

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології
проектування приладів»**

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**на тему: «Автоматизована система керування мікроклімату теплиць для
вирощування печериць»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ПМ-п01

Слобоженюк Аліна Русланівна _____

Керівник:

асистент

Назаренко Наталія Миколаївна _____

Консультант з назва розділу:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Рецензент:

доцент ,к.т.н.

Козир Олег Васильович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Пояснювальна записка	59	
3	A1	ДП.ПМ-п01.03.1760.01.000.СхФ	Функціональна схема	1	
4	A1	ДП.ПМ-п01.03.1760.03.000.СхП	Принципова схема	1	
5	A1	ДП.ПМ-п01.03.1760.02.000.СхС	Структурна схема	1	
6	A4	ДП.ПМ-п01.03.1760.04.000.Сп	Специфікація	1	

				ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Слобоженюк			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Назаренко				1	1
Консулт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБФ Гр. Пм-п01	
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему:
«Автоматизована система керування мікроклімату
теплиць для вирощування печериць»**

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет Приладобудівний факультет
Кафедра Автоматизації та систем неруйнівного контролю
Рівень вищої освіти – Перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

_____ *Слобоженюк Аліні Русланівні* _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизована система керування мікроклімату теплиць для вирощування печериць,

керівник проекту асистент Назаренко Наталія Миколаївна _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «30» травня 2023 р. №2058-с

2. Термін подання студентом проекту 15.06.2023 _____

3. Вихідні дані до проекту: Датчики DS18B20, HIH-5030, UMDK-SOIL, S-CO2, мікроконтролер ATmega324PA та дисплей LM016L. Температуру повітря не нижче +15 градусів і вологість в межах 70-80%. Потужність споживання не більше 10 Вт, виконавчих механізмів не більше 88 Вт. _____

4. Зміст пояснювальної записки Обґрунтування необхідності теплиць ; розробка принципової схеми ; розрахунок основних параметрів для датчиків ; аналіз отриманих результатів; розробка структурної схеми ; розробка функціональної схеми ; проведення розрахунок потужності споживання системи; висновки.

5. Перелік графічного (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) матеріалу Структурна схема, принципова схема, специфікація, функціональна схема.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Ознайомлення з завданням	01.03.2023	
2	Проведення аналітичного огляду матеріалів	17.03.2023	
3	Розробка принципових схем	21.04.2023	
4	Розрахунок основних характеристик датчика ваги та ваг в цілому	01.05.2023	
6	Оформлення текстової та графічної Частини ДП	15.05.2023	
7	Представлення ДП на перевірку науковому керівнику	05.06.2023	
8	Передача матеріалів ДП на перевірку виявлення збігів/схожості текстів сервісом Unichек	07.06.2023	
9	Представлення ДП до екзаменаційної комісії НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»	19.06.2023	

Студент

(підпис)

Слобоженюк А.Р.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Назаренко Н.М.

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

У рамках дипломної роботи бакалавра була проведена унікальна розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом теплиць для вирощування печериць. Робота включає докладний опис технологічного процесу, що використовується для вирощування печериць.

Одним із головних досягнень роботи є створення системи, яка забезпечує надзвичайно точне регулювання клімату в теплиці. Це досягнуто за допомогою сучасних технологій та високоточних компонентів, таких як мікроконтролери та датчики. Точний контроль температури, вологості та провітрювання дозволяє створити оптимальні умови для вирощування печериць.

Для реалізації автоматизованої системи були розроблені функціональні, структурні та електричні принципові схеми. Функціональна схема визначає основні функції системи та зв'язки між її складовими частинами. Структурна схема відображає організацію та ієрархію компонентів системи. Електрична принципова схема описує електричні з'єднання між елементами системи.

Під час розробки системи була вибрана сучасна комплектуюча база, яка включає мікроконтролери, датчики та інші компоненти. Вибір цих компонентів проводився на основі їх сумісності, надійності та можливості забезпечувати високу точність контролю всіх параметрів. Отже, система забезпечує точний контроль температурних режимів, що підвищує ефективність вирощування печериць.

За допомогою цієї унікальної системи керування мікрокліматом теплиць для вирощування печериць досягається оптимальне середовище, що сприяє збільшенню врожайності та покращенню якості продукції. Ця розробка відкриває нові можливості для сільського господарства та підтримує стале вирощування печериць.

THE ANNOTATION

As part of the bachelor's thesis, a unique development of an automated system for controlling the microclimate of mushroom-growing greenhouses was conducted. The work includes a detailed description of the technological process used for cultivating mushrooms.

One of the main achievements of this project is the creation of a system that provides extremely precise regulation of the greenhouse climate. This has been achieved through the use of modern technologies and high-precision components such as microcontrollers and sensors. Accurate control of temperature, humidity, and ventilation enables the creation of optimal conditions for mushroom cultivation.

To implement the automated system, functional, structural, and electrical schematic diagrams were developed. The functional diagram defines the main functions of the system and the interconnections between its components. The structural diagram reflects the organization and hierarchy of the system's components. The electrical schematic diagram describes the electrical connections between system elements.

During the development of the system, a modern set of components was selected, including microcontrollers, sensors, and other components. The choice of these components was based on their compatibility, reliability, and ability to provide high accuracy in controlling all parameters. Thus, the system ensures precise control of temperature regimes, enhancing the efficiency of mushroom cultivation.

By using this unique automated system for controlling the microclimate of mushroom-growing greenhouses, an optimal environment is achieved, leading to increased yields and improved product quality. This development opens up new possibilities for agriculture and supports sustainable mushroom cultivation.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;

МК – мікроконтроллер;

LCD – Liquid Crystal Display;

Зміст

ВСТУП	10
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛИЦЬ.....	12
1.1 Поняття теплиці та їх сфера застосування	12
1.2 Вимоги для вирощування	12
2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	17
2.1 Призначення і область застосування	17
2.2 Умови експлуатації.....	17
2.3 Технічні характеристики.....	17
2.4 Вимоги до надійності	17
3. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	18
3.1 Технологічні карти та основні параметри клімату для росту печериць	18
3.2 Датчики	19
3.2.1 Датчики для ґрунту.....	20
3.2.2 Датчики для вимірювання вологості та CO ₂ повітря в теплиці	23
3.2.3 Датчики для вимірювання температури в теплиці	26
4 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ.....	29
4.1. Функціональна схема автоматизованої системи	29
4.2. Опис функцій системи автоматизації	30
5 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	32
5.1 Класифікація датчиків	32
5.2 Вибір найбільш оптимального варіанту структурної схеми	33

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система керування мікроклімату теплиць для вирощування								
Розроб.	Слобоженюк									Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.	Назаренко									8	59		
Реценз.										ПБФ, ПМ-п01			
Н. Контр.													
Затверд.													

6 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	41
6.1 Вибір елементної бази.....	41
6.2 Вибір мікроконтролера	45
6.3 Розробка електричної схеми.....	47
6.4 Розрахунок потужності споживання системи.....	55
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Слобоженюк</i>			<i>Автоматизована система керування мікроклімату теплиць для вирощування</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		<i>Назаренко</i>					9	59
Реценз.						<i>ПБФ, ПМ-п01</i>		
Н. Контр.								
Затверд.								

ВСТУП

Автоматизація теплиць широко застосовується як українськими фермерами, так і в багатьох розвинених країнах світу. Але що саме означає поняття "автоматизовані теплиці", які переваги вони мають порівняно з традиційними теплицями і який принцип роботи ?

Запитання про оснащення тепличних структур автоматизаційними системами стало актуальним ще після появи перших промислових парників. Згодом звичайні садоводи також зрозуміли необхідність використання автоматизованих засобів для постійного забезпечення потрібних кліматичних умов. Підтримка оптимального провітрювання та поливу може бути повністю автоматизованою, що звільняє власників теплиць від необхідності постійно контролювати ці процеси.

Автоматизований контроль процесів у теплиці - ключ до високого врожаю. Шляхом використання автоматизованих систем можна ефективно використовувати час, не шкодуючи рослини, що вирощуються.

Існує безліч систем, які допомагають зробити тепличну споруду менш залежною від присутності людини. Вибір конкретних автоматичних систем визначається різними факторами. Наприклад, автоматизація в теплицях може включати такі аспекти:

- розмірами матеріальних інвестицій в реалізацію проекту;
- наявністю можливості підключення до електромережі;
- умовами, необхідними для вирощування тих чи інших сільськогосподарських культур;
- габаритами споруди.

