

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний аграрний університет  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Допускається до захисту:  
завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(Підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)  
« \_\_\_\_ » листопада 2021 р.

Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

на тему:  
**«ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ КЕРУ-  
ВАННЯ ВОЛОГІСТЮ У ПРИМІЩЕННІ ЦЕХУ З ВИРОЩУВАННЯ  
ГРИБІВ»**

Пояснювальна записка

Виконала: студентка 2 курсу, групи ЕІ-20-1 магістр з  
галузі знань 14 «Електрична інженерія»

Перебийніс Світлана Михайлівна \_\_\_\_\_

Керівник: д.т.н., професор

Матвійчук В. А. \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

2021 р.

Вінницький національний аграрний університет  
 Інженерно-технологічний факультет  
 Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки  
 Освітній ступінь - «магістр»  
 Галузь знань 14 – «Електрична інженерія»  
 Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 завідувач кафедри ЕЕЕ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТКИ

### Перебийніс Світлана Михайлівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **«Обґрунтування електротехнологічних процесів керування вологістю у приміщенні цеху з вирощування грибів»**

**Керівник роботи: Матвійчук Віктор Андрійович, д.т.н., проф.**

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

затверджені наказом ВНАУ від \_\_\_\_\_ 2021 року № \_\_\_\_\_.

2. Строк подання студентом роботи: \_\_\_\_\_ 2021 р.

3. **Вихідні дані до роботи:** Способи: обґрунтування і розробки енергозберігаючих заходів для тепличного господарства. Набір бібліотек програми *Simulink*. Матвійчук В.А. Методичні вказівки по оформленню дипломних робіт магістра для студентів ОКР «Магістр» спеціальності 8.10010101 «Енергетика сільсько-господарського виробництва» та студентів ОС «Магістр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»/ Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О. – Вінниця: ВНАУ, 2016. - 63 с.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):** Вступ. 1. Загальна характеристика виробничого об'єкта. 2. Обґрунтування та вибір технології вирощування грибів. 3. Електрифікація технологічних процесів в цеху для вирощування грибів. 4. Розробка системи автоматичного регулювання мікроклімату теплиці. 5. Заходи з безпеки праці. Висновки.

5. **Перелік презентаційного матеріалу:** 1. Конструкції ємностей для вирощування грибів. 2. Вигляд цеху для вирощування гливи. 3. Механічні характеристики двигуна. 4. Схема електрична принципіальна захисного перемикаючого пристрою для насоса в аварійному однофазному режимі роботи. 5. Функціонально-технологічна схема регулювання мікроклімату. 6. Принципіальна електрична схема системи мікроклімату. 7. Схема силової розподільної електромережі.

#### 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Матвійчук В.А., д.т.н., професор кафедри ЕЕЕ		

7. Дата видачі завдання «    » \_\_ \_\_ 2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	01.09.21	
2	Загальна характеристика виробничого об'єкта	10.09.21	
3	Обґрунтування та вибір технології вирощування грибів	30.09.21	
4	Електрифікація технологічних процесів в цеху для вирощування грибів	15.10.21	
5	Розробка системи автоматичного регулювання мікроклімату теплиці	30.10.21	
6	Заходи з безпеки праці	10.11.21	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.11.21	
8	Підготовка доповіді і презентаційного матеріалу	25.11.21	

Студентка \_\_\_\_\_  
(підпис)

Перебийніс С. М.

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Матвійчук В. А.

## Анотація

Обґрунтування електротехнологічних процесів керування вологістю у приміщенні цеху з вирощування грибів. Перебийніс Світлана Михайлівна - магістерська кваліфікаційна робота. Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Вінниця. 2021.

Пояснювальна записка виконана на 89 аркушах друкованого тексту і містить 13 таблиць, 15 рисунків. При виконанні роботи було використано 26 літературних джерел. Вона складається зі вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків.

В магістерській роботі на основі аналізу існуючих технологій вирощування грибів в господарствах обґрунтовано та вибрано інтенсивну технологію вирощування грибів глива. Розраховано параметри електрообладнання відповідно до технологічного процесу. Проаналізовано та вибрано апаратуру пуску, контролю та регулювання електрообладнанням в цеху для вирощування грибів.

На основі існуючих способів забезпечення необхідного мікроклімату, зокрема підтримання необхідного рівня вологості в приміщенні цеху, було запропоновано захисний перемикаючий пристрій для роботи безперебійної роботи насосів в можливому однофазному режимі.

Здійснена розробка функціональної схеми автоматизації, визначені параметри контролю і регулювання, вибрані технічні засоби автоматизації. Розроблена функціонально-технологічна схема регулювання мікроклімату і принципіальна електрична схема системи мікроклімату. Проведено синтез і аналіз структурних схем автоматизації та дослідження системи на стійкість.

Ключові слова: технології вирощування грибів, мікроклімат в цеху для вирощування гливи, електрообладнання, апаратура керування та захисту, система автоматичного регулювання.

## ABSTRACT

Substantiation of electrotechnological processes of humidity management in the premises of the shop for growing mushrooms. Perebyinis Svitlana Mykhailivna - master's qualification work. Department of Electrical Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. Vinnitsa. 2021

The explanatory note is made on 89 sheets of printed text and contains 13 tables, 15 figures. 26 literary sources were used in the work. It consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of sources and appendices.

In the master's thesis on the basis of the analysis of existing technologies of mushroom growing in farms the intensive technology of mushroom growing is substantiated and chosen. The parameters of electrical equipment are calculated in accordance with the technological process. The equipment for starting, control and regulation of electrical equipment in the shop for growing mushrooms is analyzed and selected.

Based on the existing methods of providing the required microclimate, in particular maintaining the required level of humidity in the shop, a protective switching device was proposed for safe operation of pumps in a possible single-phase mode.

Development of the functional scheme of automation is carried out, parameters of control and regulation are defined, technical means of automation are chosen. The functional-technological scheme of microclimate regulation and the basic electric scheme of the microclimate system are developed. Synthesis and analysis of structural schemes of automation and research of system on stability are carried out.

Key words: technologies of mushroom growing, microclimate in the shop for growing oyster mushrooms, electrical equipment, control and protection equipment, automatic control system.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
Розділ 1. Загальна характеристика виробничого об'єкта.....	11
1.1. Організаційно-економічна характеристика ТОВ СОП «Михайлівське».....	11
1.1. Характеристика об'єкта проектування.....	13
Висновки до розділу 1.....	14
Розділ 2. Обґрунтування та вибір технології вирощування грибів .....	15
2.1. Технологія вирощування гливи в закритих приміщеннях .....	15
2.2. Обґрунтування та вибір технологічного обладнання для вирощування грибів в теплицях .....	25
2.3. Обґрунтування та вибір установки для приготування субстрату при вирощуванні грибів глива і контролю концентрації CO <sub>2</sub> в повітрі..	27
Висновки до розділу 2.....	29
Розділ 3. Електрифікація технологічних процесів в цеху для вирощування грибів .....	30
3.1. Обґрунтування та вибір електрообладнання для створення необхідного мікроклімату в цеху для вирощування гливи.....	30
3.2. Обґрунтування та вибір електрообладнання для водопостачання тепличного господарства .....	34
3.3. Розрахунок електропривода насоса подачі води .....	37
3.4. Вибір пультів керування, апаратури захисту та керування електрообладнанням.....	42
3.5. Обґрунтування та вибір освітлювального обладнання.....	43
3.6. Розробка і дослідження захисного перемикаючого пристрою насосу зволоження грибниць.....	48
Висновки до розділу 3.....	53
Розділ 4. Розробка системи автоматичного регулювання мікроклімату теплиці.....	54

4.1. Аналіз стану автоматизації мікроклімату теплиці і постановка задачі.....	54
4.2. Розробка функціональної схеми автоматизації, визначення параметрів контролю і регулювання.....	56
4.3. Вибір технічних засобів автоматизації.....	57
4.4. Розробка принципіальної електричної схеми системи мікроклімату.....	62
4.5. Вибір пускозахисної апаратури та узгодження захисних апаратів з вибраними проводами.....	64
4.6. Розробка схеми електричних з'єднань.....	71
4.7. Синтез і аналіз структурних схем автоматизації.....	74
Висновки до розділу 4.....	77
Розділ 5. Заходи з безпеки праці.....	78
5.1. Заходи з експлуатації електрообладнання та охорони праці.....	78
5.2. Розрахунок блискавко захисту споруди цеху.....	81
Висновки до розділу 5.....	84
Висновки.....	85
Список використаних джерел.....	87
Додатки.....	89

## ВСТУП

В Україні наразі широко розвиваються технології вирощування грибів - корисної органічної їжі. Такий процес вимагає все більшого і більшого вдосконалення устаткування для отримання якісної продукції. Також в господарствах при вирощуванні грибів намагаються максимально автоматизувати та електрифікувати технологічні процеси, що сприяє зменшенню енергоємності виробництва.

Самим простим способом вирощування грибів є технологія вирощування грибів гливи. Цей гриб може рости на різних відходах сільськогосподарського рослинництва, наприклад на відходах соняшника, стружці від дерева, пеньків, кукурудзяних стеблах, або подрібненій соломі. Останній спосіб найкраще підходить для вирощування грибів інтенсивним методом і є найпоширенішим в Україні.

Гриб як органічний продукт харчування має такі позитивні якості:

- високі смакові та поживні властивості;
- придатний для переробки: можна варити, жарити, солити, консервувати, використовувати в 1-х та 2-х блюдах, салатах;
- виводить радіонукліди з організму людини, перешкоджає виникненню тромбів;
- нормалізує тиск людини, містить вітаміни В, та РР;
- гриб глива (вешенка) має більш швидкий темп росту, відносно інших грибів, зокрема – печериці (шампіньйон).

Культура гриба відносно легко піддається культивуванню, стійка до дій з боку шкідників та хвороб. Плодові тіла містять в собі приблизно 6,5% білків, 3,8% жирів та більш ніж 20% вуглеводів, а також цінні амінокислоти і мікроелементи. Виробниче приміщення, в якому проходить процес росту грибів, має бути забезпеченим належною вентиляцією, тому що мікробний склад повітря в приміщенні може викликати алергію у працівників, або інших осіб, що відвідують цех.



Можна констатувати, що вирощування грибів на даний час є найвигіднішою галуззю серед сільського господарства, оскільки наприклад за рік в середньому можна виростити на 1-му квадратному метрі: картоплі - 4-8 кг, огірків - 4-6 кг, помідорів - 10-12 кг, капусти - 5-6 кг, а грибів глива - 80-100 кг.

Дуже важливим елементом системи вирощування гливи є підтримання рівня вологи, адже в період плодоношення гливи рівень вологості не повинен падати нижче 80%, а оптимально повинен становити 90%. Саме при такому показнику можливий максимальний вихід готової продукції.

Важливим фактором, який стримує розвиток виробництва грибів є його велика енергоємність. Зниження енергоємності виробництва можна досягти за рахунок оптимізації температурно - вологісного режиму комплексу з вирощування грибів шляхом удосконалення системи автоматизації мікроклімату за рахунок впровадження сучасних засобів.

**Метою** кваліфікаційної магістерської роботи є розробка та обґрунтування параметрів системи електрообладнання та автоматизації цеху по вирощуванню грибів, яка забезпечує оптимальний клімат для росту гриба-гливи із забезпеченням безперебійної роботи технологічного процесу та максимальної продуктивності.

**Об'єктом дослідження** є технологічні процеси комплексу вирощування грибів.

**Предметом дослідження** є структура та параметри системи автоматичного регулювання мікроклімату комплексу вирощування грибів гливи.

**Методи дослідження та апаратура:** аналіз, моделювання, методи математичної статистики; застосування сучасних приладів та методів вимірювання і обробки їх результатів з використанням ПЕОМ, амперметри, вольтметри.

Основні завдання кваліфікаційної роботи:

- розглянути технологію та особливості вирощування грибів гливи;

- провести вибір технологічного та електротехнологічного устаткування;
- виконати розрахунок системи вентиляції комплексу;
- розробити систему автоматичного регулювання мікроклімату;
- провести вибір пускозахисної апаратури і засобів автоматизації;
- дослідити розроблену систему на стійкість;
- забезпечити безпечні умови праці.

Пояснювальна записка виконана на 89 аркушах друкованого тексту і містить 13 таблиць, 15 рисунків. При виконанні роботи було використано 26 літературних джерела.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО ОБ'ЄКТА

### 1.1. Організаційно-економічна характеристика ТОВ СОП

#### «Михайлівське»

Товариство з обмеженою відповідальністю «Сільськогосподарське орендне підприємство «Михайлівське» знаходиться у Вінницькому районі в с. Михайлівка.

Головною метою діяльності Товариства є отримання прибутку Засновником шляхом виробництва сільськогосподарської продукції, її переробки, реалізації та здійснення інших видів діяльності.

Основним предметом діяльності Товариство є:

- сільськогосподарське виробництво та реалізація товарної продукції і сировини;
- переробка сільськогосподарської продукції як власного виробництва, так і придбаної;

Загалом товариство має сприятливе економіко – географічне і природно – кліматичне розташування. Воно знаходиться неподалік від обласного центру м. Вінниця, що в свою чергу забезпечує привабливий ринок збуту, оскільки перевезення продукції до переробних підприємств не потребують значних затрат часу та палива. Природні умови є оптимальними для вирощування майже усіх сільськогосподарських культур, адже дана територія має хороші ґрунтові характеристики. Рельєф земель являє собою хвилясту рівнину, температурний режим є помірним, середньорічна кількість опадів становить 600-650 міліметрів.

Результати аналізу фінансово-господарської діяльності підприємства за останні два роки представлені в табл. 1.1.

Як свідчать результати аналізу, у 2020 р. ТОВ СОП «Михайлівське» виробило і реалізувало сільськогосподарської продукції на суму 19480 тис. грн., що на 5408 тис. грн. більше, ніж в 2019 р. Протягом досліджуваного пе-

ріоду площа земельних угідь в господарстві істотно не змінилася і в 2020 р. складала 2797 га, 100% яких складає рілля. Також залишалась незмінною чисельність основних працівників, але це супроводжувалось підвищенням матеріальних витрат до 9413 тис. грн., що на 121,59% більше, ніж у 2019 р. В свою чергу зменшився валовий прибуток, зокрема в звітному році він склав 2106 тис. грн., що на 754 тис.грн. менше, ніж у 2019 р.

Отже протягом досліджуваного періоду спостерігається загальна тенденція до підвищення ефективності діяльності ТОВ СОП «Михайлівське». Основним показником такого підвищення є збільшення виручки від реалізації на 38,43%, що свідчить про можливість подальшого збільшення виробництва та зміцнення матеріально-технічної бази підприємства.

Таблиця 1.1

Основні економічні показники роботи ТОВ СОП «Михайлівське»  
за 2019-2020 рр.

Показники	Роки		Відхилення 2020 р. від 2019 р.	
	2019	2020	Абс. 4	Відн.% 5
	1	3		
Площа сільськогосподарських угідь, га	2820	2797	-23	-0,82
із них: - рілля	2820	2797	-23	-0,82
Середньорічна чисельність працюючих, осіб	165	165	-	-
з них: - працівники рослинництва	68	73	5	7,35
- працівники тваринництва	97	92	-5	-5,15
Середньорічна вартість основних засобів, тис. грн.	3121	4193	1072	34,35
Середньорічна вартість оборотних засобів, тис. грн.	6198	8852	2654	42,82
Дохід (виручка) від реалізації продукції, тис. грн.	14072	19480	5408	38,43
Валовий прибуток по підприємству, тис. грн.	2860	2106	-754	-26,36

Таким чином, за досліджуваний період валовий прибуток зменшився на 754 тис. грн. або на 26,4%.

Негативним в фінансово-господарській діяльності підприємства є збільшення витрат адміністративних та на збут, інших операційних витрат. В результаті, підприємство отримало чистий прибуток, величина якого у 2020 р. становила 2668 тис. грн. проти 3911 тис. грн. у 2019 р. Таким чином зменшення чистого прибутку за досліджуваний період склало 1243 тис. грн. або 31,8%.

За результатами аналізу можна зробити висновки, що зменшення суми чистого прибутку є негативним для ТОВ СОП «Михайлівське». Тому необхідно зробити все можливе, для того, щоб зменшити витрати, звести їх до мінімуму. І одним із таких напрямів є саме вирощування грибів.

## 1.2. Характеристика об'єкта проектування

Об'єктом проектування є цех для вирощування грибів, який має такі розміри:

довжина 40 метрів;

ширина 9,5 метрів;

висота стін 4 метри;

загальна висота всередині приміщення 6 метрів;

загальна площа цеху 380 м<sup>2</sup>.

Параметри зовнішнього середовища прийняті для розрахунків становлять наступні величини:

зовнішня температура  $\pm 40^{\circ}\text{C}$ ,

кришева витримка снігової маси 15 кг/м<sup>2</sup>,

стінова витримка вітрового тиску 45 кг/м<sup>2</sup>.

Гриб глива дуже вимогливий до коливань мікроклімату, тому в цеху автоматично підтримуються параметри вологості і температури, мікроклімат найбільш сприятливий для вирощування грибів. Тобто автоматично

підтримується задана температура, регулюється вологість, та концентрація CO<sub>2</sub> в повітрі.

В цеху застосовується інтенсивний метод вирощування грибів і цех експлуатується протягом всього року з поциклічним введенням в технологічний процес.

#### Висновки до розділу 1

В розділі приведена організаційно-економічна характеристика базового підприємства ТОВ СОП «Михайлівське». Аналіз фінансово-господарської діяльності показав, що на підприємстві за досліджуваний період валовий прибуток зменшився на 754 тис. грн. або на 26,4%, а зменшення чистого прибутку за досліджуваний період склало 1243 тис. грн. або 31,8%.

За результатами аналізу можна зробити висновки, що зменшення суми чистого прибутку є негативним для ТОВ СОП «Михайлівське». Тому необхідно зробити все можливе, для того, щоб зменшити витрати, звести їх до мінімуму. І одним із таких напрямів є саме вирощування грибів.

Гриб глива дуже вимогливий до коливань мікроклімату, тому в цеху необхідно автоматично підтримувати параметри вологості і температури, та концентрацію CO<sub>2</sub> в повітрі.

В цеху застосовуватиметься інтенсивний метод вирощування грибів і цех експлуатуватиметься протягом всього року з поциклічним введенням в технологічний процес.

## РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ

### 2.1. Технологія вирощування гливи в закритих приміщеннях

Глива – сапрофітний гриб, який розкладає деревину та інші види рослинних решток (солому, стержні качанів кукурудзи, тирсу, подрібнену кору дерев листяних порід, тощо). У природних умовах росте на пеньках, колодах, пошкоджених деревах. Плодове тіло утворюється у вересні–жовтні, коли середньодобова температура знижується до 12–14<sup>0</sup>С.

Гриб розмножується генеративно (спорами) і вегетативно (міцелієм). Спори гриба одноклітинні, округлої, овальної, ниркоподібної форми білого або рожевого відтінку. Міцелій білого кольору, характеризується швидким ростом, високою стійкістю до захворювання [4].

Продуктовим органом гриба є плодове тіло, в якого шапинка поступово переходить у коротку ніжку довжиною до 4 см і товщиною до 2 см (інколи ніжка відсутня). Поверхня шапинки гриба гладенька, напівокруглої або вухоподібної форми діаметром від 5 до 20 см. Забарвлення її темно-коричневе або сірувато-жовте. Гриб росте групами з даховим розташуванням плодових тіл. Пластинки гіменофору у молодих плодових тіл світлі або лілові, згодом сіріють, тонкі, збігаються по ніжці донизу. М'якуш грибів білий, соковитий, з приємним грибним запахом. Смак і запах гливи залежить від виду субстрату, що використовується для її вирощування.

Для вирощування гливи приміщення повинні мати такі ж характеристики мікроклімату, як і для печериці. Але на відміну від печериці глива потребує додаткового природного або штучного освітлення.

Підлога приміщення має бути твердою: бетонна, цегляна, або засипана піском чи щебенем. Особливу увагу необхідно звернути на дотримання та постійний контроль параметрів мікроклімату, тому що навіть незначні від-

хилення від норми параметрів мікроклімату можуть призвести до втрати грибами товарного вигляду і зменшення продуктивності та строків зберігання. В неопалювальних приміщеннях гливу можна вирощувати лише навесні та восени. В такому разі, доцільно пророщувати заготовки в більш теплих підвалах або цегляних приміщеннях, і тільки на 15-20 день після інокуляції їх переносити у плівкові приміщення для плодоносіння.

Сучасна грибниця гливи включає в себе наступні приміщення: майданчик для подрібнення субстрату, ємність для замочування, камеру для ферментації або термообробки субстрату, приміщення для росту і плодоношення гливи, холодильні камери для зібраних грибів.

Для вирощування гливи, можна використовувати низькосортну деревину лісних порід, на яких цей гриб росте і у природі. Проте кращими для цього вважаються тополя, граб, дуб, верба і бук. На деревах, що мають м'яку деревину, гриб швидше розростається, але врожайність трохи нижче, ніж при вирощуванні на твердій деревині, де грибниця росте повільніше, а врожайність - більше.

Для вирощування гливи кращою вважається свіжозрубана деревина, в якій міститься достатньо власної вологи, щоб грибний міцелій розвивався. Якщо ж планується використовувати давно зрубана деревину, її потрібно на тиждень замочити у воді, щоб вона увібрала в себе вологу.

