \quad (6.4)$$

$$R_{\text{екв}} = (4,69 \cdot 19,5) / (4,69 + 19,5) = 3,78 \text{ Ом}.$$

Оскільки $R_{\text{екв}} = 3,78 \text{ Ом} < R_{\text{доп}} = 6,88 \text{ Ом}$, то опір штучного заземлювача приймаємо максимально допустимий $R_{\text{шт}} = 51,58 \text{ Ом}$, тому що при такому відношенні $R_{\text{екв}}$ до $R_{\text{доп}}$ штучне заземлення можна було б і не виконувати, але правила вимагають цього.

Розрахуємо заземлювач для мережі 10 кВ.

Визначаємо допустимий опір заземлювача:

$$R_{\text{д}} = (125 / I_{\text{зз}}) < 10 \text{ Ом},$$

де $I_{\text{зз}}$ – струм замикання на землю.

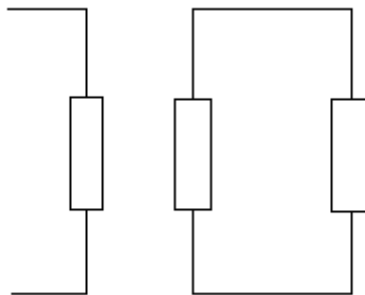


Рис.6.4. Схема заміщення лінії 10кВ

$$I_{зз} = (U \cdot (L_{плл} + 35 \cdot L_k)) / 350, \quad (5.5)$$

$$I_{зз} = (10 \cdot (80 + 35 \cdot 12)) / 350 = 14,28 \text{ А.}$$

$$R_{д(10)} = 125 / 14,28 = 8,75 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом} .$$

$$R_{шт(10)} = (R_{д(10)} \cdot R_{пр}) / (R_{д(10)} + R_{пр}), \quad (6.6)$$

$$R_{шт(10)} = (8,75 \cdot 19,5) / (8,75 + 19,5) = 15,87 \text{ Ом.}$$

Порівнявши опори $R_{шт} = 51,58$ і $R_{шт(10)} = 15,87$ для розрахунку приймаємо менше значення, отже вибираємо $R_{шт(10)}$

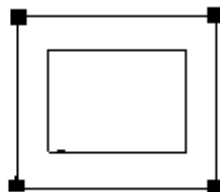


Рис.5.5.

Визначаємо опір розтікання струму одного вертикального стержня:

$$R_{ст} := \left(\frac{\rho_{екв} \cdot K_c}{2 \cdot \pi \cdot l} \right) \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + \left(\frac{1}{2} \right) \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot L + h}{4 \cdot L - h} \right) \right] \quad (5.7)$$

$$R_{ст} := \left(\frac{171,93 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 7} \right) \cdot \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 7}{0,012} \right) + \left(\frac{1}{2} \right) \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 4 + 7}{4 \cdot 4 - 7} \right) \right]$$

$$R_{ст} := 44,17 \text{ Ом}$$

$$G_{ст} = 1 / R_{ст} = 0,022 \text{ См}$$

Кількість вертикальних стержнів:

$n=44,17/15,87=2,78$ шт., приймаємо 4 стержні.

Визначаємо опір розтікання струму горизонтальних стержнів:

де b – ширина горизонтальної полоси.

$$R_{\Gamma} := \left(\frac{\kappa \cdot \rho_{\text{екв}}}{2 \cdot \pi \cdot L_{\Gamma}} \right) \cdot \ln \left[\frac{2 \cdot (L_{\Gamma})^2}{b \cdot t} \right] \quad (5.8)$$

Визначаємо еквівалентний опір горизонтального заземлювача $\rho_{\text{ер}}$.