Для ефективного контролю мікроклімату всередині теплиці, де вирощують печериці, необхідно використовувати системи зволоження та осушення повітря, вентиляції, поливу, дренажу, підігріву та охолодження ґрунту, а також нагрівання та охолодження повітря. Для автоматизації цих систем необхідно

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

встановити спеціальні датчики, які забезпечують автоматичну реакцію цих систем. Такими датчиками є датчики температури повітря, вологості повітря, температури ґрунту, вологості ґрунту та кількості вуглекислого газу в повітрі.

Для цілорічного вирощування печериць можна використовувати будь-яке приміщення, де можна підтримувати температуру повітря не нижче +15 градусів і вологість в межах 70-80%. Важливо, щоб приміщення було сирым і теплим. Для ґрунту використовується кінський гній з додаванням сечовини. У процесі вирощування печериць застосовуються ящики або стелажі. Час, необхідний для зростання грибниці, становить 14 днів (на ґрунті з'являється білий наліт, який потрібно присипати і полити), плодоношення настає через місяць і триває 2-3 місяці.

Сучасні автоматизовані теплиці, незалежно від їх розмірів, є складними технічними спорудами. Застосування автоматизованого обладнання в таких теплицях є необхідним для створення оптимальних комфортних умов під час позасезонного вирощування різних сільськогосподарських культур.

Історія парників налічує багато століть. Зрозуміло, що перші теплиці, побудовані сотні років тому, були примітивними і недосконалими. На початку це були просто укриття для рослин без будь-яких пристроїв для автоматизації процесів.

Проте з тих пір тепличні споруди пройшли еволюцію, завдяки чому ми сьогодні можемо отримувати багатий врожай і витратити мінімум зусиль на догляд за рослинами. Незважаючи на вартість систем автоматизації, такі інвестиції є повністю виправданими.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛИЦЬ

1.1 Поняття теплиці та їх сфера застосування .

Теплиця - це спеціальна конструкція, створена для забезпечення оптимальних умов зростання та розвитку рослин у контрольованому середовищі. Вона дозволяє зберігати тепло, захищати рослини від негативного впливу погодних умов, збільшувати врожайність і продуктивність рослин, а також вирощувати ранні культури.

Сфера застосування теплиць дуже широка. Вони використовуються в сільському господарстві для вирощування розсади, овочів, ягід, квітів та інших рослин, а також в науково-дослідних цілях для проведення експериментів з розведення та вивчення рослин. Теплиці також можуть бути використані в промислових цілях для вирощування рослин, що використовуються в фармацевтиці або хімічній промисловості.

Також сфера теплиць дійсно може бути використана для вирощування печериць. Печериці - це гриби, які вирощуються в контрольованих умовах, де можна регулювати температуру, вологість та інші фактори, що сприяють їхньому росту.

1.2 Вимоги для вирощування

Виробництво печериць на першому етапі вимагає значних фінансових вкладень, але при правильній організації та точному дотриманні технологічних норм ці витрати швидко окупаються. Однак, найбільш важливою складовою витрат є обладнання для вирощування грибів, без якого ефективно виробництво стає неможливим. У багатьох робочих процесах використовується спеціалізована техніка, що гарантує створення необхідних умов для зростання грибів та отримання продукції високої якості.

Залежно від обсягів виробництва, розміри приміщення для вирощування печериць можуть варіюватися. Наприклад, це може бути підвал, теплиця з

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

полікарбонату, опалювальний гараж або будь-яка інша споруда. У кожному такому об'єкті необхідно розташувати:

- автоматизований клімат-контроль;
- парогенератор;
- багатоярусні стелажі для культивування грибів (рис. 1.1) ;



Рисунок 1.1 – Стелажі для грибів

- камера швидкого охолодження;
- холодильник для готової продукції(рис. 1.2);

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.2 – Холодильна камера для грибів

У грибному виробництві використовуються холодильні камери двох типів – для швидкого охолодження та зберігання продукції. Перший тип серед грибоводів отримав назву «шокер».

Як відомо, гриби (особливо печериці) дуже швидко втрачають товарний вигляд, а транспортування та реалізація продукції потребує часу. Щоб збільшити лежкість, свіжозібрані гриби поміщають на 1 годину в шокер, температура в якому варіюється від +5 до 0 градусів. Чим довше передбачається зберігати гриби, тим нижче має бути температура. У цьому вологість повітря залежить від температурних показників і залишається у межах 80-85%. Цей прийом дозволяє зменшити втрату маси врожаю до 15%. Розмір такої камери повинен відповідати обсягу печериць, зібраних протягом 60 хвилин.

При промисловому вирощуванні печериць використовуються спеціальні кліматичні установки (рис. 1.3). Вони виготовлені з полівінілхлориду і мають вбудовану клімат-систему. Ці інноваційні споруди забезпечують високу продуктивність, дозволяючи отримувати багатий щомісячний врожай, залежно від потужностей виробництва.

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

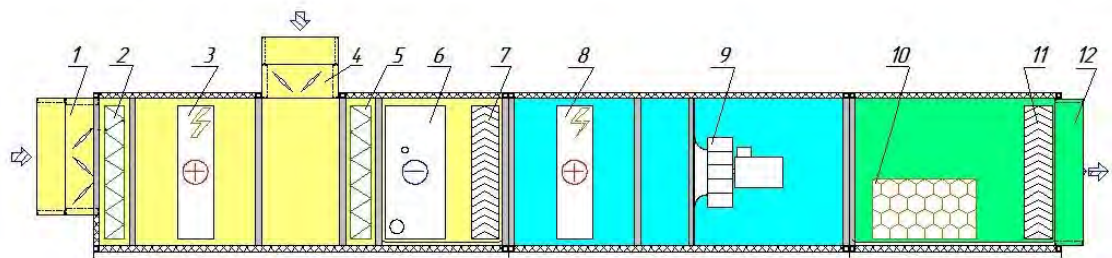


Рисунок 1.3 – Кліматична установка

- 1 – Заслінка подачі свіжого повітря
- 2 – Повітряний фільтр
- 3 – Гарячий теплообмінник
- 4 – Заслінки подачі рециркуляції
- 5 – Повітряний фільтр
- 6 – Теплообмінник охолодження
- 7 – Капеуловлювач
- 8 – Гарячий теплообмінник
- 9 – Електроventильатор
- 10 – Ультразвуковий парогенератор
- 11 – Капеуловлювач
- 12 – Вихід підготовленого повітря

Основні компоненти :

- камера змішування – виконує функції регулювання обсягу вуглекислого газу в теплиці. Для цього поступає з вулиці через повітряні клапани свіже повітря, змішується з повітряними масами в камері культивування. Співвідношення повітряних потоків контролюється датчиками, завдяки чому створюється оптимальна концентрація CO₂ для розвитку плодових тіл печериць. Камеру змішування зазвичай кріплять на одній із провідних стін, в якій роблять технологічний отвір;

- система повітряної очистки – оснащена двома видами фільтрів – грубої очистки і тонкої. Перші утримують пилові частинки, другі – різні мікроспори, які можуть міститися в свіжому повітрі;
- припливна вентиляція із заслінками – через повітропровід надходить повітря з вулиці, а заслінки на вході дозволяють контролювати обсяг повітряних мас;
- калорифери – використовуються для осушення повітря при надмірній вологості в літні місяці і обігріву взимку. Можуть замінюватися опалювальною системою з водогрійним котлом. Кількість калориферів залежить від їх потужності і площі камери вирощування;
- теплообмінники – охолоджувальна система дозволяє ефективно знижувати температуру повітря в літні місяці, одночасно осушуючи його при надлишку вологи. Весь конденсат, який утворюється при охолодженні, стікає в окрему ємність. Потужність радіаторів залежить від зовнішніх показників вологості і температури;
- система розподілення повітряних потоків – складається з поліпропіленових повітропроводів з численними форсунками. Повітряні маси, потрапляючи в повітропровід, з силою виштовхуються через напрямні форсунки вниз, вдаряються об підлогу, а потім рівномірно розподіляються по камері вирощування від нижніх ярусів до верхніх. Така подача обумовлена тим, що печериці негативно реагують на прямі повітряні потоки.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Призначення і область застосування

Система управління призначена для автоматизації процесу керування кліматичними умовами в теплиці для вирощування печериць. Може бути використана на фермах, які займаються вирощуванням грибів у теплицях і які мають в складі виробничого циклу процес контролю за кліматом.

2.2 Умови експлуатації

Система управління призначена для експлуатації при наступних параметрах оточуючого середовища:

- температура зберігання – мінус 40 °С...+60 °С;
- відносна вологість повітря – 5%...95% (без конденсації);
- атмосферний тиск – 80...110 кПа (600...825 мм. рт. ст.);
- характер роботи – безперервний;
- вібрація в межах, допустимих ДСТУ.