Підготовка деревини полягає у тому, що деревину відповідних порід розрізають на куски (бруски) невеликих однакових розмірів 30-40 см. Наступною операцією є зараження дерев'яних стовпчиків (брусків) грибноцею гливи. Наведемо декілька способів внесення грибниці:

I. Спочатку вимочують у воді бруски для надання їм необхідної вологості, потім у декілька ярусів їх встановлюють один на один. На торець бруска насипають 100-150 г грибниці. Для уникнення пересихання брусків, їх обгортають поліетиленовою плівкою, а верхній ряд посипають зволоженою соломкою або опилками.



II. Методом просвердлювання або надпилювання бруска роблять отвори, в які вносять невелику кількість міцелію. Отвори закривають мохом або клеюють клейкою стрічкою. Від бруска відпилюють диск товщиною 2см, на торець диска наносять грибницю, а диск прибивають цвяхами.

При замочуванні із субстрату вимиваються легкорозчинні у воді речовини. З одного боку, це до деякої міри знижує його засвоюваність для гливи, але з іншого - видаляються живильні речовини, які для мікроскопічних грибів гливи набагато важливіше. При вологості субстрату близько 15 % для його зволоження буде необхідно 3-4 тис літрів води на 1тону.

Субстрат для вирощування гливи готується із соломи злакових рослин, таких як ячмінь, жито, просо або пшениця. До соломи можна додавати кукурудзяні качани, стебла рису або бавовняні відходи. Солома повинна бути свіжою, золотистого кольору і відносно сухою та без цвілі. Довгі соломини обробляються гірше, та при недостатньому ущільненні між ними утворюються порожнечі, внаслідок цього уповільнюється ріст та розвиток міцелію. Для уникнення цього явища застосовують подрібнення соломи.

Для знезараження субстрату і доброго приживання міцелію, субстрат необхідно прогріти при температурі 60-80 градусів. Існує декілька способів термічної обробки рослинного субстрату [1]:

- замочити в гарячій воді;
- провести ступінчасту термічну обробку;
- ферментація;

Найпростішим методом є замочування в гарячій воді соломи і відходів. Субстрат замочують на добу, щоб досягти часткового руйнування клітинної структури і сформувати лігнін, необхідний для міцелію. Замочують солом у металевих ємностях або запарюють в спеціальному кормозапарника при температурі 50-60 градусів.

Наступним етапом підготовки субстрату є термічна обробка. В природних умовах глива не росте на субстраті, який використовують для її штучного створення, тому що в природі на субстраті будуть швидко розвиватись

цвілеві гриби та інші мікроорганізми. Більшість з них є шкідниками для гливи, які поглинають живильні речовини та перешкоджають розвитку грибниці і утворенню плодового тіла. При вирощуванні у штучних умовах намагаються перешкоджати розвитку грибів - шкідників.

Наведемо два методи попередньої обробки субстрату, стерильний і нестерильний. Штучне вирощування почали із застосування стерильного методу, який був запатентований у 1966 році.

Стерильний метод полягає у тому, що на зволожений субстрат діють високими температурами і тиском, завдяки чому гинуть всі мікроорганізми, що перешкоджають розвитку гриба. Температура стерилізації сягає 120 °С, а тиск 1,5 атм. Час стерилізації близько трьох годин. Потім субстрат охолоджують і вносять в нього міцелій.

Нестерильний метод є більш доступним та має багато варіантів. Температуру субстрату намагаються швидко підняти до рівня 60-70 °С і витримати протягом 8-12 годин. При такій температурі відбувається процес пастеризації. Після слід повільно охолоджувати субстрат до 45-50 °С. Процес конденсування проводять протягом 48-72 годин. Температуру регулюють співвідношенням подачі пари і повітря, а повітря подається через бактеріальний фільтр. Після ферментації субстрат, використовуючи штучне повітряне охолодження, доводять до температури 25-28 °С. Природне охолодження може викликати розвиток сторонньої мікрофлори.

Правильно приготовлений субстрат практично невразливий для плісені, шкідників гливи. Для більш ефективного замочування субстрат готують в металевих контейнерах з підведеною до них подачею пари.

Графік температурного режиму при ферментації соломи пшениці грибницею нестерильним методом приведений на рис. 2.1.

Після охолодження субстрату до кімнатної температури починають посадку (інокуляцію) або внесення грибниці. Ні в якому разі не варто починати інокуляцію при температурі субстрату вище 30 °С, тому що це призведе до загибелі грибниці. Хоча міцелій гливи і може витримувати температуру вище

30 °С, але лише протягом короткого часу. Оптимальне значення кислотності вологи ( рН) для росту гливи – 5-6, а вологість повинна становити – 70-80%.

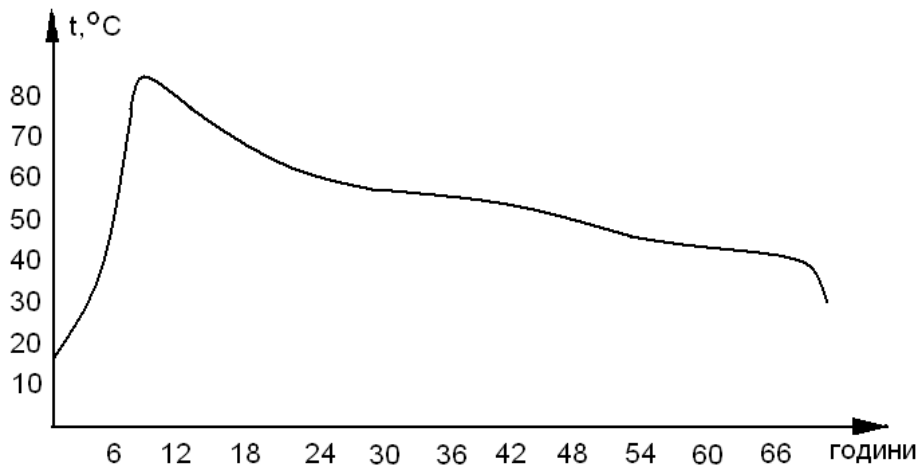
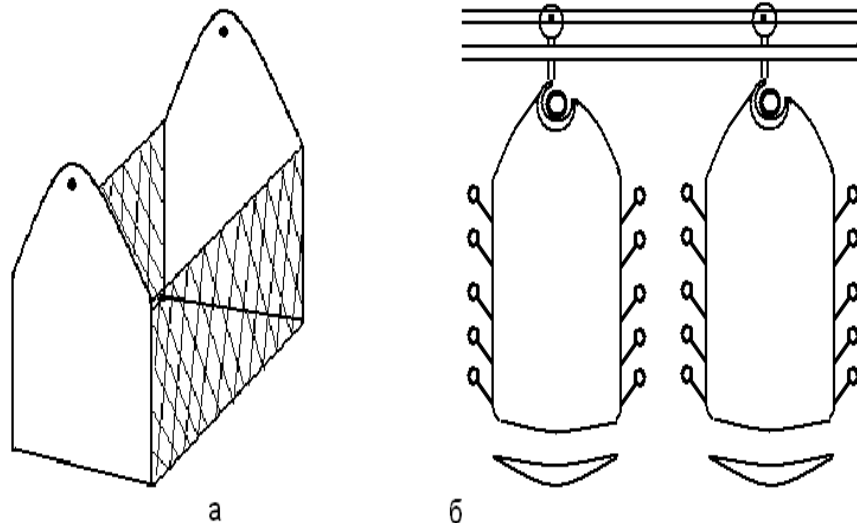


Рис. 2.1. Графік температурного режиму при ферментації соломи пшениці грибноцею нестерильним методом

Найбільш поширені технологічні конструкції вирощування гливи показані на рис. 2.2. Ця конструкція складається з рухомих сітчастих ємностей.

З інокульованого субстрату роблять технологічні лінії з підвісами висотою 2 метри, шириною 25-30 см і довільної довжини.





в)

Рис. 2.2. Конструкції ємностей для вирощування грибів:

а) підвісний пристрій для вирощування гливи, б) блок підвісних пристроїв, в) вигляд гливи на підвісному пристрої

Відомо два способи вирощування гливи звичайної: екстенсивний та інтенсивний [4]. Підготовку зернового міцелію штамів гливи проводять подібно до печериці. При досягненні температури субстрату  $25^{\circ}\text{C}$  проводять посів міцелію. Розраховану дозу зернового міцелію ретельно перемішують з субстратом і щільно вкладають у контейнери. Норма висіву міцелію 3–5 % від маси субстрату. Для проходження процесу газообміну у плівці відразу або на 4 добу після встановлення контейнерів роблять перфорацію (рис. 2.3).

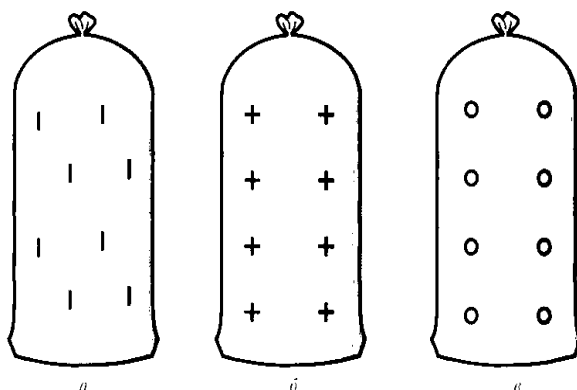


Рис. 2.3. Прорізи на субстратних блоках (мішках) у вигляді штрихів (а), хрестиків (б) і круглих отворів (в)

Якщо субстрат перезволожений, надлишок вологи концентрується внизу контейнера, тому кути його надрізають. Контейнери з субстратом в приміщенні розміщують рядами з відстанню між рядами 30–40 см, а між контейнерами в ряду 10–15 см. Розміщення контейнерів один біля одного може викликати перегрів і відмирання зародків гриба в тих місцях, де вони доторкаються. Небезпека перегріву субстрату зникає після закінчення інкубаційного періоду і тоді контейнери можна встановлювати ярусами.

Інтенсивне обростання субстрату міцелієм проходить при оптимальній температурі субстрату. Міцелій гливи краще всього росте при температурі 24–25°C. Підвищення або зниження температури зменшує швидкість росту міцелію, а час обростання субстрату збільшується. За температури субстрату 30°C настає зупинка в рості міцелію, а за 35°C міцелій відмирає. Низькі температури затримують обростання субстрату, що призводить до заселення пліснявих грибів. Інкубація міцелію при оптимальній температурі триває 10–15 діб, а у випадку понижених температур – до 21 доби і більше.

Субстрат під час росту міцелію, за рахунок мікробіологічних процесів, виділяє велику кількість тепла. Різниця між внутрішньою температурою субстрату в поліетиленовому контейнері і температурою повітря може досягати 7–8°C, а в деяких випадках – до 10–15°C. Швидке підвищення температури всередині субстрату спостерігається в перший тиждень інкубації міцелію – між 4 і 7 добою. В наступуючий період ця різниця не більша, ніж 2–4°C. Світло в даний період росту міцелію не потрібне.

Вентиляцію в цей час не проводять. Незначне накопичення вуглекислого газу сприяє активному росту міцелію гриба. В цей період допускається концентрація CO<sub>2</sub> в повітрі 0,6–0,7 %, а вологість повітря 90–95 %. Міцелій гливи витримує концентрацію CO<sub>2</sub> вищу, ніж інші гриби, однак при досягненні граничної концентрації потрібно проводити інтенсивне провітрювання за допомогою перфорації.

Запізнення з проведенням перфорації призводить до призупинення росту міцелію або його відмирання. Перфорацію плівки можна проводити і перед заповненням мішків субстратом. Кількість отворів залежить від їх діаметру. Отвори діаметром 2–4 мм розміщують рядами через кожні 15–20 см по поверхні контейнера або формують 6–10 отворів діаметром 15–25 мм на бокових стінках поліетиленового контейнера за допомогою спеціального обладнання.

Через 14–20 діб після посіву міцелію субстрат змінює своє забарвлення на біле, а на поверхні міцелію починають утворюватись зародки плодових тіл. В сучасному грибівництві існують шокові штами гливи, які формують плодові тіла при низькій температурі повітря (5–14<sup>0</sup>С) і безшочові – плодові тіла з'являються при температурі 16–17<sup>0</sup>С.

Для стимулювання плодоношення необхідно забезпечити до субстрату доступ свіжого повітря. Для цього використовують вентиляцію приміщення (300–500 м<sup>3</sup>/год). Для утворення плодових тіл у шокових штамів необхідний "холодний шок", тобто зниження температури повітря до 4–5<sup>0</sup>С впродовж 2–4 діб з послідуочим підвищенням її до 14<sup>0</sup>С. Для плодоношення безшочових штамів достатньо утримувати температуру повітря в межах 16–17<sup>0</sup>С.

Від початку формування зав'язей плодових тіл на поверхні субстрату, при забезпеченні високої вологості повітря в приміщенні поліетиленову плівку з контейнера знімають частково або повністю. При вологості повітря нижче 90 % у плівці роблять надрізи, через які плодові тіла виходять за межі контейнера. Впродовж першого тижня після розкриття субстрату необхідно слідкувати за тим, щоб волога не попадала на його поверхню, оскільки може пошкоджуватись міцелій гриба. Якщо вологість повітря в приміщенні нижча 70 %, то величина врожаю знижується.

В період плодоношення вологість повітря встановлюють на рівні 90–95 %, що підтримується за рахунок зволоження стін, стелі і підлоги. Щоб отримати оптимальні умови для утворення і росту плодових тіл, концент-

рація CO<sub>2</sub> в повітрі не повинна бути вищою 0,08 %. При вищій концентрації CO<sub>2</sub> ніжка плодового тіла значно видовжується, діаметр шапинки зменшується або зав'язки не можуть нормально розвиватись.

Пониження концентрації CO<sub>2</sub> досягають провітрюванням. Добрі результати отримують при розміщенні витяжних вентиляторів у нижній частині однієї із стін приміщення, а приплив свіжого повітря забезпечують у верхній частині стіни, що знаходиться навпроти. Таке розміщення вентиляторів не викликає сильного руху повітря. Швидкість руху повітря повинна становити 0,1–0,2 м/с.

Початковий період освоєння субстрату в товщі деревини чи соломи міцелієм не вимагає світла, навпаки яскраве освітлення гальмує ріст грибниці. Після утворення зачатків плодових тіл для їхнього нормального розвитку необхідно яскраве освітлення. Найкраще для цього підходить природне світло. Якщо немає можливості використовувати сонячне світло, або його не достатньо, то застосовують трубчасті лампи холодного, світло-блакитного світла, з розрахунку одна лампа на кожні 15-20 м<sup>2</sup>, або лампи ДРЛ чи дугові лампи високого тиску. Необхідно забезпечити освітленість 150 лк. протягом 8-10 год/доб. з моменту утворення зачатків плодових тіл. У виробничому приміщенні, під час розвитку грибів підтримують допустимий вміст CO<sub>2</sub> у повітрі 0,6-0,7 %, вологість повітря в цей період повинна становити до 95 %.

Після появи плодових тіл до збору врожаю проходить біля тижня. Глива звичайна росте з сімейними групами-паростками. У кожному з цих паростків перебувають гриби різних розмірів, але не слід чекати коли більш дрібні гриби наздоженуть більші. Потрібно зрізати весь комплект відразу.

Плодоносіння у гливи проходить хвилями:

- на першу хвилю доводиться приблизно 70% усього врожаю;
- на другу хвилю приблизно 20-25%;
- на третю 5-10%;

Таким чином технологічний цикл продовжується біля 2-2,5 міс.

Урожайність гливи залежить від розмірів і ваги брусків, а також від породи деревини, на яких вирощується гриб. При культивуванні гливи на твердолистових породах (дуб, бук) врожайність становитиме 18-20 кг., а з м'яколистових порід (верба, вільха, тополя) врожайність становитиме 12-15кг. Максимальний урожай отримують на третій рік.

Після закінчення технологічного циклу, до закладення нової партії, проводять дезинфекцію культиваційних приміщень.

Для цього застосовують наступні заходи [21]:

1. Окурювання формальдегідом. Спочатку 1%-ним розчином гіпохлората натрію (хлористий луг) промивають стіни, стелажі та підлогу. Потім здійснюють окурювання формальдегідом.

2. Окурювання сірчастим газом. Окурювання сірчастим газом проводять лише у тому випадку, коли приміщення сухе.

3. Обробка розчином формаліну. Розчин готують із розрахунку: 250мл 50%-го розчину формаліну на 10л. води. На 1000м<sup>3</sup> приміщення достатньо 200л розчину. Після вивантаження субстрату в камеру плодоносіння піддають термічно вологій обробці шляхом подачі пари протягом 10-12годин.

Після формування грибів у повітрі з'являється велика кількість грибних спор. Які при значній кількості в повітрі є досить алергенними для людей. У разі потрапляння спор в легені, вони можуть викликати алергію, що проявляється в підвищенні температури та появі головного болю. Для того, щоб уникнути алергічних проявів потрібно використовувати малоспорові штами, а всі роботи, які відносяться до збирання врожаю, виконувати у захисних ватно-марлевих пов'язках або респіраторях.

Слід також встановлювати фільтри для вентиляційних витяжок, якщо культиваційні приміщення знаходяться поблизу житлових будинків.

Для отримання високої і стабільної урожайності протягом всього року, застосовують інтенсивний спосіб, при якому необхідно створити оптимальні умови для росту грибниці та плодоносіння протягом року в спеціальних приміщеннях. Для цього необхідно:



- використовувати більш різноманітні субстрати, в залежності від термообробки (пастеризація, стерилізація);
- скоротити технологічний цикл (процес);
- автоматизувати виробничий процес.

В даній роботі приймаємо інтенсивний метод вирощування гриба гливи в тепличному приміщенні

## 2.2. Обґрунтування та вибір технологічного обладнання для вирощування грибів в теплицях

В приміщеннях для вирощування грибів автоматично контролюється вологість та температура повітря. Контроль та регулювання здійснює система автоматичного регулювання мікроклімату параметрів приміщення (САР).

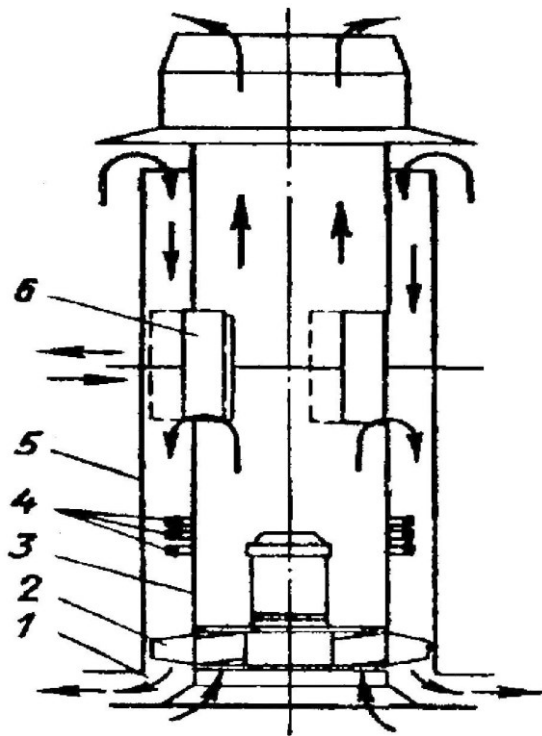
Дуже важливим фактором на виробництві є вентиляція, оскільки після появи плодових тіл грибів у повітрі з'являється велика кількість спор, які можуть викликати алергічну реакцію у людини. Для вентиляції виробничих приміщень використовується припливно-вентиляційна установка ПВУ-4М.

Конструкція і функціональна схеми установки ПВУ - 4М приведена на рис. 2.4.

Після появи плодових тіл з грибниці гливи, приміщення повинно освітлюватися. Для освітлення приміщення застосовують газорозрядні, ртутні метало галогенні лампи високого тиску, або світлодіодні лампи.

Міцелій грибів вирощують на подрібненій та зволоженій соломі пшениці або інших злаків. Процес подрібнення соломи автоматизований, виконується подрібнювачем ИКМ-Ф-700. Він додатково укомплектований завантажувальним та розвантажувальним транспортерами.

На рис. 2.5. показано приміщення цеху для вирощування гливи з двоярусним розміщенням мішків із міцелієм гриба.



Функціональна схема припливно-  
установки ПВУ -4М

Загальний вигляд припливно-вигляду  
вигляду установки ПВУ -4М

1-кільцевий канал; 2-робоче колесо вентилятора; 3-внутрішній трубопровід;  
4-електронагрівачі; 5-корпус; 6-заслінки

Рис. 2.4. Конструкція і функціональна схеми установки ПВУ -4М



Рис. 2.5.Зображення цеху для вирощування гливи із двоярусним розміщенням мішків із міцелієм гриба

### 2.3. Обґрунтування та вибір установки для приготування субстрату при вирощуванні грибів глива і контролю концентрації CO<sub>2</sub> в повітрі

Субстрат для вирощування грибів глива виготовляється зі стебел подрібненої соломи злаків (наприклад пшениці), тому на тепличному комплексі для приготування субстрату доцільно застосувати подрібнювач стеблових культур.

Для подрібнення соломи на тепличному комплексі використовується подрібнювач ИКБ-Ф-700. Подрібнювач комплектується завантажувальним і розвантажувальним транспортерами.