Розрахунок $\rho_{\text{ер}}$ ведемо використовуючи дані із таблиці “Відносні дані значення еквівалентного питомого опору $\rho_{\text{ер}}/\rho_2$ двошарової поверхні” для розрахунку простого горизонтального заземлювача.

$$\rho_1/\rho_2=1.93; h=3.5 L=36.$$

1) $\rho_1/\rho_2=1; h=3.5 L=36$; між $L=30$ і $L=40$

$$\rho_{\text{ер}}/\rho_2=1,5+((1,48-1,5)/(40-30)) \cdot (36-30)=1,488.$$

2) $\rho_1/\rho_2=2; h=3.5; L=36$; між $L=30$ і $L=40$

$$\rho_{\text{ер}}/\rho_2=1,76+((1,72-1,76)/(40-30)) \cdot (36-30)=1,736.$$

3) $h=3.5; L=36; \rho_1/\rho_2=1.93$ між $\rho_1/\rho_2=1$ і $\rho_1/\rho_2=2$

$$\rho_{\text{ер}}/\rho_2=1,488+((1,736-1,488)/(2-1)) \cdot (1,93-1)=1,257.$$

$$\text{Отже } \rho_{\text{ер}}=140 \cdot 1,257=176 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_{\text{шт}}(9)=((2 \cdot 176)/(2 \cdot 3,14 \cdot 36)) \cdot \ln((2 \cdot 36)/(0,04 \cdot 0,8))=12 \text{ Ом.}$$

$$g(9)=0,083 \text{ См.}$$

Опір штучного заземлювача:

$$R_{\text{шт}} := \frac{1}{\eta \cdot (n_{\text{в}} \cdot g_{\text{в}} + n_{\Gamma} \cdot g_{\Gamma})} \quad (5.9)$$

де η – коефіцієнт виконання складного заземлювача, який визначаємо із таблиці методом інтерполяції:

$$\rho_1/\rho_2=1,93; n=4; h/L_{\text{в}}=3,5/7=0,5; a/L_{\text{в}}=9/7=1,3$$

1) $\rho_1/\rho_2=1; n=4; h/L_{\Gamma}=0,5; a/L_{\text{в}}=1,3$; між $a/L_{\text{в}}=1$ і $a/L_{\text{в}}=2$

$$\eta=0,505+((0,54-0,505)/(2-1)) \cdot (1,3-1)=0,516.$$

2) $\rho_1/\rho_2=3; n=4; h/L_{\text{в}}=0,5; a/L_{\Gamma}=1,3$; між $a/L_{\text{в}}=1$ і $a/L_{\text{в}}=2$

$$\eta=0,631+((0,67-0,631)/(2-1))\cdot(1,3-1)=0,643.$$

3); $n=4$; $h/L_r=0,5$; $a/L_b=1,3$; $\rho_1/\rho_2=1,93$ між $\rho_1/\rho_2=1$ і $\rho_1/\rho_2=3$.

$$\eta=0,516+((0,643-0,516)/(3-1))\cdot(1,93-1)=0,575.$$

$$R_{шт}=1/(0,575\cdot(4\cdot 0,022+0,083))=10,2 \text{ Ом.}$$

Таким чином $R_{шт}=10,2 < R_{шт}(10)=15,87$, що задовольняє вимогам ПУЕ.

5.6. Блискавкозахист будівель і споруд на об'єкті проектування

Атмосферні перенапруги виникають в результаті прямого удару блискавки в лінію електропередач. Вона може являти собою результат індукції електричного поля грозової хмари.

Захист від попадання високого потенціалу по проводах лінії електропередач в жилі будинки та виробничі приміщення передбачається відповідними пристроями та певними нормами. Так для лінії напругою 1кВ, у відповідності з ПБЕ передбачена установка на кожній фазі трансформатора з боку низької напруги вентильних розрядників РВН-0,5 та заземлення кріюків з боку ЛЕП-10кВ. пробивна імпульсна напруга розрядників 3,5...5кВ, звідси слідує, що при порівняно невисоких перенапругах розрядник спрацює і набігаюча хвиля з повітряної лінії відводиться від нього в землю. На спричиняючи ніякої шкоди електроустановкам та обслуговуючому персоналу. Вартість розрядників порівняно невелика, тому вони являються розповсюдженим засобом захисту від перенапруг. Теплиці мають сталевий заземлений каркас і спеціальний блискавкозахист для них не передбачається.