2.3 Технічні характеристики

Система управління має наступні технічні параметри:

- реалізація на мікропроцесорній системі;
- потужність споживання не більше 10 Вт;
- потужність споживання виконавчих механізмів не більше 88 Вт;
- живлення виконавчих механізмів здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В та частотою 50 Гц.

2.4 Вимоги до надійності

Система має бути відновлювальна, ремонтпридатна, без резервування з наробітком на відмову до 10000 годин.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

3.1 Технологічні карти та основні параметри клімату для росту печериць

Серед штучно вирощуваних грибів, печериця садова займає непередбачуваний перевагу. Вона становить приблизно 75-80% від загального обсягу світового виробництва грибів. Цей гриб може адаптуватися до різноманітного спектру компосту та систем культивування.

У приміщенні необхідно забезпечити оптимальну температуру в діапазоні 15-19 °С. Високі температури повітря сприяють формуванню дрібних плодовитих тіл з подовженими ніжками і швидким розкриванням капелюшків. Низькі температури, натомість, призводять до зупинки росту грибів та втрати активності компосту. Постійне підтримання оптимальної температури є важливим для забезпечення належного росту грибів. Часті й різкі перепади температури можуть призвести до зниження врожаю. Крім того, необхідно дбати про сталу температуру ґрунту, яка повинна бути на рівні +23°С.

Оптимальний рівень вологості повітря для вирощування печериць становить 85-90%. Ці значення найкраще досягаються шляхом використання штучного туману. Зниження вологості нижче вказаних норм призводить до висихання покривного шару, компосту та зменшення врожаю. Гриби стають лускатими. Зайве збільшення відносної вологості сповільнює або зупиняє ріст грибів, сприяє появі бактеріальної плямистості, липкості, зміні кольору. На капелюшках дорослих грибів можуть з'явитися прозорі "жирні" плями, ніжки стають водянистими й "прозорими". Оптимальний рівень вологості ґрунту повинен бути приблизно 70%.

Утворення плодових тіл печериць супроводжується значним виділенням вуглекислого газу, тому правильна вентиляція приміщення є важливою. Оптимальний вміст вуглекислого газу повинен знаходитися в межах 0,06 – 0,07% CO₂. Проте, необхідно уникати створення протягів та сильної циркуляції повітря, щоб уникнути висихання та потріскання шкірки на капелюшках грибів,

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

відомого як "крокодилова шкіра". Це може призвести до втрати товарного вигляду грибів. При високому вмісті вуглекислого газу на початкових стадіях росту (коли капелюшок діаметром до 10-15 мм) спостерігається надмірне збільшення ніжки в порівнянні з капелюшком, що призводить до недостатньої кількості грибів. Під час зростання великих грибів (капелюшок діаметром понад 15 мм) відбувається подовження ніжки, зміна кольору (потемніння, рожевий відтінок) та розм'якшення капелюшка.

Печериці не потребують світла для плодоносіння і можуть рости в повній темряві. Тому під час робіт у теплиці достатньо забезпечити освітлення за потреби. Пряме сонячне проміння шкідливе для печериць, оскільки може висушувати покривний ґрунт і пошкоджувати ніжну шкірку грибів. Тому рекомендується використовувати затемнену плівку або агроволокно для блокування світла, що дозволить створити найбільш комфортні умови для розвитку грибниці.

3.2 Датчики

Після ретельного аналізу технологічної карти та основних параметрів мікроклімату для росту печериць, необхідно обрати відповідні датчики.

Датчиком називають засіб для вимірювань, що представляє собою конструктивно закінчений пристрій, що розміщується в процесі вимірювання безпосередньо в зоні досліджуваного об'єкта і виконує функцію вимірюючого перетворювача. Пристрій, безпосередньо приймає і передає спеціальним приладам дані про діяльність механізму або інших явищах.

Дисплей LM016L (рис. 3.1): використовується для моніторингу.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



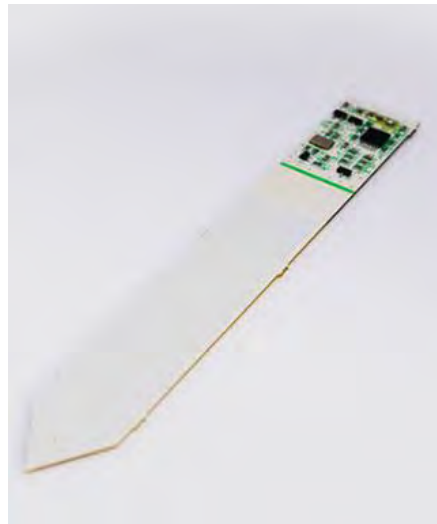
Рисунок 3.1 – Дисплей LM016L

Для того щоб відстежувати стан системи та візуалізації процесів налаштування, для систем автоматизації, необхідно застосовувати дисплей. Так головним критерієм для вибору дисплею було достатня кількість рядків і стовпців, що знадобиться для використання у процесі роботи у вигляді інформації з мікроконтролера Arduino Uno. Виходячи з цього, було обрано LCD-дисплей з 16 контактами під назвою LM016L. Цей LCD-дисплей представлений рис. 3.1. Цей дисплей має наступні характеристики. 16 – кількість стовпців дисплея, 2 – це кількість рядків дисплея. Дисплей здатний підтримувати два види варіацій паралельного типу інтерфейсу, а саме: 8 бітний інтерфейс, дозволяє за один такт передавати 8 біт інформації та 4 бітний інтерфейс, він дозволяє за один такт передавати 4 біт інформації. Напруга живлення: 5 В.

3.2.1 Датчики для ґрунту

Датчик вологості та температури при поверхні ґрунту(рис. 3.2): він виявляє рівень вологості ґрунту і допомагає системі визначитись.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		20



*Рисунок 3.2 – Датчик вологості та температури при поверхні ґрунту
UMDK-SOIL*

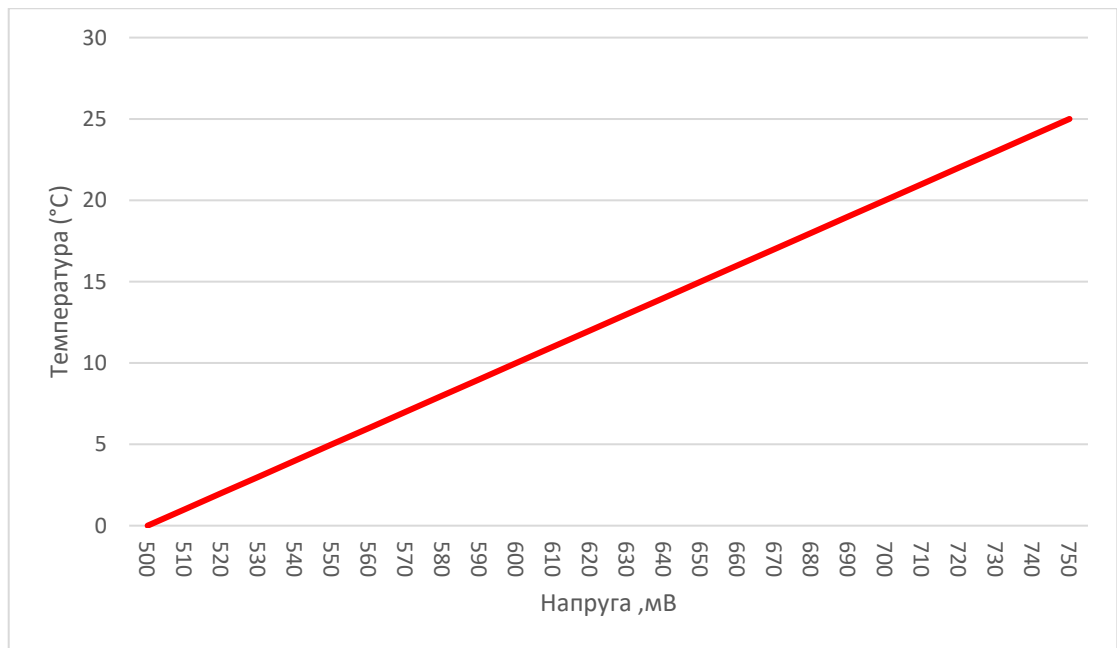
Ємнісний аналоговий датчик вологості ґрунту. На відміну від поширених датчиків провідності ґрунту, не має електричного контакту з ґрунтом і, відповідно, не схильний до корозії. Висока робоча частота дозволяє знизити залежність показань від сольового складу ґрунту.