Процес подрібнення соломи електрифікований і частково автоматизований. Алгоритмом автоматизованого керування передбачено:

- передпускову сигналізацію;
- послідовний пуск вивантажувального конвеєра, подрібнювача і завантажувального конвеєра. При цьому двигун подрібнювача запускається за схемою з перемиканням обмоток із "зірки" на "трикутник";
- обмеження струму, споживаного двигуном подрібнювача, шляхом зупинки двигуна завантажувального конвеєра;
- захист від коротких замикань силових кіл і кіл керування автоматичними вимикачами;
- захист двигуна дробарки від перевантажень тепловим реле;
- захист двигунів конвеєрів від перегрівання пристроями вмонтованого температурного захисту;
- сигналізація про ступінь завантаження двигуна дробарки амперметром;
- блокування, що запобігає вмиканню двигуна подрібнювача при відкритих люках, за допомогою кінцевих вимикачів;

- електричне блокування, що запобігає завалу продуктом машини, яка зупинилася внаслідок спрацювання захисного апарата;
- сигналізацію про подачу напруги на кола керування та двигуни конвеєрів.

Схема передбачає два режими роботи: "Наладка", при якому кожний механізм вмикається і вимикається незалежно один від одного; і "Робота" при якому установка працює в автоматичному режимі.

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 та грибів [21].

Розроблено принципово 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 лише від угарного газу, але і від вуглеводнів, бензопірену, окислів азоту.

Відхідні газы проходять через паладірійований каталізатор (ВКМ-65), де очищуються 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  $\text{CO}_2$ , 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, що працюють на газовому паливі.

Для забезпечення цехів з вирощування гриба гливи надійним вуглекислотним підживленням протягом усього року, доцільним є використання комбінованих схем з використанням при необхідності зрідженої вуглекислоти або відхідних газів котельних.

## Висновки до розділу 2

При вирощуванні гливи особливу увагу необхідно звертати на дотримання та постійний контроль параметрів мікроклімату, тому що навіть незначні відхилення від норми параметрів мікроклімату можуть призвести до втрати грибами товарного вигляду і зменшення продуктивності та строків зберігання.

Для вирощування гливи, можна використовувати низькосортну деревину лісних порід, кращими серед них вважаються тополя, граб, дуб, верба і бук. Субстрат для вирощування гливи готується із соломи злакових рослин, таких як ячмінь, жито, просо або пшениця. Застосовують для знезараження такі способи термічної обробки рослинного субстрату: замочування в гарячій воді; ступінчасту термічну обробку; ферментацію.

При досягненні температури субстрату 25°C проводять посів міцелію. Розраховану дозу зернового міцелію ретельно перемішують з субстратом і щільно вкладають у контейнери. Норма висіву міцелію 3–5 % від маси субстрату.

Швидке підвищення температури всередині субстрату спостерігається в перший тиждень інкубації міцелію – між 4 і 7 добою. Світло в даний період росту міцелію не потрібне. Вентиляцію в цей час не проводять. Через 14–20 діб після посіву міцелію для стимулювання плодоношення необхідно забезпечити до субстрату доступ свіжого повітря. Для цього використовують вентиляцію приміщення (300–500 м<sup>3</sup>/год).

В період плодоношення вологість повітря встановлюють на рівні 90–95 %, що підтримується за рахунок зволоження стін, стелі і підлоги. Щоб отримати оптимальні умови для утворення і росту плодових тіл, концентрація CO<sub>2</sub> в повітрі не повинна бути вищою 0,08 %.

В розділі проведено обґрунтування та вибір установки для приготування субстрату при вирощуванні грибів глива і контролю концентрації CO<sub>2</sub> в повітрі.

### РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЦЕХУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ

#### 3.1. Обґрунтування та вибір електрообладнання для створення необхідного мікроклімату в цеху для вирощування гливи

Для підвищення ефективності вирощування грибів необхідно виконувати певні умови щодо підтримання заданого мікроклімату у приміщеннях. Найважливішими параметрами мікроклімату в приміщеннях для вирощування грибів є температура, вологість, газовий склад внутрішнього повітря, а також вологість та температура самого субстрату.

##### Опалення теплиці.

В тепличних комплексах, для підтримання необхідної температури повітря, застосовують повітряно-водне опалення. Воно здійснюється від котельні, яка розташована на території комплексу або від централізованої котельні. До споживача тепло транспортується теплоносієм по трубопроводах теплової мережі, які прокладені у підземних каналах або над землею.

Опалення теплиці являє собою систему шатра, тобто систему торцевого опалення та цокольного. Вибір потужності та енергетичного типу котельні здійснюється за тепловим навантаженням тепличного комплексу та необхідних для нього параметрів та видів теплоносіїв, з урахуванням кліматичних умов та структури теплового балансу району розташування тепличного комплексу. На практиці застосовують спрощений спосіб визначення та розрахунку системи опалення. Не враховуючи величини сонячної радіації (нічний режим) і тепловий потік через ґрунт, потужність системи опалення будівлі знаходиться за формулою:

$$Q_{\text{оп}} = k \cdot F_0 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot \eta_{\text{інф}}, \quad (3.1)$$

де  $Q_{\text{оп}}$  – розрахункова потужність, Вт;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $k=6,4$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$t_v, t_z$  – розрахункова температура внутрішнього і зовнішнього повітря, °C;

$\eta_{\text{інф}}$  – коефіцієнт інфільтрації,  $\eta_{\text{інф}}=1,25$ ;

$F_0$  – загальна площа поверхні загородження, м<sup>2</sup>.

Тобто

$$Q_{\text{оп}} = 2,4 \cdot 1520 \cdot (24+5) \cdot 1,25 \cdot 1,1 = 145 \text{ кВт.}$$

За розрахунками приймаємо котельню типу ПЗ-100.

### Вентиляція цеху для вирощування грибів

Вентиляцію та повітряний нагрів комплексу забезпечують чотири припливно-витяжних установки ПВУ-4М. Вони виконують суміщену подачу свіжого повітря і одночасно видалення відпрацьованого. Повітря переміщається з допомогою робочого колеса вентилятора з двоконтурним робочим колесом та з двома робочими лопатками. Внутрішні лопатки переміщують відпрацьоване повітря по кільцевому каналу між корпусом та повітропроводом. Змішувальні заслінки забезпечують рециркуляцію повітря.

В холодну пору року в установках використовують нагрівні елементи. Через стіни внутрішнього повітропроводу відбувається теплообмін між потоками відпрацьованого і свіжого повітря, завдяки чому 5 - 7% теплоти внутрішнього повітря передається припливному повітрю, що забезпечує деяку економію енергоресурсів.

Система керування забезпечує закриття регулюючих заслінок та регулювання потужності нагрівних елементів установкою при зниженні температури в приміщенні нижче заданого значення і відкриття заслінок при підвищенні температури вище заданого значення.

Одна установка ПВУ - 4М забезпечує подачу повітря в приміщення на припливі - 5 тис. м<sup>3</sup> /год., на відпливі - 4,5 тис. м<sup>3</sup> /год. Встановлена потужність електронагрівників рівна 15 кВт. Осьовий вентилятор приводиться від

електродвигуна потужністю 1,1 кВт, механізм привода заслінок - від мотор - редуктора з двигуном потужністю 0,55 кВт.

Визначаємо необхідний повітрообмін у приміщенні за кратністю повітрообміну:

$$L_p = K \cdot V \quad (3.2)$$

де – K кратність повітрообміну

Так як у теплиці люди працюють не постійно, то  $K=1,3$ , 1/год;

$L_p$ - необхідний повітрообмін, м<sup>3</sup>/год;

V – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>:

$$V = A \cdot B \cdot H \quad (3.3)$$

$$V = 1520 \text{ м}^3.$$

$$L_p = 1520 \cdot 3 = 4560 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Із розрахунків видно, що установка ПВУ-4М задовольняє умовам повітрообміну.

#### Системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в теплицях

Регулювання температури повітря. Системи автоматичного регулювання забезпечують автоматичне підтримання температурних режимів повітря при роботі системи обігріву і вентиляції у теплиці.

При всіх режимах, діапазон зміни температури у межах від 20°C до 25 °C, точність регулювання  $\pm 1$  °C.

Системи автоматичного регулювання компенсують 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 самоналаштовувальну автоматичну систему регулювання температури теплоносія у системі обігріву 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 обігріву.

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

Регулювання системи 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 математичної обробки інформації дають змогу при зміні рівня освітленості автоматично змінювати температуру повітря в теплиці.

Регулювання системи підтримання температури поливної води. Регулювання температури поливної води здійснюється пропорційним регулятором. Межа регулювання температури води 5...35°C з точністю  $\pm 2$  °C.

Регулювання системи адіабатичного зволоження повітря у теплицях. САР передбачає включення 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 опромінювання. Найбільш ефективна робота системи "Туман" у весняно-осінній період року.

### 3.2. Обґрунтування та вибір електрообладнання для водопостачання тепличного господарства

Системи водопостачання тепличних комбінатів по надійності подачі води відносяться до другої категорії.

Середньодобове споживання води в теплиці  $Q_{\text{ср.д.}}=27 \text{ м}^3/\text{ГОД}$ .

Максимальне годинне споживання води:

$$Q_{\text{макс.год.}}=(Q_{\text{ср.д.}} \cdot \alpha_{\text{д}} \cdot \alpha_{\text{г}})/24, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (3.4)$$

де  $\alpha_{\text{д}}$  та  $\alpha_{\text{г}}$  - коефіцієнти добової і годинної нерівномірності споживання води.

$$Q_{\text{макс.год.}}=(27 \cdot 1,3 \cdot 2,5)/24=3,66 \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

Розрахунковий об'єм бака водонапірної башти  $V_{\text{б.р.}}, \text{ м}^3$ :

$$V_{\text{б.р.}}=V_{\text{рег.}}+V_{\text{пож}}+V_{\text{ав}}, \quad (3.5)$$

де  $V_{\text{рег.}}$  - регульований об'єм води в баку,  $\text{ м}^3$ ;

$V_{\text{пож}}$  - протипожежний запас води,  $\text{ м}^3$ ;

$V_{\text{ав}}$  - аварійний запас води,  $\text{ м}^3$ .

Регульований об'єм води в баку автоматизованої водонапірної башти орієнтовно можна визначити за формулою:

$$V_{\text{рег.}}=0,01 \cdot (Q_{\text{ср.д.}} \cdot \alpha_{\text{д}} \cdot \alpha_{\text{г}})/n, \quad (3.6)$$

де  $n$  - кількість вмикань насоса за годину,  $n = 4$ . Тоді

$$V_{\text{рег.}}=0,01 \cdot (27 \cdot 1,3 \cdot 2,5)/4 = 0,22 \text{ м}^3.$$

Протипожежний запас води:

$$V_{\text{пож}}=3,6 \cdot Q_{\text{пож}} \cdot n_{\text{пож}} \cdot t_{\text{пож}}, \quad (3.7)$$

де  $Q_{\text{пож}}$  - витрати води на гасіння однієї пожежі, л/с,  $Q_{\text{пож}} = 10 \text{ л/с}$ ;

$n_{\text{пож}}$  - розрахункова кількість одночасних пожеж.

Для сільськогосподарських виробничих комплексів з загальною площею до 150 га.  $n_{\text{пож}} = 1$  пожежа;

$t_{\text{пож}}$  - тривалість гасіння пожежі,  $t_{\text{пож}}=10\text{хв.}$

$$V_{\text{пож}}=3,6 \cdot 10 \cdot 1 \cdot (1/6)=6\text{м}^3.$$

Аварійний запас води:

$$V_{\text{ав}}=Q_{\text{макс.год.}} \cdot t_{\text{ав}}, \text{ м}^3, \quad (3.8)$$

де  $t_{\text{ав}}$  - час, потрібний для усунення можливої аварії,

$t_{\text{ав}} = 2 \dots 3$  год.

$$V_{\text{ав}} = 3,66 \cdot 2,5 = 9,15 \text{ м}^3.$$

Тоді

$$V_{\text{б.р.}}=0,22+6+9,15=15,37 \text{ м}^3.$$

Максимальне секундне споживання води

$$Q_{\text{ср}}=2,22+0,01=2,23 \text{ л/с}$$

Розрахункова висота водонапірної башти (від підніжжя до дна бака)

$H_{\text{б.р.}}$ , м:

$$H_{\text{б.р.}}=H_{\text{в.}}+h+(Z_{\text{д}}-Z_{\text{б}}), \quad (3.9)$$

де  $H_{\text{в}}$  - потрібний вільний напір вихідного струменя води у точці розрахункового (найбільш вигідного) водозабору,  $H_{\text{в}}=32$  м;

$h$  - втрати напору у водопроводі від бака водонапірної башти до диктуючої точки,  $h=1,62\text{м}$ ;

$Z_{\text{д}}$  та  $Z_{\text{б}}$  - геодезичні відмітки землі відповідно біля диктуючої точки і підніжжя башти,  $Z_{\text{д}}-Z_{\text{б}} = 2\text{м}$ .

Втрати напору:  $h = h_{\text{т}} + h_{\text{м}}$ ,

де  $h_{\text{т}}$  - втрати напору на переборення тертя вздовж трубопроводу:

$$h_{\text{т}}=\lambda \cdot (l/d) \cdot (v^2/2 \cdot g), \quad (3.10)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт гідравлічного опору;

$l$  - довжина труби,  $l=250\text{м}$ ;

$d$ - діаметр труби,  $d=75\text{мм}$ ;

$v$  - швидкість руху води в трубі,  $v=0,5\text{м/с}$ ;

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

$$h_{\tau}=0,027 \cdot (250/0,75) \cdot (0,5^2/2 \cdot 9,81)=1,15 \text{ м.}$$

Втрати напору в місцевих опорах приймаємо приблизно рівним 5 % від втрат по довжині труби, тобто:

$$h_m=0,05 \cdot h_{\tau}=0,05 \cdot 1,15=0,057\text{м.}$$

Сумарні втрати напору:

$$h=1,15+0,057=1,21\text{м.}$$

$$H_{б.р.}=32+1,21+2=35,21\text{м.}$$

За розрахунковим об'ємом бака  $V_{б.р}$  і розрахунковою висотою башти  $H_{б.р.}$ , користуючись довідником [19], вибираємо уніфіковану сталю водонапірну башту БР-50У. Ємкість бака  $V_{б.р}=50\text{м}^3$ , діаметр бака  $D_{б.р}=3\text{м}$ , висота ствола  $H_{ст}=15\text{м}$ , діаметр ствола  $D_{ст}=2,0\text{м}$ .

Висота рівня води в баку:

$$H_{б.р.}=V_{б.р.}/S=(V_{б.р.} \cdot 4)/(\pi \cdot D_{б.р.}^2)=(26,49 \cdot 4)/(3,14 \cdot 3^2)=3,75\text{м.}$$

Максимальне секундне споживання води:

$$Q_{\text{макс.с}}=(Q_{\text{макс.год}}/3600=3,66/3600=0,001 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Розрахунковий діаметр нагнітальної труби:

$$d_p = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{Q_p}{v_{\text{рек}}}}, \text{ м} \quad (3.11)$$

де  $v_{\text{рек}}$  - рекомендована швидкість руху води в трубі, м/с.

$$d_p = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{0,0022}{0,5}} = 0,086 \text{ м.}$$

Приймаємо трубу діаметром  $d=75\text{мм}$ .

Швидкість руху води в трубі:

$$v = \frac{(Q_p \cdot 4)}{\pi \cdot d^2} = \frac{(0.0022 \cdot 4)}{(3.14 \cdot 0.075^2)} = 0.5 \text{ м/с}$$

Втрати напору по довжині труби:

$$\Sigma h_{\text{т}} = \lambda \cdot (l/d) \cdot (v^2/2 \cdot g) = 0,024 \cdot (150/0,075) \cdot (0,5^2/2 \cdot 9,81) = 1,61 \text{ м.}$$

Втрати напору в місцевих опорах:

$$\Sigma h_{\text{м}} = \xi \cdot (v^2/2 \cdot g) \quad (3.12)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт місцевого опору.

$$\Sigma h_{\text{м}} = 2 \cdot 0,1 \cdot (0,5^2/2 \cdot 9,81) + 10 \cdot (0,5^2/2 \cdot 9,81) + 2 \cdot 0,14 \cdot (0,5^2/2 \cdot 9,81) = 0,13 \text{ м}$$

Розрахунковий напір насоса визначається з виразу:

$$H_{\text{р.}} = (Z_{\text{д}} - Z_{\text{б}}) + H_{\text{б}} + H_{\text{бк}} + \Sigma h_{\text{т}} + \Sigma h_{\text{м}} \quad (3.13)$$

$$H_{\text{р.}} = 55 + 15 + 3,75 + 0,61 + 0,13 = 74,49 \text{ м.}$$

За максимальними годинним значенням споживання води  $Q_{\text{макс.год}} = 3.66 \text{ м}^3/\text{год}$  і розрахунковим напором  $H_{\text{р}} = 74,49 \text{ м}$  за допомогою довідника [19] вибираємо заглибний насос ЗЭЦВ6-10-80, який має номінальну подачу  $Q_{\text{нас}} = 10 \text{ м}^3/\text{год}$  і напір  $H_{\text{нас}} = 80 \text{ м}$ , з електродвигуном ПЭДВ-4,5-140,  $P_{\text{дв}} = 4,5 \text{ кВт}$ .

Вибираємо станцію керування типу "Каскад" 4,5-0-У2 з ящиком керування типу ЯГ5102-3А7Б1У2,  $P = 4,5 \text{ кВт}$ .

При виборі насосу враховується витрати води як на зволоження повітря в грибному цеху, так і на приготування субстрату (змочування), з урахуванням об'єктів і продуктивності грибному цеху.

### 3.3. Розрахунок електропривода насоса подачі води

Вибір електропривода насоса подачі води в теплицю для забезпечення технологічних процесів виконаємо в наступній послідовності.

Потужність насоса визначаємо за формулою:

$$P_{\text{нас}} = \rho \cdot g \cdot H_{\text{нас.н}} \cdot Q_{\text{нас.н}} / \eta_{\text{нас}} \quad (3.14)$$

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

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

$H_{\text{нас}}$  - напір насоса,  $H_{\text{нас}} = 80 \text{ м}$ ;

$Q_{\text{нас.н}}$  - подача насоса,  $Q_{\text{нас.н}} = 10 \text{ м}^3/\text{ГОД} = Q_{\text{нас.н}} = 0,0027 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$\eta_{\text{нас}}$  – коефіцієнт корисної дії,  $\eta_{\text{нас}} = 0,53$ .

$P_{\text{нас}} = 4 \text{ кВт}$ .

Механічна характеристика відцентрового насоса визначається за виразом:

$$M_c = M_0 + (M_{\text{сн}} - M_0) \cdot (\omega / \omega_n)^2, \quad (3.15)$$

де  $M_c$  - момент статичних опорів;

$M_0$  - початковий момент,  $M_0 = 0,05 M_{\text{сн}}$ ;

$M_{\text{сн}}$  - момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості;

$\omega$  та  $\omega_n$  - задане і номінальне значення кутової швидкості.

$\omega_n = \pi \cdot n_n / 30$      $n_n = 2800 \text{ об/хв.}$      $\omega_n = 293,215 \text{ с}^{-1}$

Момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості визначаємо за формулою:

$$M_{\text{сн}} = 9550 \cdot P_{\text{нас}} / n = 9550 \cdot 4 / 2880 = 13,26 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_0 = 0,05 \cdot M_{\text{сн}} = 0,05 \cdot 13,26 = 0,663 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_c = 0,663 + (13,26 - 0,663) \cdot (\omega / 293,215)^2.$$

Задаючись  $\omega$  від 0 до 300 1/с, розраховуємо значення моменту статичних опорів.

Отримані значення параметрів записуємо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Розрахунок механічної характеристики насоса

$\omega, 1/\text{с}$	0	50	100	150	200	250	300
$M_c, \text{Н} \cdot \text{м}$	0,663	1,03	2,12	3,95	7,52	11,8	16,87

Для приводу насоса вибрано електродвигун АИР 100S2У3.

Побудову механічної характеристики електродвигуна виконуємо за характерними точками залежності:

$$\begin{aligned}
 & 1. S=0 & \omega_0=314 \text{ c}^{-1} & M=0 \text{ Н}\cdot\text{м} \\
 & 2. S_H=n_0-n_H/n_0 & \omega_H=3,14\cdot 2850/30 & M_H=9550\cdot 4/2850 \\
 & S_H=0,05 & \omega_H=298,3 \text{ c}^{-1} & M_H=13,4 \text{ Н}\cdot\text{м} \\
 & 3. \mu_K=2,2 & \mu_{\text{пуск}}=2,1 & \mu_1=\mu_K/\mu_{\text{пуск}} & \mu_1=1,1 \\
 & S_{\hat{e}} = \frac{S_i + \sqrt{S_i \cdot \frac{(\mu_{\hat{e}} - 1)}{(\mu_1 - 1)}}}{1 + \sqrt{S_i \cdot \frac{(\mu_{\hat{e}} - 1)}{(\mu_1 - 1)}}} & S_K=0,42 & \omega_K=314\cdot(1-0,55) & \omega_K=141,3 \text{ c}^{-1} \\
 & & M_K=\mu_K\cdot M_H & M_K=29,48 \text{ Н}\cdot\text{м} \\
 & 4. S_{\text{мін}}=0,8 & \omega_{\text{мін}}=314\cdot(1-0,8) & \mu_{\text{мін}}=1,6 \\
 & \omega_{\text{мін}}=62,8 \text{ c}^{-1} & M_{\text{мін}}=\mu_{\text{мін}}\cdot M_H & M_{\text{мін}}=24,44 \text{ Н}\cdot\text{м} \\
 & 5. S_{\text{пуск}}=1 & \omega_{\text{пуск}}=0 & M_{\text{пуск}}=\mu_{\text{пуск}}\cdot M_H \\
 & & M_{\text{пуск}}=26,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.
 \end{aligned}$$

Виконаємо розрахунок механічної характеристики електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення моментів за наступними даними :

$$\begin{aligned}
 & 1. \omega_0=314(1/\text{с}); & M'=0. \\
 & 2. \omega_H=298,3 (1/\text{с}); & M_H'=13,4 \text{ Н}\cdot\text{м}. \\
 & 3. \omega_K=141,3 (1/\text{с}); & M_K'=0,9\cdot 29,48=26,532 \text{ Н}\cdot\text{м}. \\
 & 4. \omega_{\text{мін}}=62,8 (1/\text{с}); & M_{\text{мін}}'=0,8\cdot 24,44=19,552 \text{ Н}\cdot\text{м}. \\
 & 5. \omega_{\text{пуск}}=0; & M_{\text{пуск}}'=0,85\cdot 26,8=22,78 \text{ Н}\cdot\text{м}.
 \end{aligned}$$

Розрахунок механічної характеристики електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги  $\Delta U = -5\%$ :

$$\begin{aligned}
 & 1. \omega_0=314(1/\text{с}); & M''=0. \\
 & 2. \omega_H=298,3 (1/\text{с}); & M_H''=0,95^2\cdot 13,4=12,09 \text{ Н}\cdot\text{м}.
 \end{aligned}$$

3.  $\omega_k = 141,3$  (1/с);  $M_k'' = 0,95^2 \cdot 26,532 = 23,94$  Н·м.  
 4.  $\omega_{\min} = 62,8$  (1/с);  $M_{\min}'' = 0,95^2 \cdot 19,55 = 17,64$  Н·м.  
 5.  $\omega_{\text{пуск}} = 0$ ;  $M_{\text{пуск}}'' = 0,95^2 \cdot 22,78 = 20,55$  Н·м.