5.7. Система протипожежного захисту на об'єкті проектування

Згідно пожежним нормам будівельного проектування теплиці відносяться до категорії небезпечних. Основними причинами пожеж є порушення правил ТБ і ПТЕ, при експлуатації електроустановок та порушення правил пожежної безпеки.

Для попередження пожежі необхідно всьому обслуговуючому персоналу добре знати і суворо дотримуватись основних вимог. При розрахунку водопостачання враховано, що витрати води на пожежогасіння складає 10 л/с передбачається встановлення протипожежних щитів у кожній теплиці.

Таблиця 5.5

Розрахунок необхідної кількості засобів пожежогасіння

№	Назва	Тип	Кількість	Місце встановлення	Характеристика
1	Вогнегасник	ОУ-2	4	Щитова	Вуглекислий V=2л
2	Вогнегасник	ОХП-10	4	Стенд	Хімічний пінний V=10л
3	Ящик з піском та совкова лопата		4	Перед теплицею	V=0,5м ³
4	Бочка з водою та відро		4	Перед теплицею	V=0,2м ³
5	Пожежний щит		4	Вхід в теплицю	Лопата, багор, лом, сокира
6	Приставні драбини		4	Перед теплицею	Лопата, багор, лом, сокира

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ШИРОКОСМУГОВОЇ СИСТЕМИ ОПРОМІНЕННЯ РОСЛИН З РЕЗОНАНСНИМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ

Енергоефективна широкосмугова система опромінення рослин з резонансним електроживленням забезпечує зниженням витрат на експлуатацію системи опромінення і витрат на електричну енергію, яка споживається з метою опромінення рослин.

Для оцінки ефективності модернізації існуючої системи опромінення необхідна вихідна інформація про існуючу систему опромінення, наведену в табл. 7.1.

З аналізу результатів модернізації системи опромінення рослин формується висновок про економію електроспоживання модернізованої системи опромінення порівняно з вихідною та про зниження витрат на її обслуговування.

Таблиця 6.1

Порівняння систем опромінення рослин

Система опромінення	Об'єкт - один проліт блокової теплиці розміром 6,4x75 м			
	Тип опромінювача	Потужність лампи, Вт	Кількість опромінювачів	Загальна потужність, кВт
Існуюча система	ДНаЗ-600	600	100	63
Широкасмугова система опромінення з резонансним електроживленням	Комбінація світлодіодів	300	100	31,2

Плановані результати розрахунку економічної ефективності системи опромінення рослин у теплиці:

- У натуральному значенні:

- зменшення енергоспоживання системи опромінення;
- вивільняється потужність.

- В грошовому еквіваленті:

- зменшення витрат на оплату електроенергії;
- зниження витрат на обслуговування системи освітлення.

Виконаємо розрахунок інвестиційних показників модернізації діючої системи опромінення рослин.

Переважно існуюча система опромінення складається з опромінювачів на основі ламп ДНаЗ-600. Заміна цих опромінювачів на світлодіодні призведе до значного зниження споживаної електроенергії, зменшення витрат на оплату споживаної отужності, знизить витрати на обслуговування системи, поліпшить спектральні характеристики джерела випромінювання.

Встановлена потужність освітлювальної установки до модернізації розраховується з урахуванням втрат в пускорегулюючій апаратурі опромінювача, що становлять для опромінювачів з лампою ДНаЗ 4-6 %.

Відповідність типів опромінювальних приладів існуючої та модернізованої систем опромінення наведено нижче за структурними підрозділами.

Економічний ефект від впровадження модернізованої системи опромінення розрахований так:

$$E = ДСЕ. - IC, \quad (6.1)$$

де $ДСЕ$ - економія коштів за рахунок зменшення оплати електроенергії та експлуатаційні витрати, тис. грн.;

IC - інвестиційні витрати на модернізацію системи опромінення, тис. грн.