Технічні параметри датчика:

- Ємнісний датчик вологості ґрунту з робочою частотою 50 МГц
- Два аналогових виходи — для вологості ґрунту (зворотна пропорційність) та температури повітря (пряма пропорційність)
- Напруга живлення від 3,1 до 5,0 В
- Вбудований стабілізатор, що забезпечує незалежність показань від напруги живлення.

Датчик має аналоговий вихід: по температурі – 10 мВ/°С з абсолютним значенням 750 мВ при температурі +25°С, по вологості – 7.2 мВ/% з абсолютним значенням 1500 мВ в сухому повітрі (вологість 0%) і мінімальним значенням 780 мВ при зануренні у воду (вологість 100%).

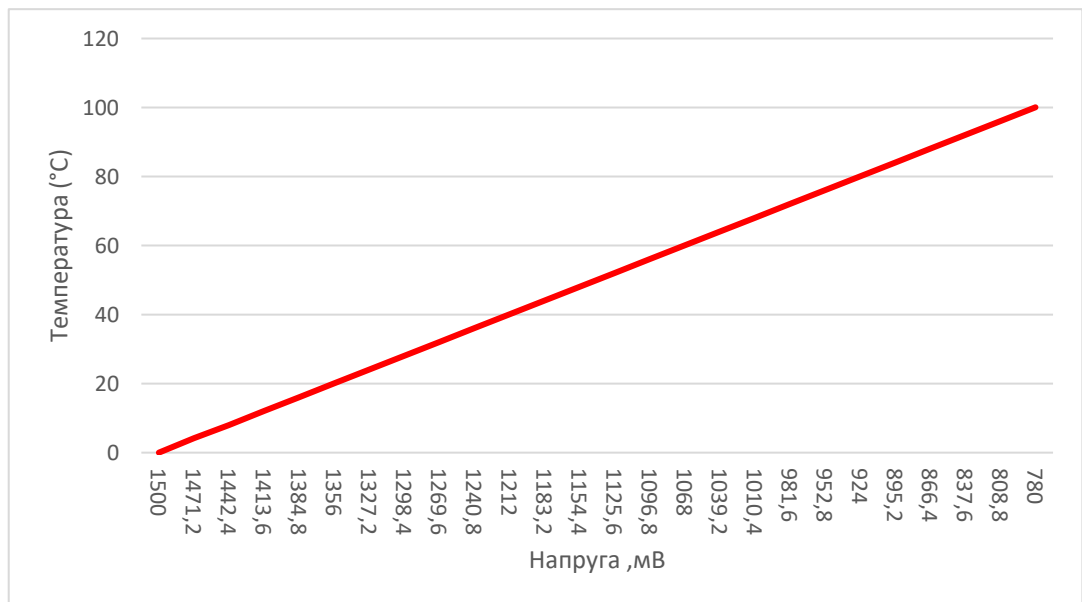
					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Графік 3.1 – Залежність значень температури від напруги на виході датчика

Згідно графіка 3.1, виводжу формулу для розрахунку температури ґрунту:

$$T = U_{\text{вих}} * 100 - 50 = \frac{3.3 * \text{АЦП}}{1023} * 100 - 50 = 0.323 * \text{АЦП} - 50$$



Графік 3.2 – Залежність значень відносної вологості від напруги на виході датчика

Згідно графіка 3.2, виводжу формулу для розрахунку відносної вологості ґрунту:

$$1500\text{мВ}/7.2\text{мВ} = 208.333$$

$$1023 - 3.3 \text{ В}$$

$$x - 1.5 \text{ В}$$

$$x = \frac{1023 * 1.5}{3.3} = 465$$

$$465a + 208.333 = 0$$

$$a = - 0.448$$

$$H = \text{АЦП} * (-0.448) + 208.333$$

Для перевірки правильності останньої формули спробую вивести коефіцієнт а для значення 100% вологості ґрунту.

$$1023 - 3.3 \text{ В}$$

$$x - 0.78 \text{ В}$$

$$x = \frac{1023 * 0.78}{3.3} = 242$$

$$242a + 208.333 = 100$$

$$A = - 0.448$$

Отже, формула, що використовується для розрахунку вологості ґрунту, є правильною й достовірною.

3.2.2 Датчики для вимірювання вологості та CO₂ повітря в теплиці

Датчик відносної вологості підвищеної точності. Датчик НІН-5030 (рис. 3.3) :

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рисунок 3.3 – Датчик відносної вологості повітря НІН-5030

Датчик вологості призначені для вимірювання відносної вологості в діапазоні від 0 до 100%. Напруга живлення становить 3.3 В. Датчики мають високу точність, хорошу взаємозамінність, малий час відгуку та хорошу стабільність параметрів.

Особливості даного датчика:

- точність: 3%
- діапазон вимірювання вологості: 0-100%
- діапазон виміру температури: -40 ~ 85 °С
- діапазон напруги живлення: 2.7-5.5 В
- кількість виводів: 3
- ультранизьке енергоспоживання
- час реакції: 5 с

Вологість відносно вихідної напруги датчика розраховується за такою формулою:

$$\frac{U_{\text{вих}} - 0.1515}{\frac{U_{\text{оп}}}{0.00636}} = H,$$

де $U_{\text{оп}}$ – опорна напруга АЦП (3.3 В)

Вихідна напруга датчика розраховується за формулою:

$$U_{\text{вих}} = \frac{3.3 * \text{АЦП}}{1023}$$

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Підставимо це у попередню формулу і отримаємо:

$$\frac{\frac{3.3 \cdot A_{\text{ЦП}}}{1023 \cdot 3.3} - 0.1515}{0.00636} = H$$

$$\frac{A_{\text{ЦП}}}{6.51} - 23.821 = H$$

Проблема повітропроникності часто виникає у теплицях, оскільки недостатня вентиляція може призводити до поганої якості повітря. Один із ключових факторів, що впливає на якість повітря в теплиці, - це концентрація вуглекислого газу. Для вимірювання вуглекислого газу був обраний датчик S-CO₂ (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Датчик S-CO₂

Особливості даного датчика:

- робочий діапазон : 0... 2 000 ppm CO₂
- діапазон напруги живлення: 0 - 10 В

Оскільки значення опорної напруги АЦП становить 3.3 В, змінний резистор підключений до ділителя напруги, який зменшує 10 В до значення 3.3 В. 3.3 В на входах АЦП відповідає значенню 1023.

Необхідно вивести формулу для розрахунку кількості CO₂ в повітрі. Оскільки максимальне значення цієї кількості в 2000 ppm відповідає 3.3 В, складаємо таку пропорцію:

$$3.3 \text{ В} - 2000 \text{ ppm}$$

$$U_{\text{вих}} - x \text{ ppm}$$

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Кількість CO₂ у ppm відносно вихідної напруги датчика можна виміряти за формулою:

$$x = \frac{U_{\text{вих}} * 2000}{3.3}$$

Вихідна напруга датчика розраховується за формулою:

$$U_{\text{вих}} = \frac{3.3 * \text{АЦП}}{1023}$$

Підставляємо це у попередню формулу і отримуємо:

$$x = \frac{\frac{3.3 * \text{АЦП}}{1023} * 2000}{3.3} = 1.955 * \text{АЦП}$$

Отже, для знаходження значення вуглекислого газу в повітрі необхідно кожен результат з АЦП помножити на коефіцієнт 1.955.

3.2.3 Датчики для вимірювання температури в теплиці

DS18B20 - цифровий датчик температури (рис. 3.5 та рис. 3.6) з багатьма корисними функціями.



Рисунок 3.5 – Датчик температури DS18B20 герметичний

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рисунок 3.6 – Датчик температури DS18B20 цифровий

Насправді, DS18B20 - це цілий мікроконтролер, який може зберігати значення вимірювання, може змінювати точність вимірювання, як взаємодіяти з контролером та багато іншого більше.

Особливості даного датчика:

- Похибка датчика складає 0.5 °C у діапазоні температур від -10 до 85 °C;
- Температура вимірювання: від -55 до 125 °C;
- Напруга живлення від 3.3 до 5 V;
- Інформація передається по протоколу 1-Wire;
- Кожен прилад має свій унікальний номер.