Будуємо механічну характеристику двигуна і насоса (рис. 3.1).

Для визначення часу пуску двигуна знаходимо динамічний момент:

$$M_j = M_d'' - M_c. \quad (3.16)$$

Інтервал швидкостей ділимо на ділянки  $\Delta\omega_i$ , для кожної з яких визначимо середнє значення динамічного моменту  $M_{j\text{ср}}$ , розраховуємо приріст часу:

$$\Delta t_i = j_{\text{зв}} \cdot \Delta\omega_i / M_{j\text{ср}}, \quad (3.17)$$

де  $j_{\text{зв}}$  - зведений момент інерції привода;

$j_{\text{рот}}$  - момент інерції ротора двигуна,  $j_{\text{рот}} = 1,8 \cdot 10^3$  кг·м<sup>2</sup>;

$j_{\text{нас}}$  - момент інерції насоса,  $j_{\text{нас}} = 8 \cdot 10^{-3}$  кг·м<sup>2</sup>.

$$j_{\text{зв}} = j_{\text{рот}} + j_{\text{рот}} \quad (3.18)$$

$$j_{\text{зв}} = 1,8 \cdot 10^3 + 8 \cdot 10^{-3} = 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$\begin{aligned} \Delta t_1 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{7,3} & \Delta t_1 &= 0,04 \text{ с} & \Delta t_2 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{6,1} & \Delta t_2 &= 0,048 \text{ с} \\ \Delta t_3 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{5,8} & \Delta t_3 &= 0,051 \text{ с} & \Delta t_4 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3}}{6,9} & \Delta t_4 &= 0,043 \text{ с} \\ \Delta t_5 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{7,8} & \Delta t_5 &= 0,038 \text{ с} & \Delta t_6 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{7,7} & \Delta t_6 &= 0,038 \text{ с} \\ \Delta t_7 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{6,9} & \Delta t_7 &= 0,043 \text{ с} & \Delta t_7 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{5,7} & \Delta t_7 &= 0,052 \text{ с} \\ \Delta t_9 &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{4,2} & \Delta t_9 &= 0,07 \text{ с} & \Delta t_{10} &= \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{1,8} & \Delta t_{10} &= 0,163 \text{ с} \end{aligned}$$

Час пуску:



$$t_{\text{пуску}} = \sum \Delta t_i.$$

$$t_{\text{пуску}} = 0,04 + 0,048 + 0,051 + 0,043 + 0,038 + 0,038 + 0,043 + 0,052 + 0,07 + 0,0163 = 0,583 \text{ с.}$$

Перевищення температури двигуна під час пуску повинно відповідати виразу:

$$\tau_{\text{пуску}} = \nu_{\tau} \cdot t_{\text{пуску}} \quad (3.19)$$

де  $\nu_{\tau}$  - швидкість нагрівання двигуна,  $\nu_{\tau} = 7,9 \text{ }^{\circ}\text{C/с}$ .

$$\tau_{\text{пуску}} = 7,9 \cdot 0,583 = 4,61 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Отже,  $\tau_{\text{пуску}} < \tau_{\text{доп}}$ .

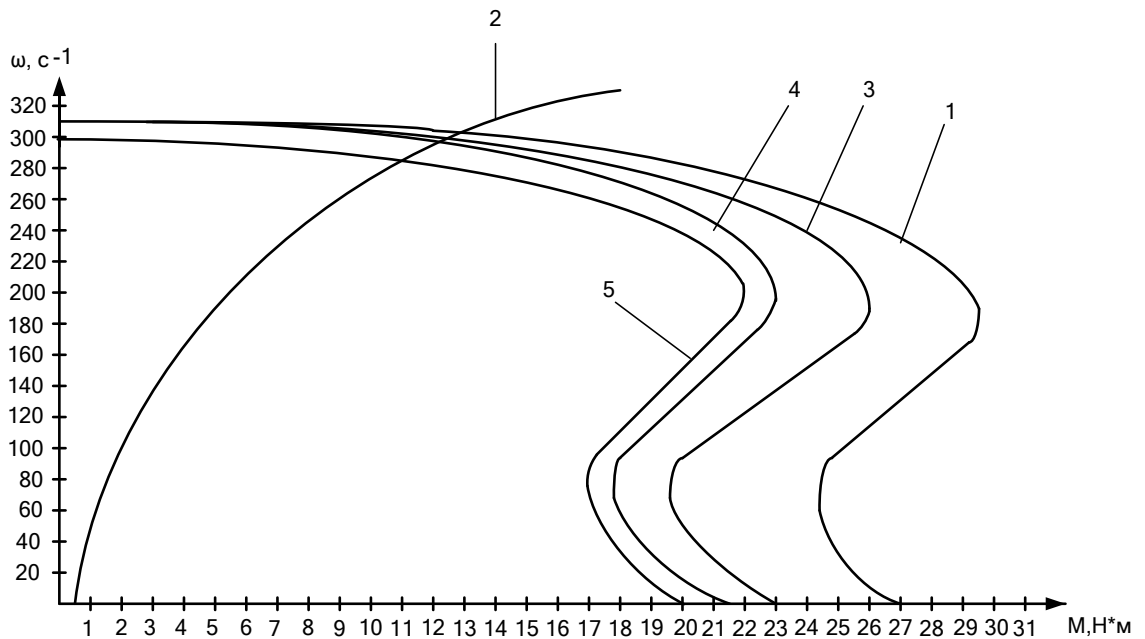


Рис. 3.1. Механічні характеристики двигуна АИР80А2У2 і насоса(2):

1 - механічна характеристика з урахуванням відхилення моментів, 2- механічна характеристика насоса, 3 - механічна характеристика електродвигуна з урахуванням допустимого відхилення напруги  $\Delta U = -5\%$ , 4- механічна характеристика електродвигуна, 5- динамічна характеристика електродвигуна.

### 3.4. Вибір пультів керування, апаратури захисту та керування електрообладнанням

Апаратуру захисту та керування вибираємо на прикладі для двигуна приводу вентилятора В2,3-130-8-01А.

Виходячи із номінальних характеристик  $P_c=11\text{кВт}$  і  $n_c=1450$  об/хв, вибираємо двигун типу АИР 132М4У2:з номінальними параметрами

$$P_n=11\text{кВт}; n_n=1450\text{об/хв}; I_n=22\text{А}; I_{\text{пуск}}/I_n=7,5.$$

Автоматичний вимикач для захисту електродвигуна вибираємо із умови:

$$1. U_{\text{н.авт.}} \geq U_{\text{мер.}}$$

$U_{\text{н.авт.}}$  - номінальна напруга автоматичного вимикача, В;

$U_{\text{мер.}}$  - напруга мережі, В.

$$2. I_{\text{н.авт.}} \geq I_{\text{н.дв.}}$$

$I_{\text{н.авт.}}$  - номінальний струм автоматичного вимикача, А;

$I_{\text{н.дв.}}$  - номінальний струм двигуна, А.

$$3. I_{\text{н.розч.}} \geq I_{\text{н.дв.}}$$

$I_{\text{н.розч.}}$  - струм вставки теплових розчіплювачів, А.

$$4. I_{\text{відс.}} \geq K_z \cdot K_{\text{ру}} \cdot K_{\text{рс}} \cdot K_i \cdot I_{\text{н.дв.}}$$

$I_{\text{відс.}}$  - струм відсічки електромагнітних розчіплювачів, А.

Вибираємо автоматичний вимикач типу АЕ-204610РУЗ триполюсний, без вільних допоміжних контактів, без додаткових розчіплювачів, з регулюванням струму уставки теплових розчіплювачів.

$$I_{\text{н.авт.}}=63\text{ А}; I_{\text{уст.розч.}}=25\text{ А};$$

$$I_{\text{відс.}}=14 \cdot 25=350\text{А};$$

$$14 \cdot 25 \geq 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 7,5 \cdot 22$$

$$350 \geq 272,3$$

Умова виконується.

Електромагнітний пускач вибираємо із умови:

1.  $U_{\text{пуск.}} \geq U_{\text{мер.}}$
2.  $I_{\text{н.пуск.}} \geq I_{\text{н.дв.}}$
3.  $U_{\text{кат.}} = U_{\text{кола кер.}}$

Вибираємо електромагнітний пускач ПМЛ 210004В.  $I_{\text{н.мп.}}=25\text{А}$ , неперевисний без теплового реле, ступінь захисту IP00 без кнопок. Вибираємо низьковольтний комплектний пристрій Я5101-3474У2.

Для розподілу електроенергії в теплицях вибираємо розподільчий пункт ПР11-1077-21 УЗ.1 укомплектований 10 трифазними автоматичними вимикачами вибраного типу.

### 3.5. Обґрунтування та вибір освітлювального обладнання

Розрахунок освітленості проводимо на основі нормативних документів, а також ПУЕ та ПТБ,

Виконуємо розрахунок для основного виробничого приміщення теплиці. Для всіх останніх розрахунок проводяться аналогічно.

В теплицях передбачена система загального рівномірного освітлення. Розміри виробничого приміщення для вирощування гливи : довжина  $A = 40\text{м}$ , ширина  $B = 9,5\text{м}$ , висота  $H=4\text{м}$ .

В якості джерела світла приймаємо метало-галогенні дугові лампи високого тиску типу ДРИ 125, тому що в цих ламп найбільш сприятливий спектр випромінювання для гриба гливи. Нормована освітленість складає величину  $E_{\text{н}}=150\text{лк}$ , коефіцієнт запасу  $k=1,3$ . Приміщення вогке, тому вибираємо вологозахисні світильники типу ГПП0ІХІ25. Число світильників вибираємо за методом коефіцієнта використання світлового потоку, з умови найвищої відносної відстані між ними за відомими параметрами приміщення: довжиною, шириною і розрахунковою висотою [24].

Визначаємо розрахункову висоту:

$$H_p = H - h_c - h_p = 4 - 0,1 - 0,5 = 3,4\text{м}, \quad (3.20)$$

де  $H$ -висота приміщення, м

$h_c$ -відстань від стелі до світлового центра світильника, м;

$h_p$ -рівень робочої поверхні над підлогою, м.

Визначаємо кількість світильників в приміщенні. Для прийнятого типу світильників приймаємо значення найвигіднішої відносної відстані між світильниками  $\lambda$  і визначаємо розрахункову відстань між світильниками:

$$L = \lambda H_p = 1,5 \times 3,4 = 5,1 \text{ м,}$$

де  $L$ -відстань між світильниками, м;

$\lambda$ -найвигідніша відносна відстань, 1,5 м.

Визначаємо кількість світильників у ряду, кількість рядів і загальну кількість світильників відповідно до виразів:

$$n_a = A/L = 40/5,1 = 8 \text{ шт}$$

$$n_b = B/L = 9,5/5,1 = 2 \text{ ряди}$$

$$N = n_a \cdot n_b = 8 \cdot 2 = 16 \text{ шт.}$$

Розрахунок освітленості виконуємо за методом коефіцієнта використання світлового потоку [24].

Світловий потік ламп визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot \hat{e}_\varphi \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 1,3 \cdot 384 \cdot 1,15}{16 \cdot 0,56} = 7688,57 \text{ лк} \quad (3.21)$$

де  $\Phi$  - розрахунковий світловий потік лампи, лк

$E$  - нормована освітленість робочої поверхні, лк

$K_z$  - коефіцієнт запасу

$S$  - площа приміщення, м<sup>2</sup>

$Z$  - коефіцієнт нерівномірності освітлення

$N$  - кількість світильників, шт

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку, відн.од.

Індекс приміщення:

$$i = (A \cdot B) / (H_p \cdot (A + B)) = (40 \cdot 9,5) / (3,4 \cdot (40 + 9,5)) = 2,25.$$

Приймаємо метало-галогенну дугову лампу високого тиску ДРИ 125 із світловим потоком 8300 лм.

Визначаємо фактичну освітленість, яку забезпечить потік вибраної лампи за виразом:

$$E_{\phi} = E_n \cdot (\Phi_{\phi} / \Phi_p) = 150 \cdot (8300 / 7688,57) = 162 \text{ лк}$$

де  $E_n$  - нормована освітленість у даному приміщенні, лк

$\Phi_{\phi}$  - фактичний світловий потік вибраної лампи, лм

$\Phi_p$  - розрахунковий світловий потік, лм

Для сільськогосподарських приміщень допускається відхилення фактичної освітленості від нормованої в межах -10% +20%.

Визначаємо відповідність допустимому відхиленню фактичного значення освітленості від прийнятого нормованого:

$$\Delta E = \frac{E_{\delta} - E_i}{E_i} \cdot 100\% = \frac{162 - 150}{150} \cdot 100\% = 8\%$$

У виробничому приміщенні приймаємо світильники ГПП01x125 з металогалогенними лампами високого тиску ДРИ 125, потужність лампи  $P_{\text{л}}=125\text{Вт}$ , світловий потік лампи 8300 лм.

Вибираємо освітлювальний щиток типу ПР11-3055-21 УЗ, розрахований на 6 груп, який укомплектований автоматичними вимикачами типу А63 з номінальним струмом  $I_{\text{ном}}=25\text{А}$ . Розрахункове навантаження освітлення:

$$P_{\text{розр.}} = P_{\text{обл.}} \cdot n \cdot 0,001 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{розр.1}} = 125 \cdot 63 \cdot 0,001 = 7,8 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{розр.2}} = 17 \cdot 0,06 = 1,02 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{заг.}} = P_{\text{розр.1}} + P_{\text{розр.2}} = 8,82.$$

Переріз проводів вибираємо за допустимим струмом.

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{розр.}}, \text{ А}, \quad (3.22)$$

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

$$I_{\text{розр.}} = P_{\text{розр.}} / U_{\phi} = (2 \cdot 10^3) / 220 = 9,1 \text{ А.}$$

Приймаємо двохжильний кабель АНГР перерізом  $2,5 \text{ мм}^2$  ( $I_{\text{доп.}}=19 \text{ А}$ ).

Перевіряємо вибраний провід на допустимий спад напруги в мережі:

$$\Delta U\% = \Sigma P \cdot L / (c \cdot S), \% \quad (3.23)$$

де  $P \cdot L = M$  - момент навантаження, кВт·м;

$c$  - коефіцієнт, що залежить від напруги, числа фаз;

$S$  - переріз проводу, мм<sup>2</sup>;

$L$  - довжина ділянки, м.

Так як навантаження рівномірне, то момент навантаження:

$$M = P_{\text{розр}} \cdot 0,001(1/2) \cdot L, \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$M = 2000 \cdot 0,001 \cdot (1/2) \cdot 33,6 = 33,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Коефіцієнт  $c$  для двопровідної лінії змінного струму:

$$\tilde{n} = \frac{\gamma \cdot (U_{\delta})^2}{2 \cdot 10^5} = \frac{32 \cdot 220 \cdot 2}{2 \cdot 10^5} = 7,7 \quad (3.24)$$

де  $\gamma$  - питома провідність,  $\gamma = 32 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

Тоді:

$$\Delta U\% = 33,6 / (7,7 \cdot 2,5) = 1,75 \%,$$

$$\Delta U\% = 1,75\% < 2,5\%.$$

Для забезпечення знезараження зовнішнього повітря, яке надходить для зниження концентрації вуглекислого газу, приймається бактерицидна лампа ДБ60, характеристики якої наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.2. Світлотехнічна відомість

Найменування приміщення	Кіл-ть приміщень	Дані приміщення						Загальне освітлення							
		Довжина, м	Ширина, м	Площа, м <sup>2</sup>	Висота, м	Характеристика оточуючого середовища	Коефіцієнт відбиття	Нормативна освітленість	Коеф-т запасу	Тип	Потужність ламп, Вт	Кількість, шт	Загальна потужність, Вт	Питома потужність, Вт	
							Стін	Підлоги							
Теплиця	4	40	9,5	380	6	ОВ	10	10	150	1,3	ГПП01х125	125	16	2000	6,4
Котельня	1	5	5	25	3	В	10	30	30	1,15	НСП01	100	2	200	9,1
Бойлерна	1	6	5	30	3	В	10	30	30	1,15	НСП01	100	2	200	77
Санвузол	1	4	3	12	3	ВХАС	30	50	30	1,15	НСП01	100	1	100	11,2
Склад інвентарю	1	6,5	5	32,5	3	С	10	10	20	1,15	НСП01	40	4	160	5,6
Кімната обслуговуючого персоналу	1	4	5	20	3	С	10	50	100	1,15	НСП03	150	4	600	28,5
Приміщення з підрібновачем	1	7	5	35	4	В	10	10	20	1,15	НСП01	60	4	240	5,8
Щитова	1	4	3	12	3	С	10	30	30	1,15	НСП01	100	1	100	11,2

ВХАС - вологе з хімічно активним середовищем

В - вологе

ОВ - особливо вологе

С - сухе

Таблиця 3.3. Основні технічні характеристики лампи ДБ60

Потужність, Вт	Напруга, В	Струм, А	Світловий потік, лм	Витальний потік, мвіт	Бактерицидний потік, мбк	Термін служби, тис.год.	Габарити, мм	
							довжина	діаметр
60	220	0,7	180	41	8000	5	909	30

### 3.6. Розробка і дослідження захисного перемикаючого пристрою насосу зволоження грибниць

Важливим для якісного проходження технологічного процесу вирощування грибів є забезпечення вологості у теплиці. Проблема зволоження повітря розв'язується різними способами. Один з них розглядається в роботі [20].

Окрім зволоження, необхідно забезпечити також контроль мікроклімату і вентиляції. Ці питання можна вирішити застосувавши мікроконтролерну систему автоматичного управління і контролю параметрів мікроклімату в теплиці [2] і впроваджуючи більш досконалі методи регулювання електроприводу вентилятора [5].

Вирішення цього питання покладене в основу захисного перемикаючого пристрою. Досвід експлуатації і результати багатьох дослідів показують, що не дивлячись на розробку і введення в виробництво ряду рекомендацій по підвищенню експлуатаційної надійності глибинних насосних установок, вона залишається низькою. Це обумовлено виходом із ладу глибинних електродвигунів. Причиною є аварійні режими їхньої роботи, що пов'язані з неполадками в електричній мережі, відсутністю надійного захисту від неповно фазних режимів роботи і належного догляду за обладнанням, а також специфічністю умов їхньої експлуатації - територіальною розкиданістю.



Проведенні дослідження намітили подальший розвиток систем захисту обладнання, які не лише відключають, але й забезпечують їх безпервну роботу в аварійних режимах - при обриві фаз живлячої мереж.

Схема електрична принципальна захисного перемикаючого пристрою для насоса в аварійному однофазному режимі роботи приведена на рис. 3.2.