Витрати на модернізацію системи освітлення (IC) складаються з таких складових:

- вартість опромінювального обладнання;
- витрати на проектні роботи;
- витрати на монтаж і введення в експлуатацію опромінювального обладнання та системи керування.

Економія коштів може бути розрахована за формулою:

$$ДСЕ = СП - C_{em}, \quad (6.2)$$

де $СП$ - витрати на обслуговування існуючої системи опромінення, тис.грн,

C_{em} - витрати на обслуговування модернізованої системи опромінення, тис. грн.

Витрати на обслуговування існуючої системи опромінення складаються з таких складових:

$$СП = C_{en} + C_{pn}, \quad (6.3)$$

де C_{en} - витрати на оплату електроенергії існуючої системи опромінення, тис. грн,

C_{pn} - витрати на експлуатаційне обслуговування існуючої системи опромінення, тис. грн.

Витрати на обслуговування існуючої системи опромінення складаються з витрат на заміну ламп, їх утилізацію та роботи по заміні, а також витрат на проведення ремонтів опромінювальних приладів тощо.

Витрати на обслуговування модернізованої системи опромінення складаються з таких складових:

$$СП = C_{en} + C_{pn}, \quad (6.4)$$

де C_{en} - витрати на оплату електроенергії модернізованої системи опромінення, тис. грн,

C_{pn} - витрати на експлуатаційне обслуговування модернізованої системи опромінення, тис. грн.

Оплата за спожиту системою опромінення електроенергію без модернізації:

$$C_{en} = W_{ni} \cdot T_{ei}, \quad (6.5)$$

де W_{ni} - споживання електроенергії системою опромінення за i -й рік до модернізації опромінення, кВт;

T_{ei} - тариф на електроенергію в i -му році до модернізації, грн/кВт·год.

Оплата за спожиту системою опромінення електроенергію після модернізації:

$$C_{em} = W_{mi} \cdot T_{ei}, \quad (6.6)$$

де W_{mi} - споживання електроенергії системою опромінення за i -й рік після модернізації опромінення, кВт;

T_{ei} - тариф на електроенергію в i -й рік після модернізації, грн/кВт·год.

Споживання електроенергії системою опромінення за рік без модернізації:

$$W_n = P\Pi_i \cdot T_{zodi}, \quad (6.7)$$

де $P\Pi_i$ - встановлена потужність системи опромінення в i -й рік до модернізації;

T_{zodi} - час роботи опромінювальної установки за i -й рік до модернізації, годин.

Споживання електроенергії системою опромінення за рік після модернізації:

$$W_m = P M_i \cdot T_{zodi}, \quad (6.8)$$

де $P M_i$ - встановлена потужність системи опромінення за i -й рік після модернізації;

T_{zodi} - час роботи опромінювальної установки за i -й рік після модернізації, год.

Додаткова вивільнена потужність в системі для власних і господарських потреб:

$$DP = P_n - P_m \quad (6.9)$$

Цей проект модернізації системи опромінення включає в себе вартість опромінювального обладнання, витрати на матеріали для монтажних робіт, витрати на електромонтажні роботи, а також витрати на матеріали і установку системи управління спектром.

Техніко-економічне обґрунтування модернізації системи опромінення типового прольоту блокової теплиці (6,4x75 м) наведено в табл. 6.2.

**Результати розрахунків ефекту від модернізації існуючої системи
опромінення рослин на широкопasmову систему опромінення рослин**

Показник		Значення	Од. вим.
T_e	Тариф на електроенергію	5,56	грн
P_n	Встановлена потужність системи опромінення до модернізації	63	кВт
P_m	Встановлена потужність системи опромінення після модернізації	31,2	кВт
$T_{год}$	Час роботи опромінювальної установки за рік	5110	год
W_n	Споживання електроенергії системою опромінення за рік до модернізації	321930	кВт·гож
W_m	Споживання електроенергії системою опромінення за рік після модернізації	153300	кВт·год
Затрати на модернізацію системи опромінення, у т.ч.:		711 098	грн
- вартість комплексу світлодіодних опромінювачів		613 600	грн
- вартість передавального обладнання		84 000	грн
- затрати на передпроектне обстеження і розробку технічного завдання		762	грн
- затрати на розробку проектно-кошторисної документації		1 600	грн
- затрати на матеріали для монтажних робіт		6 256	грн
- затрати на будівельно-монтажні роботи		3 754	грн
- затрати на пуско-налагоджувальні роботи		1 126	грн