Пам'ять датчика складається із двох частин: SRAM (оперативної) та EEPROM (енергозалежної). Під час запуску датчик перебуває в стані спокою. Для початку вимірювання контролер Arduino виконує команду «перетворення температури». Отриманий результат буде збережений у 2 байтах реєстру температур, після чого датчик повернеться до початкового стану простою. Якщо ланцюг підключений у зовнішньому режимі живлення, мікроконтролер регулює стан перетворення. Під час виконання команди рядок знаходиться в низькому стані, після закінчення програми рядок переходить у високий стан. Цей метод неприпустимий, коли живиться від паразитної ємності, оскільки високий рівень сигналу повинен бути постійним на шині. Обмін інформацією по шині 1-Wire здійснюється для наступних операцій:

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Ініціалізація: Визначення послідовності сигналів, з якої починаються вимірювання та інші операції. Ведучий посилає імпульс скидання, після чого 24 датчик повинен подавати імпульс присутності, щоб вказати, що він готовий виконати операцію. Запис даних: байт даних передається на датчик. Зчитування даних: датчик отримує один байт. Вихід VCC підключається до цифрового виходу на платі, вихід Data підключається до цифрового виходу на платі та вихід GND до відповідного виходу на платі.

Алгоритм отримання інформації про температуру з датчика складається з наступних етапів:

- Визначення адреси датчика та перевірка його з'єднання.
- На датчик надсилається команда з проханням зчитати температуру і ввести вимірне значення в реєстр.
- Видається команда зчитування інформації з реєстру та відправлення отриманого значення на "монітор порту".
- За необхідності дані перетворюються на Цельсій / Фаренгейт.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

4 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

4.1. Функціональна схема автоматизованої системи

Функціональна схема для автоматизованої системи керування мікроклімату теплиць для вирощування печериць може включати наступні компоненти:

1. Датчики:

- Датчики температури: розташовуються в різних зонах теплиці для вимірювання температури повітря і ґрунту.
- Датчики вологості: вимірюють вологість повітря і ґрунту для контролю рівня вологості в теплиці.
- Датчики CO₂: слідкують за рівнем вуглекислого газу для оптимального забезпечення росту грибів.

2. Контролери:

- Контролер температури і вологості: отримує дані від датчиків та здійснює керування системою обігріву, кондиціонування повітря, системою зволоження та системою вентиляції для підтримки необхідних параметрів температури і вологості.
- Контролер CO₂: забезпечує автоматичну регуляцію рівня CO₂ в теплиці шляхом керування вентиляцією та подачею свіжого повітря.

3. Актуатори:

- Система обігріву: може включати електричні обігрівачі або теплові насоси, які забезпечують оптимальну температуру у теплиці.
- Система кондиціонування повітря: використовує вентилятори і фрамуги для забезпечення достатнього обміну

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- Система кондиціонування повітря: використовує вентилятори і кондиціонери для забезпечення достатнього обміну повітря та контролю вологості.
- Система зволоження: може включати установки для туманоутворення для підтримки потрібного рівня вологості в теплиці.
- Система вентиляції: використовує вентилятори або вікна для випуску зайвого повітря та регулювання рівня CO₂.

Ця функціональна схема дозволяє автоматично контролювати і підтримувати оптимальні параметри температури, вологості, CO₂ та освітленості для вирощування печериць у теплиці.

4.2. Опис функцій системи автоматизації

Функціональна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом теплиць для вирощування печериць описує структуру та взаємозв'язок основних компонентів системи. Вона включає датчики для контролю рівня температури, вологості, CO₂ та інших параметрів. Ці датчики передають дані до центральної системи керування, яка може бути представлена, наприклад, потенціометром TIRCA. За допомогою центральної системи керування здійснюється регулювання вентиляційних систем, систем обігріву та системи зволоження для забезпечення оптимальних умов зростання печериць у теплиці.

TE 1a – датчик для контролю температури на вході в теплицю від кліматичної установки.

TE 1б – датчик для контролю температури зовнішнього середовища.

TE 1в – датчик для контролю температури всередині теплиці(верхньої частини), адже тепле повітря підіймається вгору.

ME 1г – датчик для контролю вологості в теплиці.

TIRCA представлений потенціометром на чотири входи, для прийому сигналів з датчиків, який в свою чергу керує всією установкою в цілому.

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

NS 1a – магнітний пускач для відкриття вентиля для подачі в контур опалення з теплопроводу від кліматичної установки.

NS 1б – магнітний пускач для вентилятору, тобто системи виводу повітря зсередини теплиці.

NS 1в - магнітний пускач для системи туманоутворення, яка автоматично керує вентилями в залежності від потреб.

NS 4б - магнітний пускач для первинного перетворювач ПП-16 термомагнітного газоаналізатора ГТМК-18.

QE 4a - термомагнітного газоаналізатора ГТМК-18 для контролю рівня вуглекислого газу.

SE 2a – датчик для вимірювання швидкості вітру ззовні теплиці.

SSA 2б - Універсальний перемикач.

NS 2в- магнітний пускач для автоматичного відкриття і закриття фрамуг.

GC 3б – управляючий елемент для магнітного пускача NS 2в.

GE 3a – датчик положення відкритих і закритих фрамуг(вікон).

Повний варіант структурної схеми зображено в додатку А.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		31

5 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

5.1 Класифікація датчиків

Вимірювальні перетворювачі (датчики) можна класифікувати на 4 основні категорії залежно від типу вхідних та вихідних величин:

- електричних величин в електричні, наприклад, безперервних у часі (аналогових) в переривчасті (дискретні, цифрові);
- неелектричних величин в неелектричні, наприклад, тиск в переміщення жорсткого центра мембрани;
- електричних величин в неелектричні, наприклад, струму у відхилення стрілки приладу;
- неелектричних величин в електричні, наприклад, вологість у напругу.

В розробленому проекті використовуються датчики, які є вимірювальними перетворювачами неелектричних величин в електричні.

За функціональним призначенням датчики (перетворювачі) можна розділити на:

- індикаторні (метрологічні характеристики не нормуються). Датчик видає інформацію про наявність чи відсутність фізичної величини;
- вимірювальні (метрологічні характеристики нормуються);
- комбіновані.

В розробленому проекті використовуються вимірювальні датчики.

За характером зміни вихідного сигналу датчики ділять на дві групи:

- датчики з аналоговим вихідним сигналом, який безперервно змінюється;
- датчики з дискретним (наприклад, імпульсно змінним) вихідним сигналом.

В розробленому проекті використовуються датчики з обох груп (датчики температури мають дискретний вихід, датчики вологості та вуглекислого газу мають аналоговий вихід – напругу) .

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Вибір найбільш оптимального варіанту структурної схеми

Для забезпечення ефективного управління системою необхідно мати компонент, який здатний зчитувати та обробляти сигнали та дані, що надходять від датчиків, а також реагувати на них. Одним з таких компонентів є мікроконтролер, який виконує важливу роль посередника між виконавчими компонентами та системою управління.

Розглянемо структурну схему, яка використовує п'ять аналогових датчиків, п'ять операційних підсилювачів, аналоговий комутатор, аналого-цифровий перетворювач (АЦП) та мікроконтролер Intel 8051 (рис. 5.1). Ця схема дозволяє забезпечити точне зчитування та обробку сигналів від датчиків, що вимірюють аналогові величини.



Рисунок 5.1 – Мікроконтролер Intel 8051

Кожен з п'яти аналогових датчиків передає виміряні дані до відповідного операційного підсилювача, який забезпечує посилення сигналу для подальшої обробки. Сигнали з операційних підсилювачів потім поступають до аналогового комутатора, який вибирає один з п'яти вхідних сигналів для подальшого перетворення в цифровий формат.

Цифрові сигнали отримуються шляхом використання АЦП, який перетворює аналогові сигнали на цифровий код, зрозумілий для мікроконтролера. Отримані дані передаються мікроконтролеру Intel 8051, який

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

виконує алгоритми обробки, приймає рішення та керує виконавчими компонентами системи.

Така структурна схема забезпечує надійне та точне управління системою, а використання мікроконтролера Intel 8051 дозволяє забезпечити швидку та ефективну обробку сигналів та управління виконавчими компонентами.

Для забезпечення регулювання кліматичних умов в системі використовуються виконавчі механізми, які активуються в разі відхилення показників від норми. Ці механізми реагують на появу логічної одиниці (5 В) на вихідному порті мікроконтролера (МК). Самі виконавчі механізми працюють від електромережі 220 В змінного струму, тому для їх роботи використовуються елементи силової частини, такі як оптопари і тиристори.

Оптопари використовуються для гальмування сигналу від МК та ізоляції гальмівного сигналу від системи управління. Вони забезпечують електричну ізоляцію між вхідним та вихідним каналами, що дозволяє уникнути спотворення сигналу та забезпечити безпечну роботу системи.