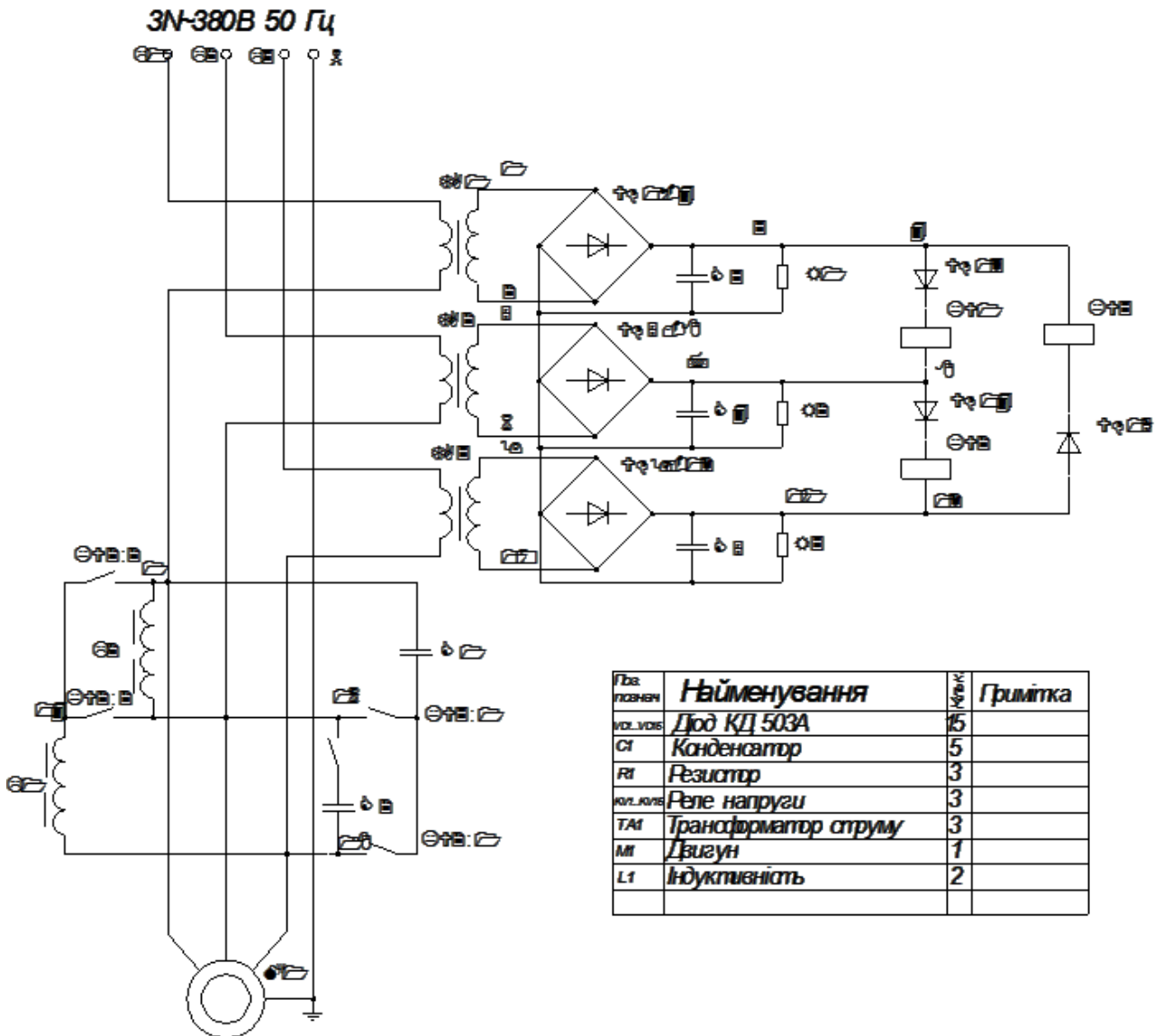


Рис. 3.2. Схема електрична принципальна захисного перемикаючого пристрою для насоса в аварійному однофазному режимі роботи

Схема системи захисту складається з трьох однакових проміжних трансформаторів струму ТА-1...ТА3, первинні обмотки яких підключені до фаз

А,В,С живлячої мережі. Вторинні обмотки приєднані до випрямлячів VD1 - VD2 зі згладжувальними конденсаторами С3-С5 , шунтовані резисторами R1.. R3.

Виводи мостів негативної полярності з'єднані між собою, а позитивні - з катодами діодів VD13...VD15.

Перше реле KV1 підключене до анода діода VD13 і катода діода VD14, друге KV2 до анода діода VD14 і катода діода VD15, третє KV3 до анода діода VD15 і катода діода VD13. Перший фазозсовуючий конденсатор С1 одним своїм виводом приєднаний до фази А, другим через контакт реле KV3.1 з'єднання 17 до В, а також через контакт реле KV2.1 до фази С. Другий конденсатор С2 одним виводом приєднаний до фази С, другим через контакт реле KV1.1 до фази В. Перша фазозсовуюча індуктивність L1 підключена до фази С і через контакт реле KV3.2 до фази А, а також через контакти реле KV2.2 до фази В. Друга індуктивність L2 приєднана до фази В і через контакти реле KV1.2 до фази А.

Схема працює за принципом рівноваги напруг при попарному порівнянні абсолютних значень трьох електричних величин. Баластні резистори R1...R3 утворюють контур з малим опором, шунтуючі випрямлячі, які представляють великий опір для струмів зворотної послідовності.

При нормальному режимі електродвигуна фазні робочі струми, проходячи через трансформатор ТА1...ТА3, утворюють на вторинних обмотках напругу, пропорційну їм, які випрямляються діодними мостами VD1...VD12. їх вихідні сигнали взаємно зрівноважуються на реле KV1 ...KV3, напруга відсутня.

При обриві однієї з фаз (наприклад А) струми в фазах значно відрізняються і допоміжні напруги, пропорційні струмам, мають різні значення, рівновага вихідних сигналів порушується і спрацьовує реле KV3, контакти його KV3.1 і KV3.2 замикаються і через фазозсовуючий конденсатор С1 і індуктивність L1 фаза А електродвигуна отримує живлення від фаз В і С при цьому він автоматично переходить в однофазний режим роботи і не виходить із ла-

ду, а продовжує працювати. Дякуючи цьому не припиняється технологічний процес.

Використання в даній схемі фазозсовуючих елементів ємнісного і індуктивного характеру забезпечує повну потужність електродвигуна. Обладнання дуже просте за конструкцією і надійне в експлуатації. В залежності від вимог, пред'явлених до захисно-перемикаючого обладнання, воно може працювати тільки на відключення з виявленням обірваної фази, однофазному, що дозволяє швидко усунути неполадку.

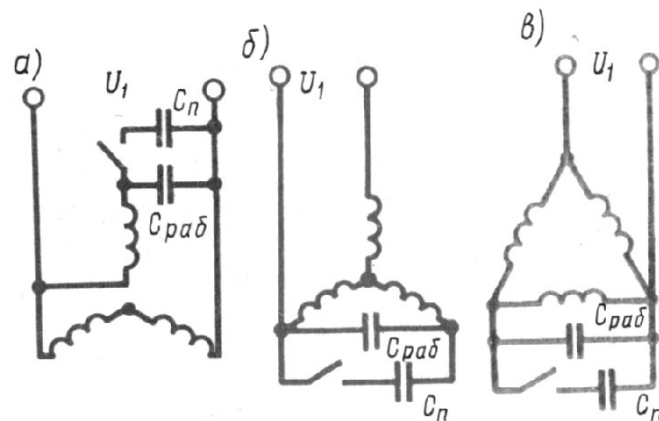


Рис. 3.3. Схеми з'єднань обмоток статора трифазного асинхронного двигуна при включенні його в однофазну мережу

Значення робочої ємності  $C_{роб}$  (мкФ) при частоті змінного струму 50 Гц можна орієнтовно визначити за однією з формул : для схеми, показаній на рис. 3.3 а

$$C_{роб} \approx 2700 I_1 / U_c$$

на рис. 3. б

$$C_{роб} \approx 2800 I_1 / U_c$$

на рис.3.3 в

$$C_{роб} \approx 4800 I_1 / U_c$$

де  $I_1$  – номінальна (фазна) напруга в обмотці статора

$U_c$  – напруга однієї фази мережі

Якщо пуск двигуна проходить при значному навантаженні на валу то паралельно робочій ємності слід ввімкнути пускову ємність

$$C_{\text{п}}=(2,5\dots3) C_{\text{роб}}$$

Велике значення для надійної роботи асинхронного двигуна в якості конденсаторного має правильний вибір конденсатора по напрузі. Слід мати на увазі, що габарити і вартість конденсаторів визначаються не тільки їхньою ємністю, а й робочим навантаженням. Тому вибір конденсатора з великим запасом по напрузі призводить до невизнаного збільшення габаритів і вартості установки, а включення конденсатора на напругу яка перевищує допустиму робочу, призводить до передчасного виходу з ладу конденсатора і як правило всього приладу.

При визначенні напруги на конденсаторі при включенні двигуна по одній з розглянутих схем рис.3.2 а напруга на конденсаторі дорівнює  $U_{\text{к}} \approx 1,3U_{\text{с}}$ , а при включенні двигуна за схемою рис. 3.2 б, в напруга дорівнює  $U_{\text{к}} \approx 1,15U_{\text{с}}$ .

Характеристика електродвигуна що працює в однофазному режимі має вигляд 2. Рис. 3.4.

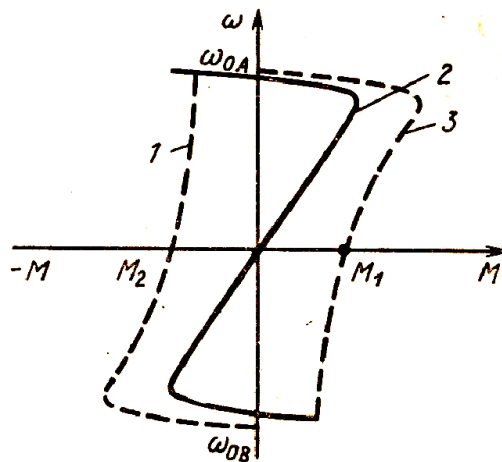


Рис. 3.4. Характеристика електродвигуна що працює в однофазному режимі

Таким чином, результуючий момент дорівнює різниці робочих моментів (характеристики 1 і 3) електродвигуна при трифазному живленні.

### Висновки до розділу 3

Розділ присвячено електрифікації технологічних процесів в цеху для вирощування грибів. В межах цього було обґрунтовано та вибрано електрообладнання для створення необхідного мікроклімату в цеху для вирощування гливи, а саме регулювання температури повітря, регулювання системи вентиляції, регулювання системи підтримання температури поливної води, регулювання системи адіабатичного зволоження повітря.

Проведено обґрунтування та вибір електрообладнання для водопостачання тепличного господарства, здійснено вибір пультів керування, апаратури захисту та керування електрообладнанням, розроблений і досліджений захисний перемикаючий пристрій насоса зволоження грибниць, проведений світлотехнічний розрахунок.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ

### 4.1. Аналіз стану автоматизації мікроклімату теплиці і постановка задачі

Камера інкубації і плодоношення належить до категорії приміщень особливо вологих з хімічно активним середовищем, тому все технологічне обладнання повинно мати ступінь захисту IP54.

Вибір обладнання виконується відповідно до конструктивно- габаритних параметрів культиваційних приміщень для вирощування грибів і маси завантаженого субстрату. Він має принципові відмінності порівняно з вибором аналогічного обладнання для тваринницьких приміщень. Це пов'язано з тим, що субстрат для вирощування грибів, на відміну від тварин і птиці, не має здатності підтримувати постійну температуру при зміні температури внутрішнього повітря в приміщенні, незважаючи на виділення ним біологічного тепла, що утворюється внаслідок життєдіяльності міцелію.

Характерною особливістю культиваційних приміщень для вирощування грибів є те, що правильний вибір опалювально-вентиляційного обладнання забезпечує лише принципову можливість встановлення заданих значень температури субстрату і повітря. Важливе значення має характеристика заданого рівня різниці температур, яка забезпечує нормативне випаровування води субстратом і грибами. Вплинути на величину температури субстрату, за умови постійного значення швидкості повітря над його поверхнею, можна лише шляхом зміни температури внутрішнього повітря. У зв'язку з цим необхідно враховувати динаміку зміни температури субстрату і повітря в культиваційних приміщеннях.

Важливе значення при вирощуванні грибів має також підтримання балансу вологи, оскільки при вологості повітря, значно меншої, ніж максимально можлива, вода випаровується і поверхня гриба починає підсихати. При вологості повітря, близької до максимально можливої, вода не випаровується, а навпаки, вільна волога дифундує на поверхню плодового тіла і відбувається набухання стінок поверхневих клітин гриба.

На вирощування 1 кг плодових тіл грибів необхідно затратити 2 кг води. Причому 55% води, або 1,1 кг, випаровується субстратом і грибами. При врожаї в кількості 100 кг/т субстрату, отриманому за 8 днів, необхідне випаровування води буде становити 570 г/т годину [ ].

Нагрівання повітря в зимовий, та його охолодження в літній період спричиняє зменшення парціального тиску водяної пари в припливному повітрі, який спричиняє наднормативне збільшення випаровування вологи субстратом і грибами. У зв'язку з цим подачу водяної пари в культиваційне приміщення необхідно здійснювати найбільш інтенсивно при низьких значеннях температури зовнішнього повітря. З підвищенням температури зовнішнього повітря його вологоємність збільшується, що призводить до зменшення подачі водяної пари. Припинення подачі водяної пари відбувається одночасно з відключенням нагрівальних приладів. У літній період компенсації вологи можна досягти шляхом дрібнодисперсного розпилення води або більш частими поливами.

Сучасні споруди захищеного ґрунту, як об'єкт керування температурним режимом, характеризується незадовільною динамікою параметрів, які впливають з особливостей технології виробництва. У той же час агротехнічні вимоги обумовлюють високу точність стабілізації температури ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) та своєчасну її зміну у залежності від фази розвитку і часу доби. Всі ці обставини висувають високі вимоги до функціонування та технічного удосконалення обладнання автоматизації. Дотримання агротехнічних вимог дозволить збирати якісний урожай. Цього можна досягти шляхом застосування сучасних засобів автоматизації та дотримання правил експлуатації електрообладнання,

#### 4.2. Розробка функціональної схеми автоматизації, визначення параметрів контролю і регулювання

Відповідно до технологічного процесу розроблена функціональна схема автоматизації. Схема дозволяє контролювати основні фізичні параметри мікроклімату в камері плодоношення, що наведені в таблиці 4.1.

У таблиці 4.1 перераховані не всі параметри, за якими можна контролювати забезпечення мікроклімату, але вони піддаються автоматизації легше, ніж всі інші, які наведені нижче.

Таблиця 4.1.

Фізичні параметри мікроклімату в камері плодоношення, які регулюються технічними засобами

Назва параметра		
Об'ємна концентрація	%	В атмосферному повітрі 0,34%. Видаляється за допомогою вентиляції зовнішнім повітрям
Температура повітря	°C	Впливає на температуру субстрату і випаровування з поверхні компосту, покривного ґрунту і грибів
Температура субстрату	°C	Сильно впливає на випаровування води поверхнею субстрату плодового тіла
Відносна вологість повітря	%	Впливає на випаровування води грибами і субстратом
Освітленість	лк	Впливає на формування плодового тіла

Крім перерахованих вище параметрів контроль мікроклімату можна здійснювати за такими величинами:



- щільність повітря ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), вона падає з ростом температури повітря і його вологоємності, при температурі  $21^{\circ}\text{C}$  щільність повітря повинна становити  $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

- вологовміст повітря ( $\text{г}/\text{кг}$ ) - вміст пари води в одному кілограмі повітря, для прикладу: у зовнішньому повітрі влітку вміст вологи більше, взимку - менше;

- насичена вологоємність ( $\text{г}/\text{кг}$ ) - граничний вміст вологи повітря при даній температурі, яка спостерігається поблизу поверхні води тієї ж температури;

- парціальний тиск пари води ( $\text{кПа}$ ), це та частина тиску повітря, яка створюється рухом молекул води в повітрі; обумовлює можливість випаровування води і чим воно менше тим випаровування більше;

- тиск насиченої пари води ( $\text{кПа}$ ) - зі зростанням цього параметра поблизу поверхні, яка випаровується, зростає випаровування води з поверхні;

- випаровування води з поверхні субстрату, міцелію, плодового тіла ( $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ ) - впливає на розвиток плодового тіла і товарний вид грибів;

- швидкість руху повітря поблизу мобільних грядок ( $\text{м}/\text{с}$ ), вона впливає на коефіцієнт тепловіддачі грядок в повітря;

- ентальпія повітря ( $\text{кДж}/\text{кг}$ ), це вміст тепла повітря по відношенню до сухого повітря при  $0^{\circ}\text{C}$ , дозволяє розрахувати витрати енергії на нагрівання та охолодження повітря.

Відповідно до таблиці 4.1 розроблена функціональна схема автоматизації, яка приведена на рис. 4.1.

### 4.3. Вибір технічних засобів автоматизації

При виборі технічних засобів автоматизації необхідно дотримуватися Державної системи приладів (ДСП), що дозволяє утворювати необ-

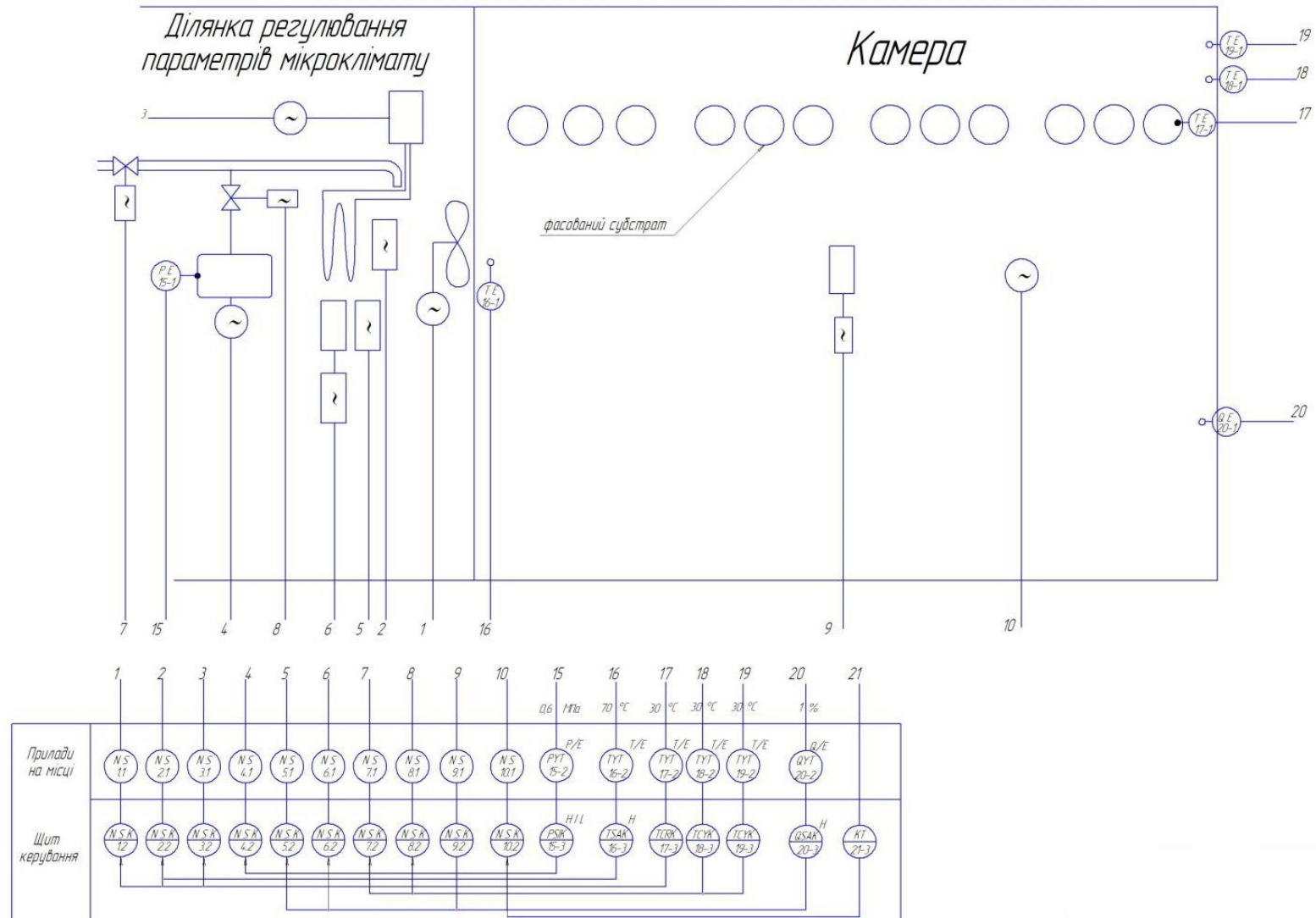


Рис.4.1. Функціонально-технологічна схема регулювання мікроклімату

Для системи автоматичного управління, при виборі технічних засобів, перевагу необхідно віддавати тим засобам автоматизації, що входять в систему ДСП або приладів, параметри вхідних і вихідних сигналів яких узгоджені з комплексами цієї системи. На основі цих вимог вибираємо засоби автоматизації за технологічними процесами (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2.

## Технічні засоби автоматики

Контрольовані параметри	Тип обладнання
«Сухий» і «зволожений» термометр в приміщенні	ОВЕН
Температура субстрату	«МІР51-Щ4»
Датчик рівня води	ДПУ-1М
Концентрація вуглекислого газу	ПКУ-4В
Тиск в ресивері компресора для утворення туману	ЭКМ-3
Електромагнітні клапани для утворення туману	Двохпозиційний

Вибрані засоби автоматики забезпечують необхідну надійність і якість регулювання. Крім того, ПКУ-4В і програмно логічні контролери ОВЕН дозволяють швидке перепрограмування з метою вирощування інших видів грибів.

Програмний задатчик-регулятор має функцію самонастроювання, і може контролювати різницю температур між навколишнім середовищем і температурою субстрату. Він забезпечить необхідне випаровування вологи з поверхні субстрату та гливи.

Технічні характеристики приладів наведені в таблицях 4.3- 4.7.

Таблиця 4.3.