З метою врахування можливих витрат на технічне обслуговування модернізованої системи опромінення понад гарантійних зобов'язань фірми-виробника в розрахунок включені витрати в розмірі 5 % від загальної вартості опромінювального обладнання в рік після закінчення 7-річного терміну його експлуатації.

Таблиця 6.3

Затрати на обслуговування існуючої опромінювальної системи

Тип світильника	Число світильників	Кількість ламп	Число замінюваних ламп	Вартість лампи з урахуванням утилізації,	Вартість заміни лампи, грн	Число ПРА, які замінюються	Вартість заміни ПРА, грн	Загальна вартість робіт, грн
ЖСП 30-600-010У5	100	100	20	1000	20	8	160	21280

Таким чином, витрати на обслуговування існуючої системи 21 280 грн на рік. (включають у себе утилізацію, закупівлю ламп, зарплату електриків тощо).

Таблиця 6.4

Результати розрахунку економії електроенергії

Показники нової системи опромінення				Споживання	
Економія, кВт	Економія, %	Час роботи за день, год	Час роботи за рік, год	Стара система, кВт·год	Нова система, кВт·год
31,8	50,5	10	3650	240900	109500

Таблиця 6.5

Результати розрахунку економії за рахунок провода

Тип системи опромінення рослин	Тип провода	Вартість провода, грн/м	Довжина кабеля, м	Загальна вартість провода, грн
Існуюча	ВВГ 5x35	390	100	39 000
Нова	ВВГ 4x2,5	29,03	100	5 151
	ПВ 1x10	22,48	100	
Всього економія за рахунок провода, грн				33 849

Таблиця 6.6

Загальні техніко-економічні показники

Показник		Існуюча система	Нова система		Економія, грн
Капіталовкладення на модернізацію		-	711 098		-
Експлуатаційні затрати		21 680	4 000		17 680
Вартість спожитої електроенергії		695 367	331 128		364 239
Економія за рахунок провoda:	Тип провoda	ВВГ 5x35	ВВГ 4x2,5	ПВ 1x10	
	Довжина, м	100	100	100	
	Ціна за метр, грн/м	390	29,03	22,48	
	Загальна ціна, грн	39 000	2 903	2 248	33849
Річний економічний ефект					415 768
Строк окупності					1,7 роки

Техніко-економічні розрахунки модернізації системи освітлення з впровадженням високотехнологічного опромінювального обладнання показують доцільність впровадження таких систем. Споживана потужність існуючої системи опромінення 63 кВт, а після впровадження світлодіодної системи опромінення - 31,2 кВт, що відповідає зниженню споживання електроенергії на 59,5 %.

Економічний розрахунок заміни діючої системи опромінення на основі ламп ДНаЗ на нову показав, що річний економічний ефект в одному блоці становить 416 тис. грн, а термін окупності нової системи становить 1,7 року.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз технологій вирощування овочів у закритому ґрунті показує, що найбільш перспективними є малооб'ємні гідропонні технології, які дозволяють одержувати більш високі врожаї порівняно з ґрунтовими теплицями при менших витратах води, мінеральних добрив і енергії.

2. Проаналізоване технологічне та електротехнологічне обладнання для створення мікроклімату та мінерального живлення рослин у теплицях.

3. Розроблено математичну модель, що дозволяє обґрунтувати спектральні характеристики широкосмугового джерела опромінювання, на основі якої розрахована конструкція світильника, який складається з чотирьох кольорових світлодіодів з довжинами хвиль 400 нм, 470 нм, 525 нм і 600 нм (зі співвідношенням потужностей 3,2 %: 10,3 %: 16,1 %: 70,4 %), з часткою збігу спектрального розподілу енергії світильника з функцією, заснованої на спектрі дії фотосинтезу 57,7 %.