Тиристори використовуються для управління потужними навантаженнями, такими як виконавчі механізми. Вони дозволяють контролювати подачу змінного струму на виконавчий механізм, забезпечуючи його активацію або вимкнення в залежності від сигналу від МК.

Таке поєднання оптопар і тиристорів у системі забезпечує надійне та точне керування виконавчими механізмами з використанням сигналів, що генеруються МК. Це дозволяє забезпечити ефективну роботу системи та підтримувати необхідні кліматичні умови.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Структурна схема системи на базі мікроконтролера Intel 8051 зображена на рис. 5.2.

Умовні позначення структурної схеми на рис. 5.2:

- ДТП – датчик температури повітря;
- ДТГ – датчик температури ґрунту;
- ДВВП – датчик відносної вологості повітря;
- ДВВГ – датчик відносної вологості ґрунту;
- ДВГ – датчик кількості вуглекислого газу;
- ОП – операційний підсилювач;
- АК – аналоговий комутатор;
- АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
- СЧ – елементи силової частини;
- ВМ – виконавчий механізм

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

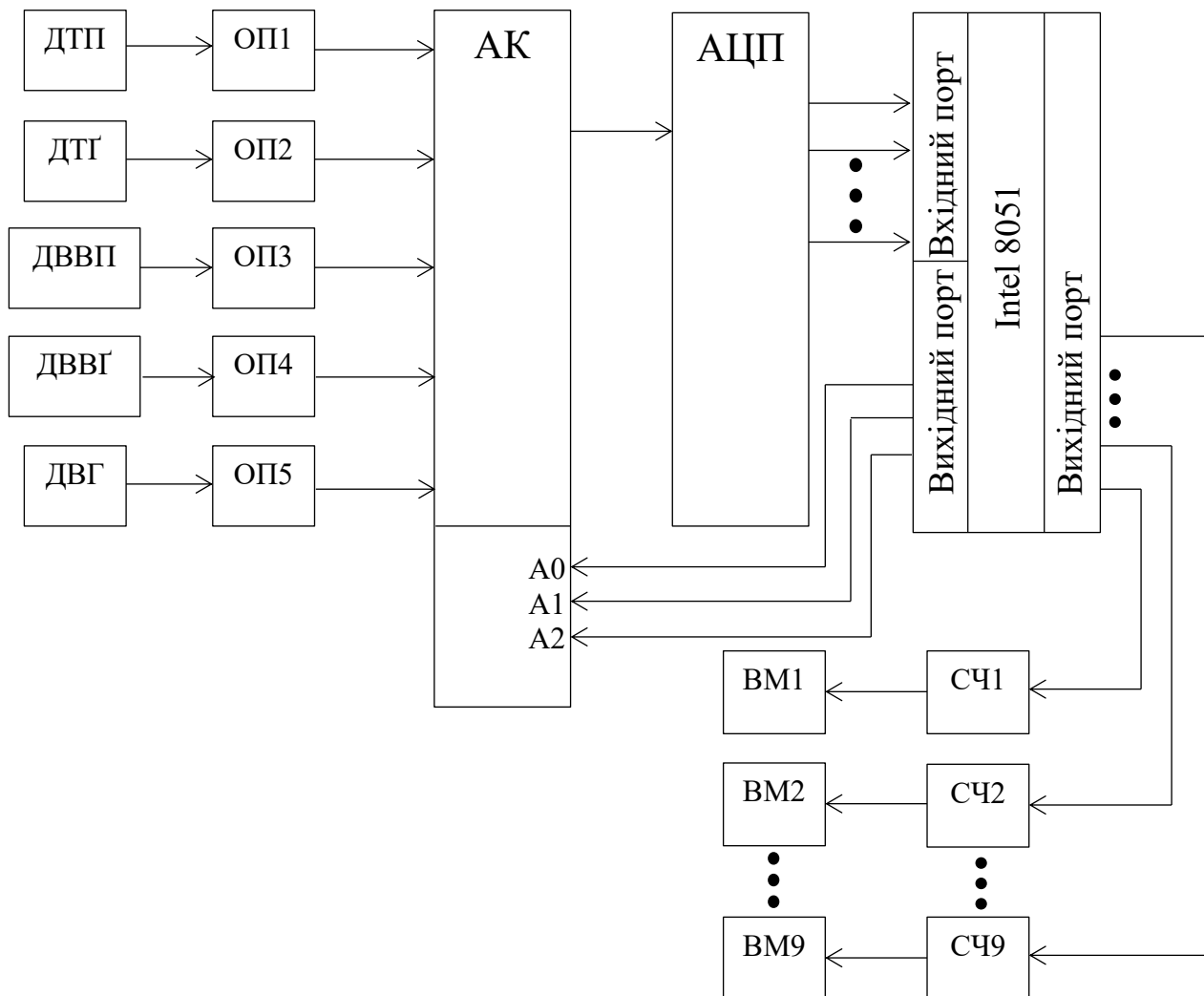


Рисунок 5.2 – Структурна схема системи управління на базі МК Intel 8051

Потужність споживання системи на базі МК Intel 8051 становитиме 1,035 Вт (табл. 5.1), не враховувати потужність споживання датчиків, виконавчих механізмів та елементів силової частини.

Пристрій	Кількість	$P_{\text{спож}}$, мВт	$\Sigma P_{\text{спож}}$, мВт
Intel 8051	1	700	700
АЦП (572ПВ3)	1	20	20
АК (К590КН6)	1	15	15
ОП (К140УД6)	5	60	300
Всього			1035

Таблиця 5.1 – Потужність споживання основних компонентів системи

Також розглянемо структурну схему з використанням одного цифрового датчика, чотирьох аналогових датчиків та МК Atmega324PA (рис. 5.3). Використання аналогового комутатора, АЦП та операційних підсилювачів для датчиків тут не знадобиться, оскільки МК Atmega324PA містить в собі 8-канальний 10-бітний АЦП, опорну напругу на АЦП можна задавати своєю.

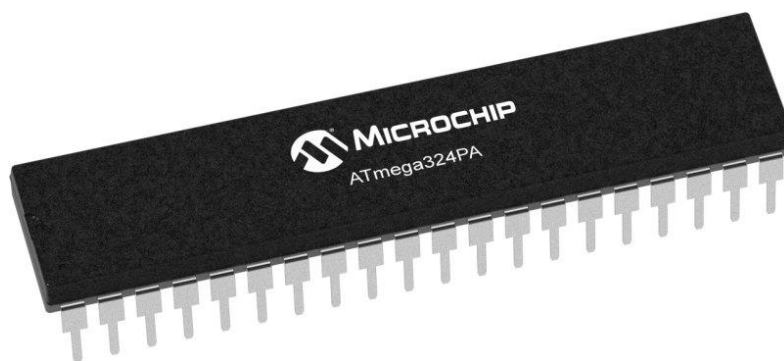


Рисунок 5.3 – Мікроконтролер Atmega324PA

Цифровий сигнал з датчика надходить на цифровий послідовний порт. А аналогові сигнали з чотирьох аналогових датчиків надходять на порт з вбудованим АЦП. Отримані сигнали з вхідних портів обробляються відповідно до програми.

Виконавчі механізми спрацьовують, як тільки якийсь кліматичний показник не відповідає нормі. Вони спрацьовують, якщо на вихідному порті МК з'являється логічна одиниця (5 В). Самі виконавчі механізми працюють від мережі 220 В змінного струму, тому для роботи з ними застосовуються елементи силової частини. Це може бути оптопара і тиристор.

Структурна схема системи на базі мікроконтролера Atmega324PA зображена на рис. 5.4.