## Технічні характеристики і умови експлуатації МПР51

Технічна характеристика		Значення
Номінальна напруга живлення		220 В, 50 Гц
Допустиме відхилення напруги живлення		-15 ...+10%
Споживана потужність		<6 Вт
Діапазон вимірювання при Датчики ТСМ, -50...+200°C (0,1°C) використанні на вході приладу (у ТСП дужках вказана чутливість)		
Основна приведена похибка вимірювання		±0,5%
Кількість каналів вимірювання	3 АЦП, 2 ЦАП	Всього 5
Кількість каналів регулювання		2
Кількість вихідних параметрів		5
Кількість вихідних транзисторних ключів		8
Період вимірювання вхідних величин		6 чи 4 с
Період проходження керуючих імпульсів на вході		1...100 с
Максимально допустимий струм Електромагнітне навантаження приладів керування реле		8 А, (250 В, 30 В
	Транзисторні ключі	0,2 А, U живл.кол=35В
Довжина лінії зв'язку приладу		<1000 м
Допустима температура навколишнього повітря		+5...+50 °С
Відносна вологість повітря (при температурі 35°C)		< 80 %
Степінь захисту приладу		IP20
Габаритні розміри корпусу		96×96×160 мм
Вага		<1,0 кг

Таблиця 4.4.

## Технічні характеристики і умови експлуатації ПКУ-4В

Характеристика	Величина
Діапазон вимірювальної концентрації, %	0..1(10*)
Похибка вимірювань %	+ 0,01
Дискретність показів, об.	0,001
Живлення приладу	220± 10В, 50 ± 1 Гц
Навантажувальна здатність блока реле:	
максимальний струм через замкнуті контакти, А	5
максимальна напруга на розімкнутих контактах, В	240
максимальна споживана потужність, Вт	30
Вага приладу, кг	2
Габаритні розміри, мм	247×147×64

Таблиця 4.5.

## Технічні характеристики ЕКМ-3

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювального тиску, атм	1...16
Допустимий струм, А	0,03
Напруга живлення, В	380
Область використання	Тиск повітря

Таблиця 4.6.

## Технічні характеристики ДПУ-1М

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювань, м	0,1-3
Похибка вимірювань	±4 мм
Чутливий елемент	Поплавок
Вихідний сигнал	Замикаючий і розмикаючий контакти
Область використання	Рівень рідини з температурою до 50°C

Таблиця 4.7.

## Характеристики двохпозиційного електромагнітного клапана

Характеристика	Параметр
Діаметр умовного проходу, мм	5
Робочий тиск, атм	20
Температура рідини °С	-40...+50
Напруга живлення електромагніта, В	220
Допустимі коливання напруги, %	+7,5...-25
Споживана потужність електромагніта, В·А	25
Габарити, мм	122×70×1566
Вага, кг	1,5

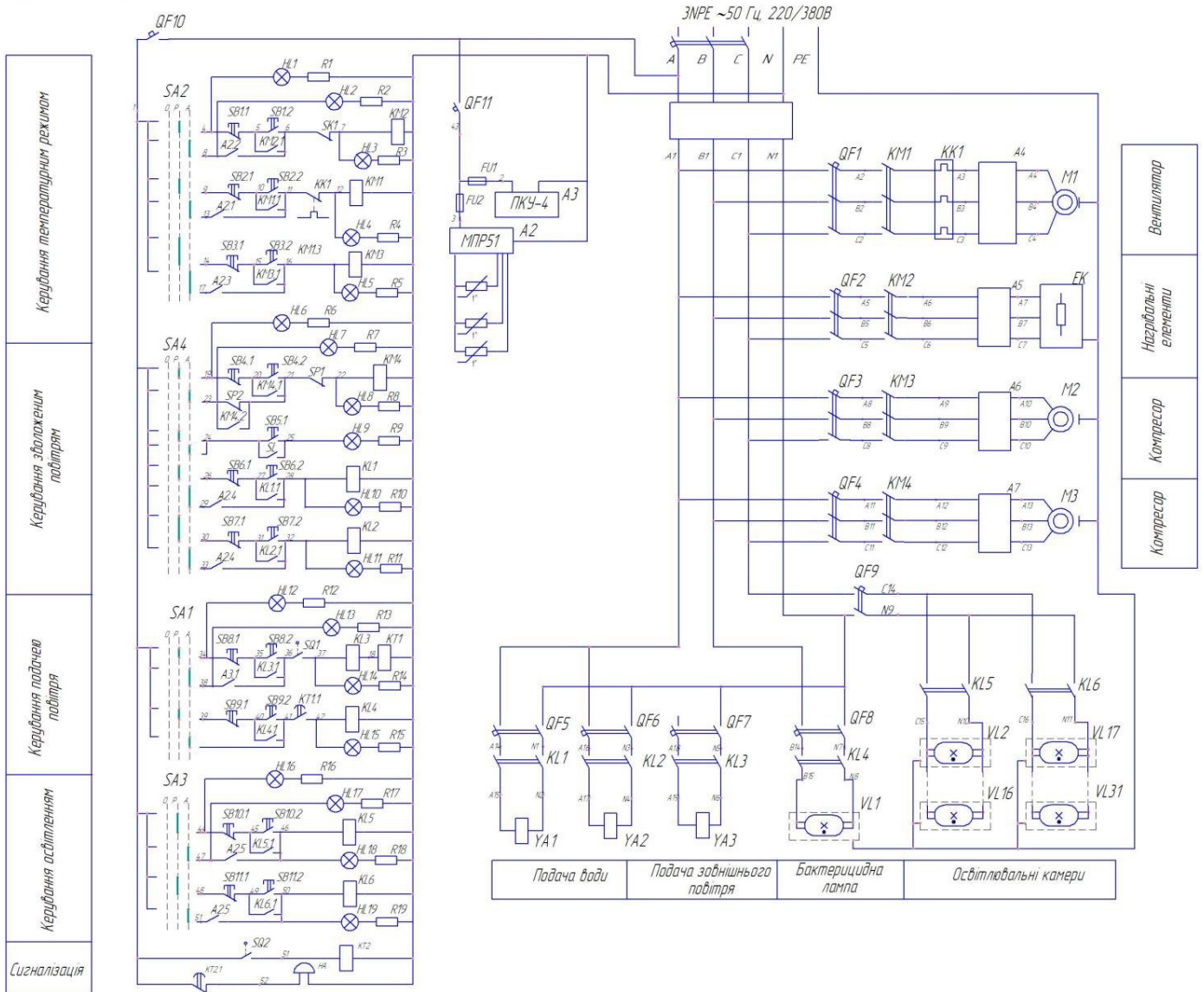
## 4.4. Розробка принципіальної електричної схеми системи мікроклімату

Схема керування робочими машинами повинна відповідати наступним вимогам:

Ручний і автоматичний режими роботи:

- 1) світлова сигналізація роботи машин та режиму роботи лінії;
- 2) захист електродвигуна, який призначений для приводу вентилятора;
- 3) захист компресорного обладнання;
- 4) блокування включення бактерицидної лампи з відкритим кожухом фільтра повітропроводу;
- 5) пуск машин контролю відповідних технологічних параметрів в певній послідовності:
  - 5.1) режим підтримки вологості: робота вентилятора - наявність тиску в ресивері - наявність води в резервуарі;
  - 5.2) підтримання температурного режиму: робота вентилятора - робота нагрівальних елементів або системи охолодження;
  - 5.3) знезараження зовнішнього повітря: відчинення засувки для доступу зовнішнього повітря через деякий час після включення бактерицидної лампи.

Рис. 4.2. Принципіальна електрична схема системи мікроклімату



#### 4.5. Вибір пускозахисної апаратури та узгодження захисних апаратів з вибраними приводами

У розробленій схемі в якості захисних апаратів використовуються автоматичні вимикачі, а в якості комутаційних апаратів - проміжні реле, магнітні пускачі з тепловим реле на електричних двигунах.

Для прикладу розглянемо вибір автоматичного вимикача (QF1) і магнітного пускача (KM1) для керування роботою асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором для приводу вентилятора.

##### Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі вибираємо за наступною методикою [7] з урахуванням вимог нормативних документів:

- 1) За типом – ВА51 [ ], для QF1;
- 2) За напругою,  $U_{ав}$ :

$$U_{ав} \geq U_{м}, \quad (4.1)$$

де  $U_{ав}$  – номінальна напруга автоматичного вимикача, В;

$U_{м}$  – напруга мережі, В,  $U_{м}=380$  В.

Приймаємо  $U_{ав}=U_{м}=380$  В.

- 3) За номінальним струмом автоматичного вимикача:

$$I_{н.ав.} \geq I_p, \quad (4.2)$$

де  $I_{н. ав.}$  – номінальний струм автоматичного вимикача, А;

$I_p$  – розрахунковий струм, А. Рівний номінальному струму того кола, в якому він знаходиться. Для двигуна М1  $I_p = 2,14$ А. Приймаємо  $I_{н. ав.}=25$ А.

- 4) За видом розчіплювача – комбінований.

- 5) За струмом відсічки електромагнітного розчіплювача,  $I_{від.ем.р}$ :

$$I_{від.ем.ст} \geq I_{від.ем.р}, \quad (4.3)$$

де  $I_{від.ем.ст}$  – стандартне значення струму відсічки автоматичного вимикача, А;

$I_{від.ем.р}$  – розрахункове значення струму відсічки електромагнітного розчіплювача автоматичного вимикача, А;



б) Для одного електродвигуна:

$$I_{\text{від.ем.р}} = 1,5 \dots 1,8 I_{\text{п.дв}},$$

(4.4) де  $I_{\text{п.дв}}$  – пусковий струм двигуна, А;

$$I_{\text{п.дв}} = I_{\text{н.дв}} \cdot k_i,$$

(4.5)

де  $I_{\text{н.дв}}$  – номінальний струм двигуна, А,  $I_{\text{н.дв}}=2,14\text{А}$ .  $k_i$  – кратність пускового струму,  $k_i=5,0$ .

$$I_{\text{п.дв}} = 2,14 \cdot 5,0 = 10,7 \text{ А}; I_{\text{від.ем.р}} = 1,8 \cdot 10,7 = 19,3 \text{ А};$$

Струм теплового розчіплювача  $I_{\text{тр}}$ :

$$I_{\text{т.р.}} \geq I_{\text{н}}, \quad (4.6)$$

$$I_{\text{т.р.}} = 2,5 \text{ А} \geq I_{\text{н}} = 2,14 \text{ А};$$

$$I_{\text{від.ем.ст}} = I_{\text{т.р.}} \cdot k, \quad (4.7)$$

де  $k$  – стандартна кратність струму відсічки теплового розчіплювача,  $k = 10$ ;  $I_{\text{від.ст}} = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ А}$ ;

$$I_{\text{від.ем.р}} = 19,3 \text{ А} \leq I_{\text{від.ем.ст}} = 25 \text{ А};$$

- б) За кількості полюсів - трьохполюсний;
- 7) За кліматичним виконанням - В;
- 8) За категорією розміщення - 3;
- 9) За ступенем захисту IP - 54.

Тому вибираємо автоматичний вимикач QF1 типу: ВА51Г2  
 Інші автоматичні вимикачі вибираємо так само і результати  
 заносимо в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8.

Характеристики обраних автоматичних вимикачів

Умовне познач. на схемах	Тип автоматичного вимикача	$I_{н.ав.} А$	$I_{т.р} А$	$I_{від.ем.ст} А$	$I_{від.ем.р} А$
QF1	ВА51Г25-34-0010P54УХЛ3	25	2,5	25	19,3
QF2	ВА31-25-34-0010P54УХЛ3	100	25	350	-
QF3	ВА51Г25-34-0010P54УХЛ3	25	10	100	59,5
QF4	ВА51Г25-34-0010P54УХЛ3	25	12,5	125	80
QF5...QF7	ВА51-25-14-0010P54УХЛ3	25	0,3	3	-
QF8	ВА51-25-14-0010P54УХЛ3	25	0,8	8	-
QF9	ВА51-25-14-0010P54УХЛ3	25	8	80	-

### Вибір магнітних пускачів.

Магнітні пускачі вибираємо з урахуванням вимог нормативних документів:

- 1) за типом - ПМЛ; (для пускача КМ2);
- 2) за напругою  $U_{н.пп}$ :

$$U_{н.пп} \geq U_c, \quad (4.8)$$

де  $U_c$  – напруга мережі, В;  $U_c=380$  В;

$$U_{н.пп}=U_c=380 \text{ В};$$

- 3) за номінальним струмом, А  $I_{н.пп}$ :

$$I_{н.пп} \geq I_{н.дв}, \quad (4.9)$$

$$I_{н.дв}=2,14 \text{ А (для двигуна М1)}$$

$$I_{н.пп}=10 \text{ А} \quad I_{н.дв}=2,14 \text{ А};$$

- 4) за номінальною напругою котушки  $U_{н.к}$ :

$$U_{н.к} \geq U_{м.ф.}, \quad (4.10)$$

$$U_{н.к}=U_{м.ф.}=220 \text{ В [ ]};$$

- 5) за наявністю теплового реле:

Тип – РТЛ-1;

Умови вибору теплового реле:

$$I_{н.т.р.} \geq I_n, \quad (4.11)$$

де  $I_{н.т.р.} = 25$  А;

$$I_n = 2,14 \text{ А},$$

$$I_{н.т.р.} = 25 \text{ А} \geq I_n = 2,14 \text{ А};$$

Умова виконується – теплове реле вибрано вірно.

Номінальний струм неспрацювання:  $I_{неспр} = 2,6$  А.

- 6) за кількістю блокових контактів магнітного пускача:  $1_z - 0$ ;
- 7) за кліматичним виконанням – В;
- 8) за категорією розміщення – 3;
- 9) за ступенем захисту IP-54;
- 10) за класом комутаційної стійкості – А.

Для керування двигуном вибираємо магнітний пускач серії ПМЛ –

121002A:  $U_{н.пп}=380В$ ;  $I_{н.пп}=10А$ ;  $U_{н.к}=220В$ ; з одним замикаючим контактом блока. ТУ 16-644.001-83.

Інші магнітні пускачі вибираємо так же і результати заносимо в таблицю.

Таблиця 4.9.

## Параметри вибраних магнітних пускачів

$P_n$ , кВт	$I_n$ , А	Умовне позначення на схемі	Тип магнітного пускача	$U_{н.пп}$ , В	$I_{н.МП}$ , А	$U_{н.к}$ , В	Тип теплового реле	$I_{н.т.р.}$ , А	$I_{неспр}$ , А
0,75	2,14	КМ1	ПМЛ-121002А	380	10	220	РТЛ-1	25	2,5
15	22,9	КМ2	ПМЛ-211202А	380	25	220	-	-	-
4	8,5	КМ3	ПМЛ-121202А	380	10	220	-	-	-
5,5	11,4	КМ4	ПМЛ-22102А	380	25	220	-	-	-
0,73	3,7	КМ5, КМ6	ПМЛ-121202А	380	10	220	-	-	-
0,06	0,7	КМ7	ПМЛ-121202А	380	10	220	-	-	-
0,025	0,2	КМ8... КМ10	ПМЛ-121202А	380	10	220	-	-	-

Розрахунок і вибір проводів, щитів і шаф керування

Згідно з технологічними вимогами до електрифікації і норм безпеки силова шафа і шафа керування розміщується в електрощитовій. Тип електросилової шафи: Ш8926-3674О4;

Тип шафи керування: Ш8526-3674О4.

Тип освітлювальних щитків - ЯРН 8501-3812

Схема силової електричної мережі зображена на рис.4.3.

Проводку розраховують за двома умовами:

1. За тривало допустимим струмом нагріву;
2. За механічною міцністю.



#### 4.6. Розробка схеми електричних з'єднань

Схеми електричних з'єднань - монтажні схеми щитів і пультів розробляються для виконання електричної комутації елементів автоматизації в межах щита або пульта.

Схему електричних з'єднань розробляють на основі принципіальних електричних схем, загальних видів щитів та пультів, функціональних схем автоматизації та схеми живлення. Виконується вона в такій послідовності: на кресленні зображують обриси розгорнутих в одній площині внутрішніх панелей щита або пульта, а також передню панель щита або панель пульта із загальним зображенням елементів автоматизації.

Застосовують три основні методи складання схем електричних з'єднань: графічний, табличний і адресний. Адресний метод монтажу полягає в наступному: над кожним приладом і апаратом, встановленим в щиті або на пульті, проставляється порядковий номер приладу або апарата (у верхній половині кола) і позначення або позиція цього приладу або апарата (в нижній половині кола).

Пульт керування системи автоматизації виконує роль постів контролю, керування та сигналізації автоматизованого об'єкта. Крім того, на фасадних сторонах пульта розміщуються написи, які пояснюють призначення окремих панелей пульта.

При розробці пульта керуються наступною нормативною документацією: ДСТУ 26032-93 «Система уніфікованих типових конструкцій агрегатних комплексів ДСП. Загальні технічні умови»; ДСТУ 36.13-96 «Щити і пульти систем автоматизації технологічних процесів. Загальні технічні умови».

Схема електрична з'єднань наведена на рис. 4.4-4.5.

На передній панелі шафи розташовані перемикачі, кнопкові станції, прилади світлової сигналізації, автоматичний вимикач кола управління, програмний задатчик-регулятор. Магнітні пускачі, теплові реле, реле часу розташовані на задній стінці шафи.

На схемі підключень, показують маркування і послідовність приєднань до клемної коробки шафи керування обладнання та пристроїв, які знаходяться поза шафою (двигуни, нагрівальні елементи, засувки і датчики рівня ресивера).