4. Обґрунтовано склад обладнання, що включає в себе широкосмугові опромінювачі і багатоканальну систему живлення. Розраховані основні характеристики силової частини системи живлення потужністю до 31,2 кВт і параметрів світильників потужністю до 300 Вт.

5. Проведений розрахунок електричної мережі 0,38 кВ та визначена потужність трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ.

6. Розроблені заходи з монтажу, налагодження та експлуатації електрообладнання, обґрунтована структура електротехнічної служби та визначена її чисельність, складені графіки технічного обслуговування та поточного ремонту електрообладнання в тепличному комбінаті. Розглянуті питання охорони праці та протипожежної безпеки в теплиці.

7. Економічний розрахунок заміни діючої системи опромінення на основі ламп ДНаЗ на нову показав, що річний економічний ефект в одному блоці становить 416 тис. грн, а термін окупності нової системи становить 1,7 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. IES Approved Method for the Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products, publication IES LM-79-08. Illuminating Engineering Society: New York, NY, 2008.
2. Inada, K. 1977. Effects of leaf color and the light quality applied to leaf developing period on the photosynthesis response spectra in crop plants. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 46:37-44. 104. Inada, K. 1978a. Photosynthetic action spectra in higher plants. Plant Cell Physiol. 19:1007-1017. 123
3. Inada, K. 1978. Spectral dependence of photosynthesis in crop plants. Acts Hort. 87:177-184.
4. Inada, K. 1976. Action spectra for photosynthesis in higher plants. Plant Cell Physiol. 17:355-365.
5. McCree, K.J. 1972. The action spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. Agr. Meteorol. 9:191–216.
6. Mc Cree H.J., Joomis R.S. Photosynthesis in fluctuating light. Ecology., 1969, №3, v.50..
7. Електропривод і автоматизація: підручник / [Синявський О.Ю., Савченко В.В., Козирський В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2019. – 619 с.
8. Основи електропривода: підручник / Ю. М. Лавріненко, П. І. Савченко, О. Ю. Синявський та ін. – К.: Ліра-К, 2016. – 524 с.
9. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г. Б., Козирський В. В., Лут М. Т., Радько І.П., Синявський О.Ю. – 2-е вид., перероб. і доп. – К., 2014. – 526 с.
10. Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. Безпека праці в сільських електроустановках : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І. – К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 430 с.

11. Червінський Л.С., Сторожук Л. О. Електричне освітлення та опромінення: Посібник. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011. – 214 с.
12. Козирський В. В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
13. Довідник сільського електрика. За редакцією кандидата технічних наук В.С. Олійника – 3-є видання, перероблене і доповнене. – К.: Урожай, 1989. – 262 с.
14. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів і потокових ліній / Є.Л.Жулай, Б.В.Зайцев, Ю.М.Лавріненко, О.С.Марченко, Д.Г.Войтюк. - К.: Вища освіта, 2001. - 288 с.
15. ССБП ДСТУ 2293-93. "Система стандартів безпеки праці. Терміни та визначення".
16. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.
17. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів / Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 260с.
18. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. - 81с.
19. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП 1.1.10-1.01-97. Держнаглядохоронпраці України. - К.: Основа, 1997. - 265 с.
20. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00.1.21.-98. /Держнаглядохоронпраці України.: - К.: Основа, 1998. – 380 с.
21. . Правила улаштування електроустановок. – Міненерго України, 2020. – 716 с.
22. V. Kozyrskyi, V. Savchenko, and O. Sinyavsky, “Presowing Processing of Seeds in Magnetic Field”. In: Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. IGI Global, USA, 2018, pp. 576 – 620. **(Scopus)**

23. M. Zablodskiy, V. Savchenko, O. Sinyavsky, O., V. Pliuhin, “Interactions between Magnetic Field and Biological Objects of Plant Origin”. 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2018, Proceedings 8477484, pp. 261-266. **(Scopus)**