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

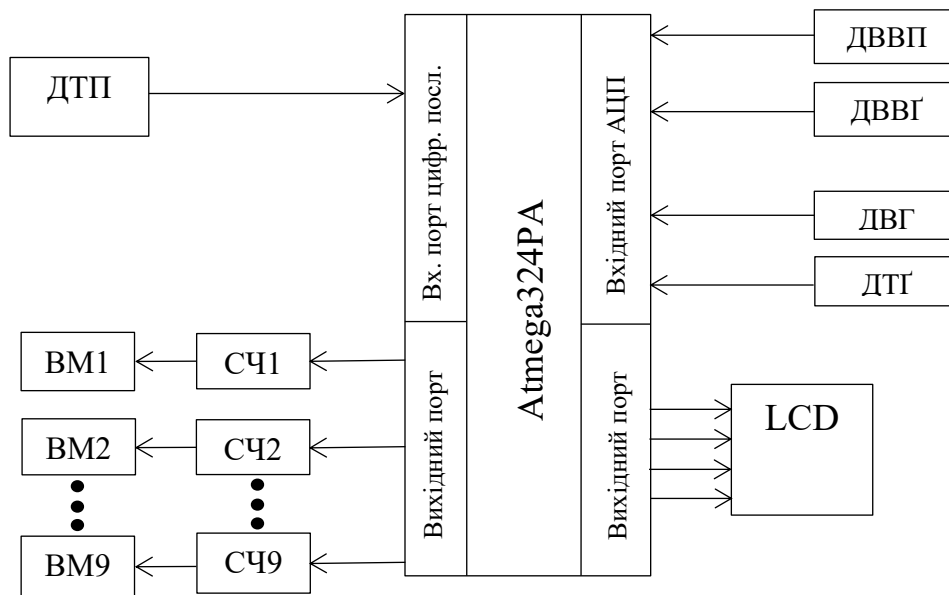


Рисунок 5.4 – Структурна схема системи управління на базі МК Atmega324PA

Якщо не враховувати потужність споживання датчиків, виконавчих механізмів та елементів силової частини, то потужність споживання системи на базі МК Intel 8051 становитиме 67.25 мВт (табл. 5.2).

Пристрій	Кількість	$P_{\text{спож, мВт}}$	$\Sigma P_{\text{спож, мВт}}$
Atmega324PA	1	52.25	52.25
LCD (LM016L)	1	15	15
Всього			67.25

Таблиця 5.2 – Потужність споживання МК та рідкокристалічного дисплею

Порівняно зі схемою на базі МК Intel 8051, схема на базі МК Atmega324PA споживатиме на 967.75 мВт менше. До того ж вона простіша в реалізації. Отже, найбільш оптимальним варіантом для розробки проекту є система, виконана на базі МК Atmega324PA. Саме такий варіант схеми і розглядатиметься надалі.

Повний варіант структурної схеми зображено в додатку Б.

5.3 Обґрунтування вузлів структурної схеми системи

Структурна схема системи управління складається з:

- датчика температури повітря;
- датчика температури ґрунту;
- датчика відносної вологості повітря;
- датчика відносної вологості ґрунту;
- датчика кількості вуглекислого газу в повітрі;
- МК Atmega324РА;
- Ісd-дисплею LM016L;
- виконавчих механізмів;
- елементів силової частини;
- трьох кнопок для виводу потрібної інформації на дисплей;
- джерел постійної напруги

На вхідні порти МК надходять сигнали від п'яти датчиків. В МК відбуватиметься обчислення значень відносної вологості, температури та кількості вуглекислого газу в повітрі за формулами, взятими зі специфікацій до датчиків. Дані про кліматичні умови в теплиці виводитимуться по черзі на Ісd-дисплей. При натисканні на першу кнопку на дисплей виведеться інформація про температуру повітря та ґрунту. При натисканні на другу кнопку – інформація про вологість повітря та ґрунту. При натисканні на третю кнопку – інформація про кількість вуглекислого газу в повітрі.

Як тільки якийсь кліматичний показник не відповідатиме нормі, з вихідного порту МК на елемент силової частини надходитиме логічна одиниця (5 В), тим самим запускаючи виконавчий механізм, який здатний врегулювати цей показник. Якщо значення кліматичного показника знову в нормі, на вихідному порті мікроконтролера з'явиться логічний нуль і виконавчий механізм вимкнеться. Елементи силової частини застосовуються для роботи з виконавчими механізмами, які працюють від напруги 220 В змінного струму.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Для живлення мікроконтролера і датчиків необхідно розробити джерела постійної напруги. Звичайні акумулятори для цього не підійдуть, тому що їх доведеться постійно виймати і заряджати. Джерела постійної напруги також працюватимуть від змінного струму 220 В.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

6 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

Принципова електрична схема є документом проектування, який описує повний набір електричних компонентів та їх взаємозв'язки, а також надає принцип роботи системи. Вона відображає фактичні точки підключення проводів до компонентів і клем контролера, а також відображає їх відносне розташування. Принципові електричні схеми можна використовувати як напрямок при підключенні контролера. Це допомагає зрозуміти структуру системи та забезпечує зручність та ефективність при монтажі та налагодженні електричних компонентів.

6.1 Вибір елементної бази

Існує безліч різних елементних баз, які можуть бути використані в електроніці та програмуванні, залежно від конкретних потреб і застосувань. Ось декілька загальних типів елементних баз:

1. Резистори: Використовуються для контролю опору електричного струму.
2. Конденсатори: Зберігають та випускають електричну енергію в залежності від напруги.
3. Діоди: Електронні пристрої, які дозволяють електричному струму проходити тільки в одному напрямку.
4. Транзистори: Використовуються для підсилення та керування електричним струмом або напругою.
5. Інтегральні мікросхеми: Електронні пристрої, які містять багато компонентів (таких як транзистори, резистори, конденсатори тощо) на одному невеликому чіпі. Їх використовують для виконання різноманітних функцій, від логічних операцій до зберігання даних.

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

6. Оперативна пам'ять (ОЗП): Використовується для тимчасового зберігання даних, які потрібні процесору.
7. Мікроконтролери: Інтегральні мікросхеми, які містять процесор, пам'ять та периферійні пристрої, і використовуються для керування вбудованими системами та мікроконтроллерними пристроями.
8. Сенсори: Електронні пристрої, які дозволяють вимірювати фізичні величини, такі як температура, освітленість, тиск, рух тощо.
9. Кристали: Використовуються для створення стабільних частот сигналів у генераторах та годинах.

Це лише кілька прикладів елементів, які можна зустріти в елементних базах. Вибір конкретних елементів буде залежати від ваших потреб, задачі та технічних вимог.

Транзисторно-транзисторна логіка (TTL) є одним з популярних типів цифрових логічних схем, які базуються на використанні біполярних транзисторів. Вона була розроблена компанією Texas Instruments у 1960-х роках і стала широко використовуваною технологією в електронних пристроях.

Принцип роботи TTL полягає у використанні комбінації транзисторів для створення логічних вентилів, таких як AND, OR, NOT тощо. Кожен вентиль складається з кількох транзисторів, резисторів та конденсаторів. Перевагою TTL є його висока швидкодія та стійкість до шуму, що робить його відповідним для застосувань з вимогами до високої продуктивності.

Однак, TTL також має свої недоліки. Він вимагає високої енергоспоживання, існує обмеження на кількість вентилів, які можуть бути підключені до однієї логічної гілки через втрати напруги і шуми. Крім того, через використання біполярних транзисторів, вхідні опір та вихідні загуби сигналу можуть бути відносно великими.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Незважаючи на ці обмеження, TTL був широко використаний протягом багатьох років і став основою для розвитку інших типів цифрових логічних схем, таких як CMOS (комплементарна метал-оксид-поліпровідникова) логіка, яка пропонує кращу комбінацію продуктивності та енергоефективності.

TTL набула широкого поширення в комп'ютерах, електронних музичних інструментах, а також в контрольно-вимірювальній апаратурі та автоматичній (КВАтаА). Завдяки широкому поширенню TTL вхідні і вихідні ланцюги електронного обладнання часто виконуються сумісними з електричними характеристиками з TTL. Максимальна напруга в схемах з TTL може досягати 24В, однак це призводить до великого рівня паразитного сигналу. Досить низький рівень паразитного сигналу при збереженні достатньої ефективності досягається при напрузі 5В, тому дана цифра і увійшла до технічного регламенту TTL.

Важливість TTL полягає в тому, що TTL-мікросхеми виявилися більш придатні для масового виробництва і при цьому перевершували за параметрами серії мікросхем, які випускалися раніше (резисторно-транзисторна і діод-транзисторна логіка).

Комплементарна логіка на транзисторах метал-оксид-напівпровідник (CMOS) є іншим популярним типом цифрової логічної схеми. CMOS використовується широко в електронних пристроях і має деякі переваги порівняно зі старішими технологіями, такими як TTL.

У CMOS логіці використовуються два типи транзисторів: PMOS (транзистори з позитивним каналом) та NMOS (транзистори з негативним каналом). PMOS використовуються для реалізації логічного рівня "0", а NMOS - для реалізації логічного рівня "1". Коли вхідний сигнал вмикає один тип транзисторів, інший тип транзисторів вмикається, забезпечуючи енергоефективну роботу.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Основні переваги CMOS логіки включають низьке споживання енергії, високу швидкодію, малий розмір, меншу спрацьовувану енергію та більшу мініатюризацію пристроїв. Крім того, CMOS схеми мають низький споживання енергії при неактивному стані, що робить їх ефективними для мобільних пристроїв та батарейних джерел живлення.