*Передня панель*

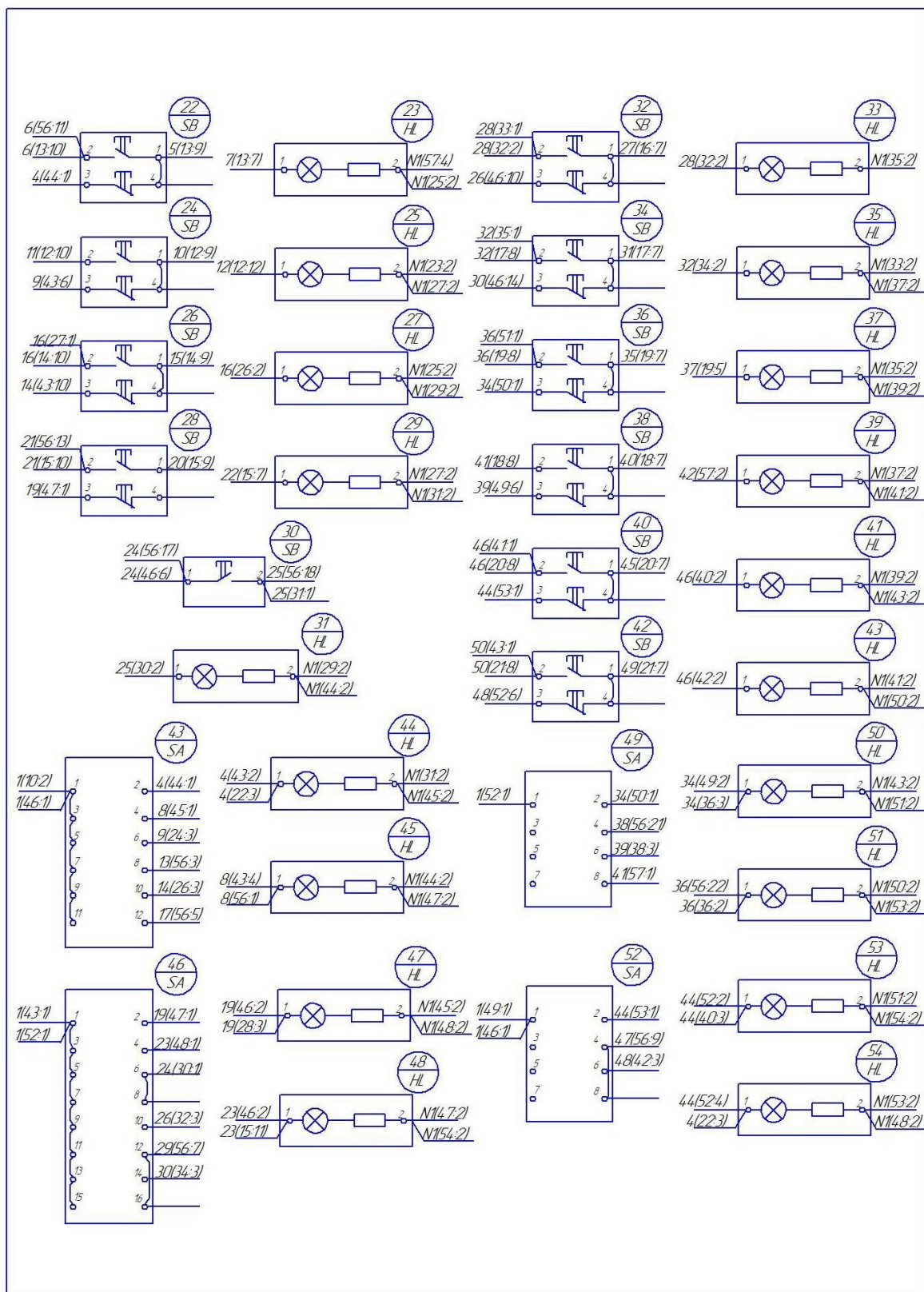


Рис.4.4 – Схема електричних з'єднань. Передня панель



Задня панель

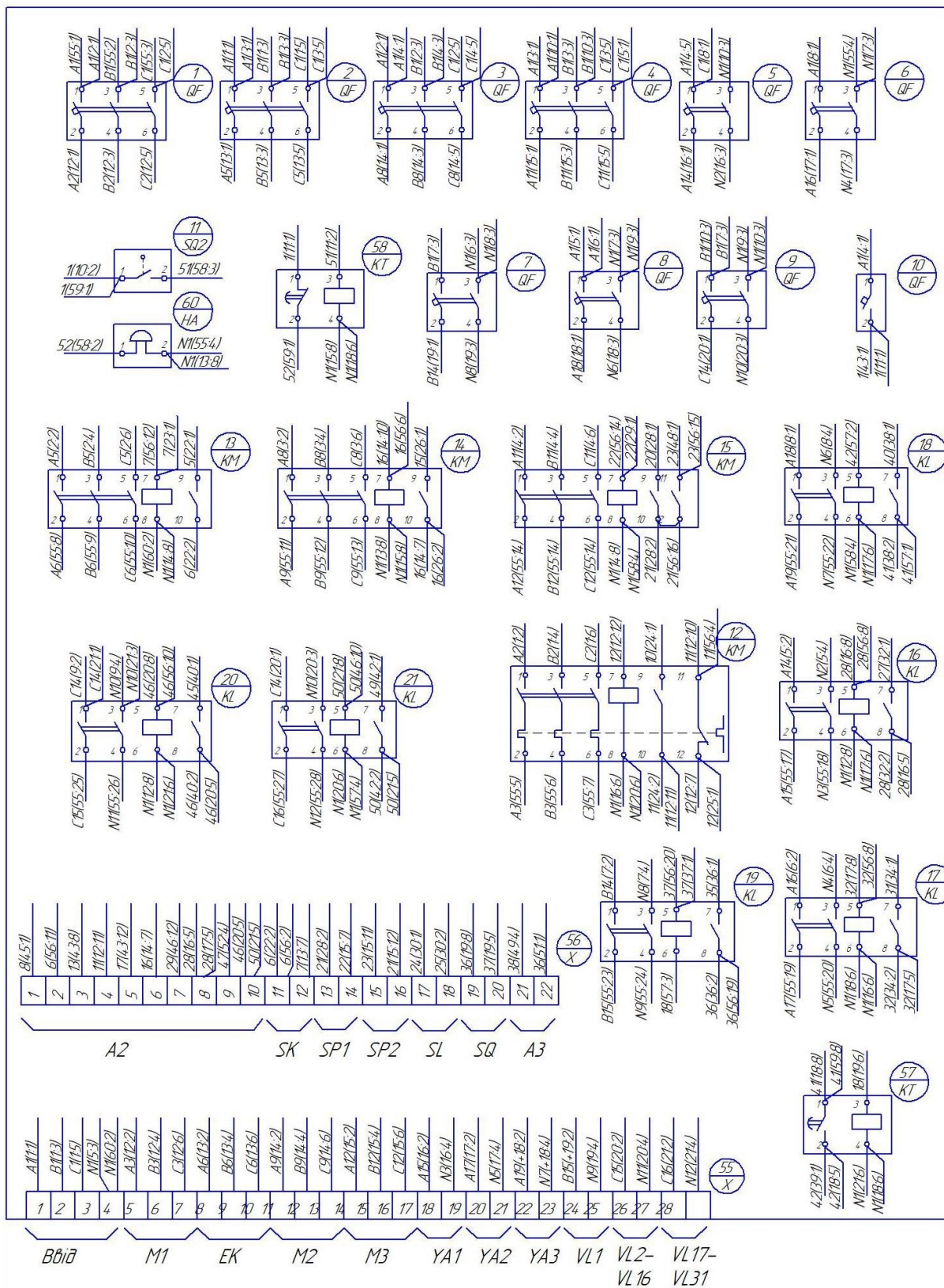


Рис.4.5 – Схема електричних з'єднань. Задня панель

#### 4.7. Синтез і аналіз структурних схем автоматизації

Система автоматичного регулювання (САР) температурно-вологісним режимом за такими напрямками: за алгоритмом функціонування - програмна; по взаємодії регулятора і об'єкта керування - розімкнена; за принципом регулювання - за відхиленням; за законом регулювання - пропорційно-інтегрально-диференціальна; за характером керування - дискретна.

Функціонально схема автоматизації приведена на рис. 4.1.

Проаналізуємо систему автоматичного керування температурно-вологісним режимом. Системи автоматичного керування освітленістю і хімічним складом повітря комплексу вирощування грибів стійкі, оскільки вони розроблені і перевірені виробником.

Для забезпечення вимог до засобів автоматизації по точності, чутливості і інерційності необхідно правильно вибрати закон регулювання.

Для об'єкта, який розглядається у випускній бакалаврській роботі, з коефіцієнтом передачі об'єкта  $k_{об}=0,2^{\circ}\text{C}/\%$  регулюючого органу, часом чистого запізнення ( $\tau=600$  с, постійною часу  $T=600$  с і наступними показниками перехідного процесу: максимальне динамічне відхилення  $y_1=3^{\circ}\text{C}$ , статична похибка  $y_{ст}=0,5^{\circ}\text{C}$ , час регулювання  $t_p=720$  с, перерегулювання  $\sigma=0,3$ , максимальне збурення за навантаженням  $y_b=30\%$ .

Розрахунки виконуємо в наступній послідовності:

1. Визначаємо динамічний коефіцієнт ( $R_D$ ) для статичних об'єктів:

$$R_D = \frac{y_1}{k_{об} \cdot y_b}, \quad (4.12)$$

$$R_D = \frac{3}{0,2 \cdot 30} = 0,5.$$

Вибираємо два типові перехідних процеси: аперіодичний з мінімальним інтегральним критерієм. Для забезпечення процесу регулювання приймаємо ПД-закон, для якого статична похибка дорівнює нулю.

2. Визначимо відносний час регулювання:

Відносний час регулювання для аперіодичного перехідного процесу,  $\psi_{\text{під}}=4,5$ .

3. Визначаємо розрахунковий час регулювання:

$$t_{\text{р.під}} = \Psi_{\text{під}} \cdot \tau_{\text{об}}, \quad (4.13)$$

$$t_{\text{р.під}} = 4,5 \cdot 600 = 2700 \text{ с};$$

$$t_{\text{р.під}} < t_{\text{р}}, \quad (4.14)$$

ПД-закон забезпечує заданий час регулювання. Тому вважаємо, що для даного об'єкта слід застосувати ПД-режим в програмному регуляторі ОВЕН.

Тоді передаточні функції системи автоматичного регулювання температурно-вологісним режимом будуть мати вид:

$$W(p) = k_p \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_{\text{із}} \cdot p} + T_{\text{II}} \cdot p \right), \quad (4.15)$$

де  $k_p$  – коефіцієнт передачі регулятора

$T_{\text{із}}$  – час ізохромної ланки, с;

$T_{\text{II}}$  – час, який характеризує вплив диференційної ланки, с.

$$k_p = \frac{T_1 + T_2}{k \cdot T_{\text{із}}}, \quad (4.16)$$

$$T_{\text{із}} = T_1 + T_2, \quad (4.17)$$

$$T_{\text{II}} = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 + T_2}, \quad (4.18)$$

де  $k$  – коефіцієнт передачі ланки зворотного зв'язку;

$T_1, T_2$  – постійні часу зворотного зв'язку, с.

$$W_{oc}(p) = \frac{1}{W_1(p)}, \quad (4.19)$$

Програмний задатчик-регулятор МПР51 дозволяє уникнути розрахунків - він має функцію автоматичного налаштування. Для цього використовується метод "одиночного стрибка". Після підключення і випробування приладу необхідно вибрати номер автоматичного налаштування. Наприклад, якщо регулюється температура в камері, то включається нагрівач. Температура почне зростати. Швидкість зростання температури також зростає. По завершенні певного часу швидкість росту перестане збільшуватися, і починає спадати. У цей час нагрівач вимкнеться. Виконується розрахунок параметрів для ПІД-регулятора.

Визначення передаточної функції об'єкта керування (грибниці) в режимі обігріву. Важливою характеристикою об'єкта керування є час запізнення. Оскільки датчики температури встановлюються по центру, між нагнітаючими повітроводами, на протилежній стіні від системи опалення, то датчик сприймає зміну температури при 1/4 зміни об'єму повітря.

Таким чином, час запізнення визначається співвідношенням:

$$\tau = \frac{1}{4} \cdot \frac{V}{G}, \quad (4.20)$$

де  $V$  – об'єм приміщення,  $m^3$ ,  $V=S \cdot h=150 \cdot 3=450 m^3$ ;

$G$  – подача вентилятора,  $m^3/год$ ,  $G=3780 m^3/год$ ;

$$\tau = \frac{1}{4} \cdot \frac{450}{3780} = 0,029 год = 1,8с.$$

Враховуючи те, що повітря в системі опалення змінює температуру практично миттєво, то з'являється можливість виділити ланку чистого запізнення, як складову функцію передаточної функції об'єкта:

$$W_1(p) = e^{-\tau p}, \quad (4.21)$$

$$W_1(p) = e^{-1,8p};$$

Для складання рівняння об'єкта керування за розрахунок прийнятий нічний

режим роботи комплексу вирощування грибів при постійній температурі, глива в інкубаційній камері відсутня або знаходиться на початковій стадії росту. При розрахунку не враховують теплопровідність повітропроводів.

#### Висновки до розділу 4

В розділі розроблена система автоматичного регулювання мікроклімату теплиці. Для цього проведений аналіз стану автоматизації мікроклімату теплиці і виконана постановка задачі. Здійснена розробка функціональної схеми автоматизації, визначені параметри контролю і регулювання, вибрані технічні засоби автоматизації. Розроблена функціонально-технологічна схема регулювання мікроклімату і принципіальна електрична схема системи мікроклімату. Вибрана пускозахисна апаратура та проведено узгодження захисних апаратів з вибраними приводами. Розроблені схеми електричних з'єднань.

Проведено синтез і аналіз структурних схем автоматизації.

## РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ З БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

### 5.1. Заходи з експлуатації електрообладнання та охорони праці

Неодмінною умовою нормального функціонування комплексу вирощування грибів є постійна готовність та безперебійна робота обладнання. Відмова будь-якої машини робить не лише непродуктивною роботу працівників, а й порушує прийнятий розпорядок дня. Технічна справність і постійна готовність до роботи машин і устаткування комплексів можливі лише при проведенні планово-попереджувальної системи технічного обслуговування.

Якість регулювання температури і відносної вологості повітря в приміщенні для вирощування грибів залежить не тільки від стану елементів системи, а й від технології виробничих процесів. Якщо обладнання системи працює нормально, закриті ворота, двері, в хорошому стані перекриття, стіни, вікна (не розбите скло, відсутні щілини та ін.), а температурно-вологісний режим в приміщенні недостатній (що можна встановити по тривалим відхиленням температури і вологості повітря від заданих значень), то це свідчить про несправність в системі автоматизації і найчастіше в пристрої регулювання. Причину несправності в системі або пристрої легко виявити за допомогою переносних контрольно-вимірювальних самописних приладів.

Для перевірки правильності дії пристрою регулювання температури або вологості спостерігають за його роботою після дії збурення, що через деякий час приведе до зміни режиму роботи системи автоматизації. Збурення виконують у такий спосіб. Переводять пристрій регулювання на ручне керування. Потім дистанційно або вручну переміщують регулюючий орган на значення, що не перевищує робочий діапазон параметра. Далі вмикають пристрій регулювання і спостерігають за характером повернення регульованої величини до заданого значення. Якщо перевірка покаже зниження

якості роботи пристрою регулювання в статичному і динамічному режимі, то перш за все переконуються в справності первинних перетворювачів. Після цього коректують параметри налаштування пристрою регулювання.

При експлуатації первинних перетворювачів температури можливі наступні несправності:

- замикання витків обмотки, що призводить до заниження показів приладу;
- обрив обмотки, при цьому стрілка вторинного приладу відхилиться за максимум;
- поганий контакт в проводах з'єднувальної лінії, підключеної до термоперетворювачів, що приводить до нестійких показів вторинного приладу;
- низький опір ізоляції, що викликає спотворення показів вторинних приладів.

Обрив або замикання всіх витків обмотки термоперетворювача визначають за допомогою омметра або тестера. При цьому вторинний прилад від'єднують. Опір ізоляції між обмоткою і корпусом термометра опору вимірюють мегомметром напругою не більше 500 В.

В якості первинних перетворювачів відносної вологості повітря застосовують не підігрівні з плівкою електроліту, підігрівні хлористого-літієві і п'єзосорбційні.

Не підігрівні первинні перетворювачі є чутливими до запиленості повітря, не допускають попадання конденсату на активний шар і мають значну додаткову температурну похибку, що вимагає введення термокомпенсації.

Підігрівні первинні перетворювачі за конструкцією складніші, ніж не підігрівні, проте вони більш точні в діапазоні середніх значень вологості і взаємозамінні, тобто їх покази в усталеному режимі не залежать від коливань напруги живлення і швидкості обдування повітрям.

Заходи з безпеки праці проводяться на основі плану покращення умов охорони праці та санітарно-оздоровчих заходів [6]. В господарстві є кабінет охорони праці.

Робітники, які щойно прийняті на роботу, проходять ввідний інструктаж та первинний інструктаж на робочому місці. Ввідний інструктаж проводить головний спеціаліст того ж господарства, куди наймається новий робітник, при обов'язковій присутності інженера по охороні праці відповідно до ГОСТ 46.0.126 - 82. Первинний інструктаж на робочому місці проводить керівник підрозділу. Допуск до самостійної роботи фіксується в журналі реєстрації інструктажів на робочому місці та особистій картці з датою та підписом інструктора та того, що інструктується. Повторний інструктаж проходять усі робітники не менш як один раз у 6 місяців ( електрики - раз у три 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 КВПіА проходять кожні два роки медичне обстеження. Позапланові інструктажі проводяться при порушенні робітниками правил техніки безпеки.

При виконанні монтажних робіт необхідно враховувати що в з'єднувальному коридорі можливе пошкодження ізоляції проводів та кабелів механізмами, що рухаються. Для цього необхідно передбачити прокладку їх в металевих трубах та лотках у відповідності з П-3-Т34 ПУЗ-85. Потрібна кількість діелектричних засобів захисту для нормальної експлуатації запроектованих електричних установок розраховується по відомій кількості електроустановок об'єкту проектування у відповідності з "Минимальными нормами комплектования защитными средствами электроустановок при вводе их в эксплуатацию".



## 5.2. Розрахунок блискавко захисту споруди цеху

Блискавкозахист — це система захисних пристроїв та заходів, що призначені для забезпечення безпеки людей, збереження будівель та споруд, устаткування та матеріалів від можливих вибухів, займань та руйнувань, спричинених блискавкою.

Блискавка — особливий вид проходження електричного струму через величезні повітряні прошарки, джерелом якого є атмосферний заряд, накопичений грозовою хмарою. Умови утворення таких хмар — велика вологість та швидка зміна температури повітря. За таких умов в атмосфері Землі проходять складні фізичні процеси, які призводять до утворення та накопичення електричних зарядів. При підвищенні напруженості електричного поля до критичних значень виникає розряд, який супроводжується яскравим свіченням (блискавкою) та звуком (громом). Довжина каналу блискавки може досягати кількох кілометрів, сила струму — 200 000 А, напруга – 150 000 кВ, температура — 10000 °С і більше. Час існування блискавки 0,1 — 1 с. Що секунди земну кулю уражають в середньому більше 100 блискавок.

Розрізняють первинні (прямий удар) і вторинні прояви блискавки.

Прямий удар блискавки (ураження блискавкою) — безпосередній контакт каналу блискавки з будівлею чи спорудою, що супроводжується протіканням через неї струму блискавки. Прямий удар блискавки чинить на уражений об'єкт наступні дії: електричну, що пов'язана з ураженням людей і тварин електричним струмом та виникненням перенапруг на елементах, по яких струм відводиться в землю; теплову, що зумовлена значним виділенням теплоти на шляхах проходження струму блискавки через об'єкт; механічну, що спричинена ударною хвилею, яка поширюється від каналу блискавки, а також електродинамічними силами, що виникають у конструкціях, через які проходить струм блискавки.

Під вторинними проявами блискавки розуміють явища під час близьких розрядів блискавки, що супроводжуються появою потенціалів на конс-

трукціях, трубопроводах, електропроводах всередині будівель і споруд, які не зазнали прямого удару блискавки. Вони виникають внаслідок електростатичної та електромагнітної індукції.

Електромагнітна індукція супроводжується появою в просторі змінного магнітного поля, яке індукує в металевих контурах, що утворені із різних протяжних комунікацій (трубопроводів, електропроводів і т. п.) електрорушійну силу (ЕРС). У замкнутих контурах ЕРС призводить до появи наведених струмів. У контурах, в яких контакти недостатньо надійні в місцях з'єднання, такі струми можуть викликати іскріння або сильне нагрівання, що дуже небезпечно для приміщень, де утворюються вибухо- та пожежонебезпечні речовини.

Ще однією особливістю вторинного прояву блискавки є занесення високих потенціалів у будівлю по металоконструкціях, які підведені в цю будівлю (трубопроводах, рейкових шляхах, естакадах, проводах ліній електропередач і т. п.). Такі занесення супроводжуються електричними розрядами, що можуть стати джерелом вибуху чи пожежі.

Захист об'єктів від прямих ударів блискавки забезпечується шляхом встановлення блискавковідводів. Захист від електростатичної індукції (вторинний прояв блискавки) здійснюється приєднанням устаткування до заземлювача для відведення електростатичних зарядів, індукованих блискавкою, в землю. Захист від електромагнітної індукції полягає у встановленні методом зварювання перемичок між протяжними металоконструкціями в місцях їхнього зближення менше ніж на 10 см.

Інтервал між перемичками повинен становити не більше 20 м. Це дає змогу наведеному струму блискавки переходити з одного контуру в інший без утворення електричних розрядів. Захист від занесення високих потенціалів у будівлю здійснюється шляхом приєднання до заземлювача металоконструкцій перед їх введенням у будівлю.

Будівлі та споруди поділяються за рівнем блискавкозахисту на три категорії. Приналежність об'єкта, що підлягає блискавкозахисту, до тієї чи ін-

шої категорії визначається головним чином його призначенням та класом вибухопожежонебезпечних зон згідно ПУЕ.

При виборі пристроїв блискавкозахисту за категоріями враховують важливість об'єкта, його висоту, місце розташування серед сусідніх об'єктів, рельєф місцевості, інтенсивність грозової діяльності. Останній параметр характеризується середньорічною тривалістю гроз у годинах для даної місцевості.

Для захисту об'єкта від прямих ударів блискавки застосовують блискавковідвід — пристрій, який височіє над захищуваним об'єктом, сприймає удар блискавки та відводить її струм у землю. Захисна дія блискавковідводу базується на властивості блискавки уражати найбільш високі та добре заземлені металеві конструкції.

Для захисту від ураження блискавки цеху використовуємо схему захисної зони подвійного стержневого блискавкозахисту.

Визначаємо висоту стрижня. Виходячи, з того що висота будівлі 10,4м, то висота стрижня складає 20м.

Знаходимо радіус захисту одного стрижня:

$$r_x = \frac{1,6h(h-h_x)}{h+h_x} = 10,1 \text{ рад.} \quad (5.1)$$

де  $h = 20\text{м}$  – висота стрижня;

$h_x = 10,4 \text{ м}$  – висота будівлі.

Знаходимо розрахункову ширину внутрішньої зони захисту:

$$2b_x = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \cdot 4r_x = \frac{7 \cdot 10,4 - 20}{14 \cdot 10,4 - 20} \cdot 4 \cdot 10,1 = 17\text{м}, \quad (5.2)$$

де  $h_a = 10,4 \text{ м}$  – різниця між висотою стрижня і висоти будівлі;

$a = 20\text{м}$  – відстань від одного стрижня до іншого.

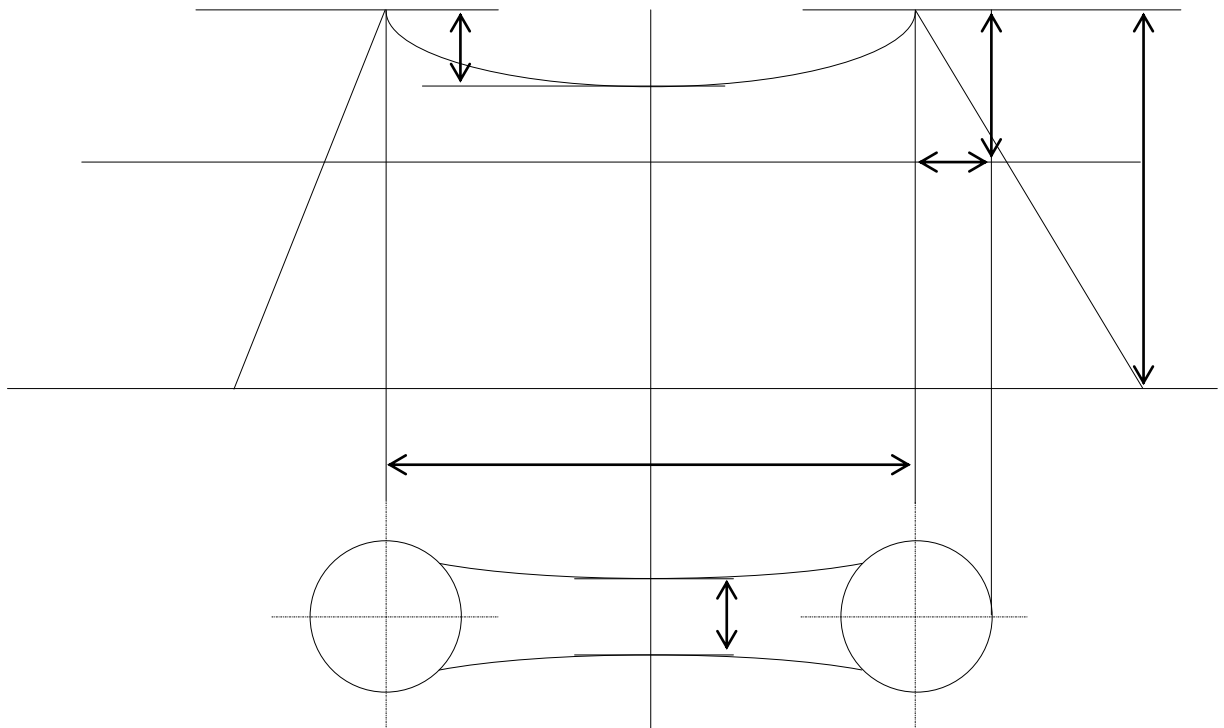


Рис. 5.1. Розрахункова схема захисту зони подвійного стрижневого блискавкозахисту

Умова перевірки:

$$2b_k \geq 2b_x = 17 > 6,6.$$

Умова виконується, отже розрахунок виконано вірно.

Висновки до розділу 5

В розділі висвітлені заходи з експлуатації електрообладнання та охорони праці. Проведено розрахунок блискавко захисту споруди цеху для вирощування грибів. Для захисту від ураження блискавки цеху використано схему захисної зони подвійного стержневого блискавкозахисту. Умова перевірки виконується, що свідчить про правильний розрахунок блискавкозахисту.

## ВИСНОВКИ

На основі аналізу існуючих технологій вирощування грибів в господарствах в проекті обґрунтовано та вибрано інтенсивну технологію вирощування грибів глива.

На основі підготовки субстрату для розвитку грибниці встановлено, що дешевшим є нестерильний метод підготовки субстрату. При цьому температуру субстрату швидко піднімають до рівня 60-70 °С, і витримують протягом 8-12 годин. При такій температурі відбувається процес пастеризації і дезінфекції субстрату. Потім повільно охолоджують субстрат до 45-50 °С. Процес конденсування проводять протягом 48-72 годин. Температуру регулюють співвідношенням подачі пари і повітря, а повітря подається через бактеріальний фільтр. Після ферментації субстрату, використовуючи штучне повітряне охолодження, його доводять до температури 25-28 °С. Природне охолодження може викликати розвиток сторонньої мікрофлори. Правильно приготовлений субстрат практично невразливий для плісені, шкідників гливи.

Проведено вибір технологічного і електротехнічного обладнання для водопостачання, вентиляції і подрібнення субстрату.

Виконано розрахунок освітлення для росту гливи. Вибрано лампи і світильники. Для знезараження субстрату вибрано ультрафіолетові лампи ДРТ.

Розраховано параметри електрообладнання відповідно до технологічного процесу. Проаналізовано та вибрано апаратуру пуску, контролю та регулювання електрообладнанням в цеху для вирощування грибів.

На основі існуючих способів забезпечення необхідного мікроклімату, зокрема підтримання необхідного рівня вологості в приміщенні цеху, було запропоновано захисний перемикаючий пристрій для роботи безперебійної роботи насосів в можливому однофазному режимі. Важливість безперебійної роботи насосних установок в даному господарстві диктується умовами технологічного процесу. Обґрунтовано вибір схем керування захисного переми-

каючого пристрою. Підтверджено можливість роботи асинхронних електродвигунів в однофазному режимі.

Проведено вибір апаратури захисту і керування для двигунів. Вибрані автоматичні вимикачі серії АЕ-204610РУЗ, магнітні пускачі серії ПМЛ-210004В з тепловими реле, з ступенем захисту ІР00. Визначені розрахункові струми всіх електроспоживачів та вибрані перерізи та марки проводів та кабелів. Для розподілу електроенергії в теплицях вибрано розподільчий пункт типу ПР11-1077-21 УЗ.1.

Для підтримання необхідного температурного режиму вибрано припливно-витяжну вентиляційну установку типу ПВУ-4М, яка розміщується в отворі стелі теплиці. Для контролю заданої вологості в приміщенні використовується регулятор МЕТРС-3 з виносними датчиками вологості, які розміщені в різних точках теплиці.

Вибір електропривода розраховано на прикладі заглибного насоса для забезпечення необхідною вологістю процесу вирощування грибів. Розраховані механічні характеристики електропривода насоса подачі води. Також в роботі розглянуто можливість роботи насоса для подачі води на зволоження субстрату та повітря в грибниці в аварійному однофазному режимі і запропонована спеціальна схема перемикання двигуна на дві фази у випадку обриву однієї фази з трьох.

Здійснена розробка функціональної схеми автоматизації, визначені параметри контролю і регулювання, вибрані технічні засоби автоматизації. Розроблена функціонально-технологічна схема регулювання мікроклімату і принципіальна електрична схема системи мікроклімату. Вибрана пускозахисна апаратура та проведено узгодження захисних апаратів з вибраними приводами. Розроблені схеми електричних з'єднань.

Проведено синтез і аналіз структурних схем автоматизації. Визначено передаточні функції системи автоматичного регулювання, проведено її дослідження на стійкість.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баранова С. В., Кольцова И. Ф. Выращивание съедобных грибов. Симферополь: Бизнес-Информ, 2001. 176 с.
2. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. -М.:Агропромиздат, 1986.
3. Брызгалов В.А., Советкина В.Е., Савинова Н.И. Овощеводство защищенного грунта. -М.:Колос, 1983
4. Вдовенко С. А. Вирощування їстівних грибів. Навч. посіб. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. 120 с.
5. Видмиш А. А., Ярошенко Л. В.. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 388 с.
6. Ганзюк М.П., Желібо Є.П. Основи охорони праці: підручник. К.: Каравела, 2006. 392 с.
7. Гончар В.Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. - К. "Вища школа", 1985.
8. Ельперін І. В., Пупена О. М., Сідлецький В. М., Швед С. М. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. К. Видавництво Ліра-К, 2015. 300 с.
9. Жулай Є. Л., Зайцева Б. В. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній. К.: Вища школа, 2001. 286 с.
10. Калетнік Г.М. Практична реалізація державної політики у сфері вищої освіти та положень нового закону "про вищу освіту" в концептуальних засадах підготовки фахівців на базі ННВК "Всеукраїнський науково-навчальний консорціум" / Г.М. Калетнік, І.В. Гунько, Є.А. Кіреєва // Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики, 2016, № 9 С.7-19.
11. Корчемний М. О., Клендій П. Б., Потапенко М. В. Теоретичні основи автоматики. Навч. посіб., м. Тернопіль, «Богдан», 2011. 304 с.

12. Кунденко М. П. та ін.. Основи автоматики: навч. посіб. Харків: Планета-прінт, 2019. 380 с.
13. Кушлик Р. В. та ін.. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. Х: ТОВ Планета-прінт, 2016. 332 с.
14. Ладанюк А. П. і ін.. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія. К.: Інтер Логістик Україна, 2015. 408 с.
15. Матвійчук В.А. Методичні вказівки по оформленню дипломних робіт магістра для студентів ОКР «Магістр» спеціальності 8.10010101 «Енергетика сільсько-господарського виробництва» та студентів ОС «Магістр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»/ Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О. – Вінниця: ВНАУ, 2016. - 63 с.
16. Матвійчук В.А. Технології наукових досліджень. Навч. посібник / Матвійчук В.А., Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є. - Вінниця: ВНАУ, Л 49 2015. - 190 с.
17. Матвійчук В. А. Електротехнології в АПК: навчальний посібник / В. А. Матвійчук, О. Є. Рубаненко, І. П. Стаднійчук. ВНАУ – Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. – 272 с.
18. Матвійчук В. А. Діагностування електрообладнання: навчальний посібник / В. А. Матвійчук, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько. ВНАУ – Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. – 140 с.
19. Механизация и автоматизация работ в защищенном грунте., В.Н.Суданенко, В.А. Терпигорев, Г.Ф. Попов, О.О. Лебл. - Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1982.
20. Мищенко С. В., Бородин И. Ф. АСУ влажностно-тепловыми параметрами. М.: Росагропромиздат, 2008. 223 с.
21. Морозов А. И. Современное промышленное грибоводство. М.: Сталкер, 2008. 222 с.
22. Олійник В.С. Довідник сільського електрика. - К.: "Урожай", 1989



23. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с..

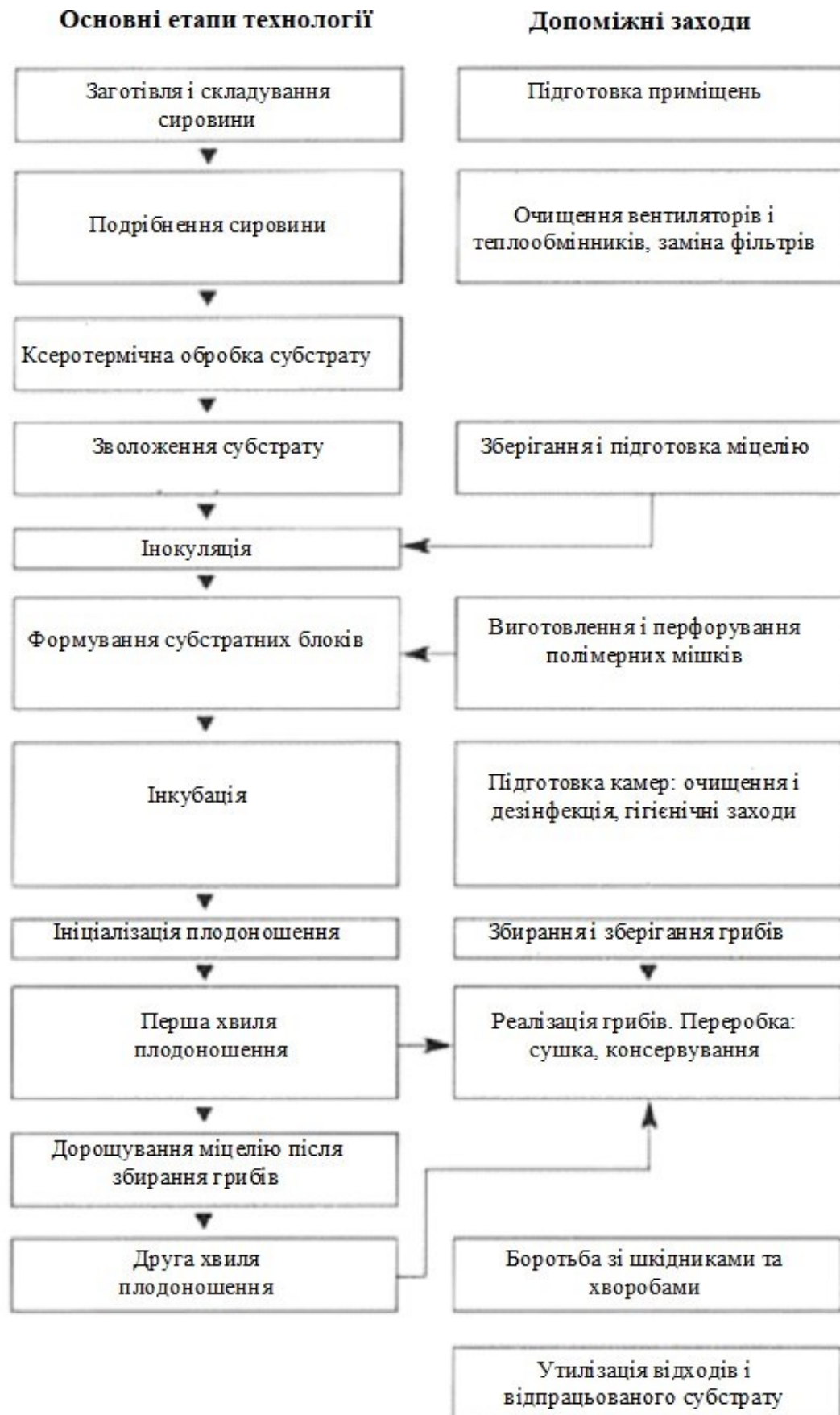
24. Червінський Л. С. Електричне освітлення та опромінення: посібник / Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014. – 246 с.

25. Шишко Г.Г. "Теплиці та тепличні господарства". Довідник. - К.: "Урожай", 1993.

26. Шулґіна Л.М. Довідник по овочівництву закритого ґрунту. - К.: "Урожай", 1989.

## ДОДАТКИ

## Технологічна схема культивування грибів



### Умови плодоношення грибів і параметри мікроклімату

Фаза	ривалість (діб)	Параметри мікроклімату			
		Температура повітря, °C	Освітленість (Вт/м <sup>2</sup> )	Вологість повітря, %	Вентиляція
Інкубація	16-20	20-24	-	50-70	Для
Індукція плодоутворення	2-3	10-14	Не важливо	70-80	100-200
Плодоутворення	5-7	14-16	3-5 (8-12 годин)	85-95	100-200
Плодоношення	3-7	14-16	3-5 (8-12 годин)	80-90	100-200
Період відпочинку	5-7	20-24	Не важливо	70-80	Рециркуля

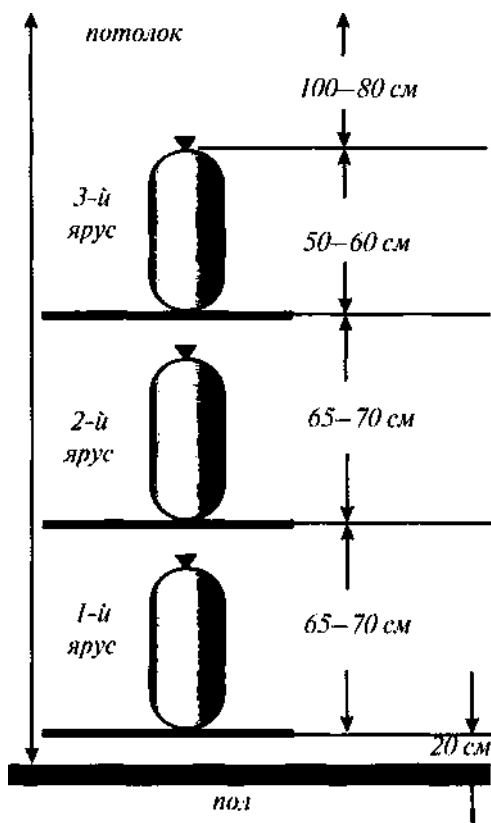


Схема розрахунку кількості ярусів субстратних блоків в приміщенні висотою 3 м

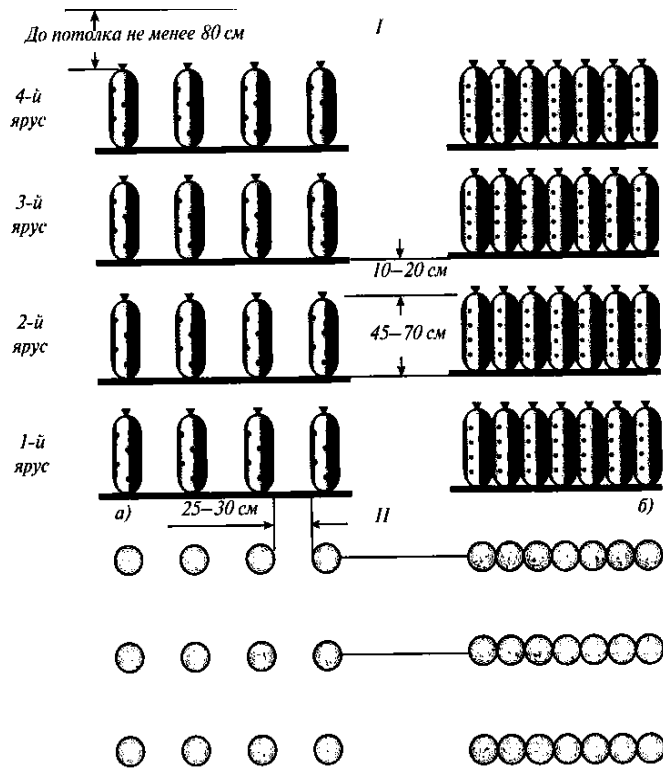


Схема розміщення субстратних блоків на плодоносіння по ярусах:

I – вигляд збоку;

II – вигляд зверху:

а) на відстані один від одного;

б) впритул один до одного (ланцюжками)

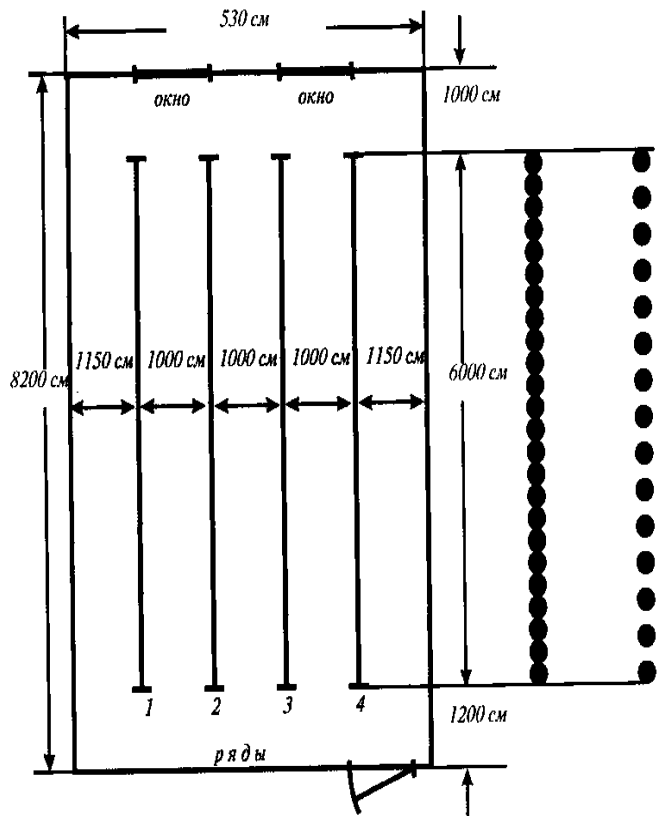


Схема розміщення субстратних блоків в приміщенні шириною 5,3 м, завдовжки 8,2 м

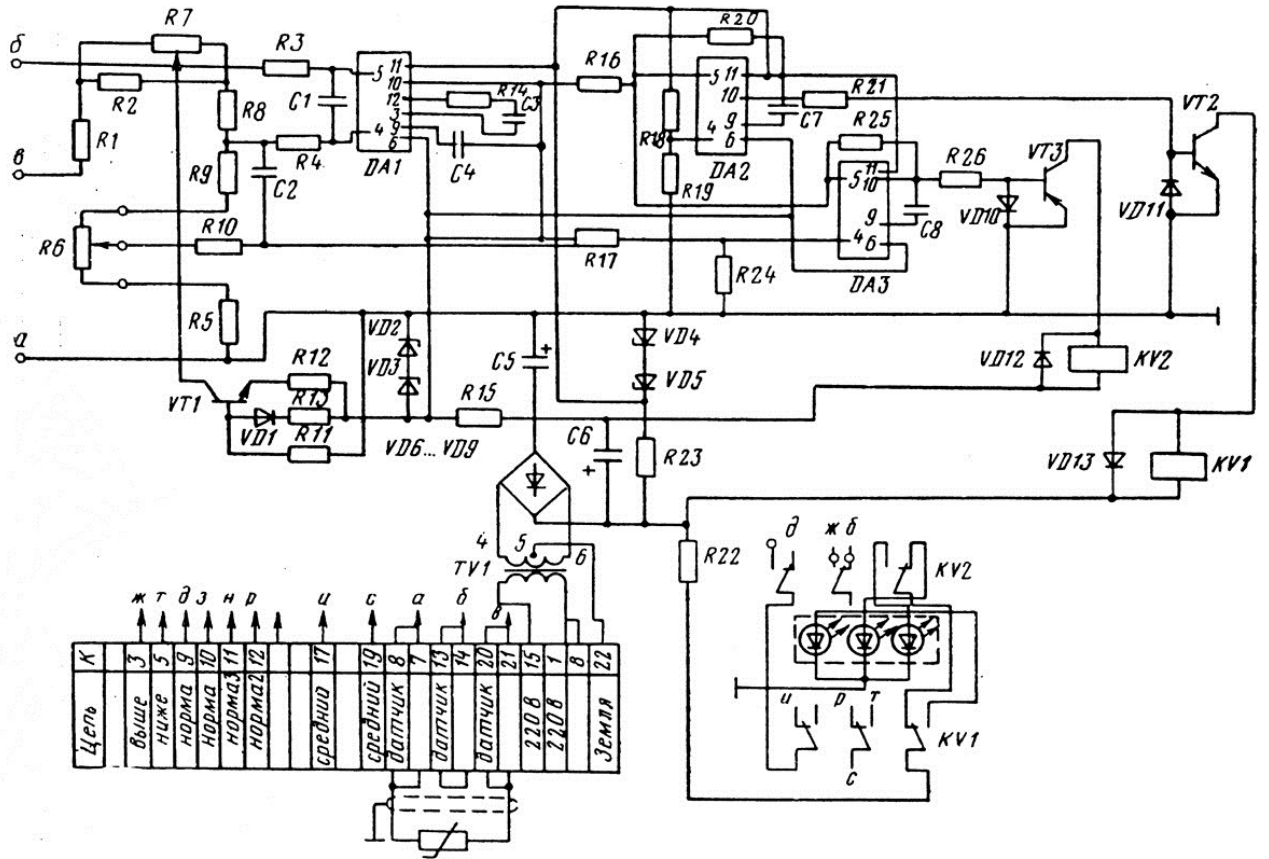


Схема електрична принципіальна регулятора “МЭТРС-3”