Однак, CMOS також має свої обмеження. Він може бути чутливим до електростатичного розряду (ESD) і вимагає дотримання певних правил охорони від ESD. Крім того, CMOS логіка може страждати від споживання потужності під час переключення станів.

Загалом, CMOS є широко застосовуваною технологією в сучасних інтегральних схемах, таких як мікроконтролери, мікропроцесори, FPGA, пам'ять і багато іншого, завдяки своїм перевагам в продуктивності та енергоефективності.

Діодно-транзисторна логіка (ДТЛ) є одним з раніших типів цифрових логічних схем і використовується для реалізації простих логічних функцій. У ДТЛ логіці використовуються діоди та транзистори для створення логічних вентилів та логічних елементів.

Принцип роботи ДТЛ полягає у використанні діодів для визначення логічного рівня "1" або "0" та транзисторів для підсилення сигналу. Коли вхідний сигнал активує діод, це встановлює високий рівень в вході транзистора, що призводить до виходу низького рівня. У зворотньому випадку, якщо діод не активований, вихідний сигнал буде високим рівнем.

Переваги ДТЛ включають простоту конструкції, низьку вартість та низьке споживання енергії. Однак вона має обмеження на швидкодію та кількість вентилів, які можуть бути підключені до однієї логічної гілки через втрати напруги та шуми. Також, ДТЛ споживає більше енергії порівняно з більш сучасними технологіями, такими як CMOS.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Зараз ДТЛ логіка використовується рідко в сучасних електронних пристроях, оскільки більш ефективні технології, такі як CMOS, забезпечують кращу продуктивність та енергоефективність.

Тому, для реалізації принципової електричної схеми будемо використовувати елементи серії CMOS.

6.2 Вибір мікроконтролера

ATmega324PA - це мікроконтролер з 8-бітною архітектурою CMOS AVR, розроблений компанією Microchip Technology.

Ось деякі основні характеристики ATmega324PA:

1. Частота роботи: Мікроконтролер може працювати на частоті до 20 МГц. Його можна налаштувати на використання внутрішнього кварцевого резонатора або зовнішнього тактового генератора.
2. Пам'ять: ATmega324PA має наступну пам'ять:
 - 32 КБ флеш-пам'яті для зберігання програмного коду.
 - 2 КБ оперативної пам'яті (SRAM) для тимчасового зберігання даних.
 - 1 КБ EEPROM (електрично стирає програмувана пам'ять) для довгострокового зберігання даних.
 - Внутрішній 1 КБ EEPROM-буфер для швидкого зчитування/запису даних.
3. GPIO: Мікроконтролер має 32 програмовані вхідно-вихідні порти (GPIO), які можуть використовуватися для підключення та управління зовнішніми пристроями.
4. Периферійні пристрої: ATmega324PA включає в себе різні периферійні пристрої, такі як таймери/лічильники, аналого-цифрові перетворювачі (ADC), інтерфейси USART, SPI і I2C, PWM-канали та інші.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

5. Комунікаційні інтерфейси: Мікроконтролер підтримує різні комунікаційні інтерфейси, включаючи USART (універсальний асинхронний/синхронний передавач-приймач), SPI (послідовний периферійний інтерфейс) та I2C (шину зв'язку між інтегральними схемами).
6. Напруга живлення: Мікроконтролер працює в діапазоні напруги від 1,8 В до 5,5 В, що дозволяє йому суміщатися з різними джерелами живлення.
7. Захисні функції: ATmega324PA має захист від зворотної полярності та захист від високого рівня статичного розряду, що забезпечує додаткову надійність при роботі.

На рис. 6.1 зображено виводи Atmega324PA.

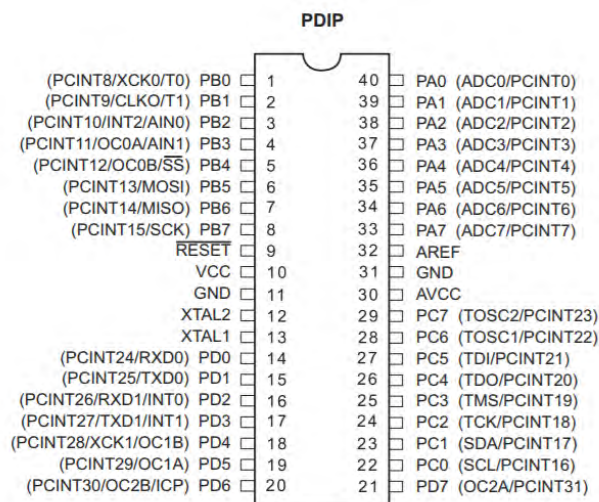


Рисунок 6.1 – Виводи Atmega324PA

Порт А має вбудований 10-бітний 8-канальний АЦП, тому до цього порту будуть підключені датчики з аналоговими виходами. Дисплей буде під'єднано до порту С. До порту В та до порту D.5 будуть під'єднані виконуючі пристрої. До послідовного входу D.0 підключатимуться датчики з цифровим послідовним виходом. До виводів порту D (1, 2 і 3) будуть під'єднані кнопки.

6.3 Розробка електричної схеми

Одним із способів розробки електричної принципової схеми для теплиці з датчиками DS18B20, НІН-5030, UMDK-SOIL, S-CO2 та мікроконтролером АТmega324РА та дисплеєм LM016L є наступний підхід:

1. Підключення датчиків:

- DS18B20: Підключити VCC до живлення (наприклад, +5В), GND до землі, а вихідний пін датчика підключити до одного з вхідних пінів АТmega324РА.
- НІН-5030: Підключити VCC до живлення, GND до землі, а вихідні піни датчика підключити до двох аналогових вхідних пінів АТmega324РА.
- UMDK-SOIL: Підключити VCC до живлення, GND до землі, а вихідні піни датчика підключити до аналогового вхідного піна АТmega324РА.
- S-CO2: Підключити VCC до живлення, GND до землі, а вихідні піни датчика підключити до аналогового вхідного піна АТmega324РА.

2. Підключення дисплею LM016L:

- Підключити піни VCC та GND дисплею до відповідних живлення та землі.
- Підключити піни RS, RW та E до цифрових вихідних пінів АТmega324РА.
- Підключити піни D0-D7 дисплею до цифрових вихідних пінів АТmega324РА. Зазвичай використовуються лише піни D4-D7 для режиму 4-бітного передавання.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3. Налаштування мікроконтролера ATmega324PA:

- Налаштувати вхідні піни для датчиків (аналогові або цифрові) відповідно до підключення.
- Налаштувати вихідні піни для дисплею відповідно до підключення.

Джерела постійної напруги необхідні для живлення датчиків та мікроконтролера. Оскільки схема має працювати безперервно, недопустимо використовувати в якості джерел постійної напруги звичайні батарейки чи акумулятори.

Отже, для живлення МК з датчиками необхідно розробити джерела постійної напруги із такими значеннями:

- 5 В – для МК, LCD, кнопок та датчиків DS18B20 і UMDK-SOIL;
- 3.3 В – для датчика НІН-5030, опорна напруга АЦП, живлення АЦП;
- 12 В – для датчика S-CO₂.

Джерело постійної напруги складається з:

- джерела змінного струму 220 В, 50 Гц;
- трансформатора;
- діодного мосту;
- стабілізатора напруги

Трансформатор (рис. 6.2) складається з магнітопроводу та двох обмоток - первинної і вторинної. Первинна обмотка (1) приймає вхідну напругу, тоді як вторинна обмотка (2) забезпечує вихідну напругу.

Принцип роботи трансформатора базується на електромагнітній індукції. Коли вхідна напруга подається на первинну обмотку, вона створює змінне магнітне поле в магнітопроводі. Це змінне магнітне поле індукує змінну напругу в другій обмотці (вторинній обмотці) за законом електромагнітної індукції

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Фарадея. Залежно від співвідношення кількості витків в первинній та вторинній обмотках, можна досягти зміни або підвищення напруги.

Важливою рисою трансформатора є те, що частота напруги зберігається при перетворенні. Це означає, що якщо вхідна напруга має певну частоту, то вихідна напруга також матиме ту саму частоту.

Таким чином, трансформатор використовує електромагнітну індукцію для зміни або підвищення напруги, зберігаючи при цьому частоту. Це дозволяє ефективно передавати електричну енергію та забезпечує широке застосування трансформаторів у різних галузях, включаючи електроенергетику, електроніку та комунікації.

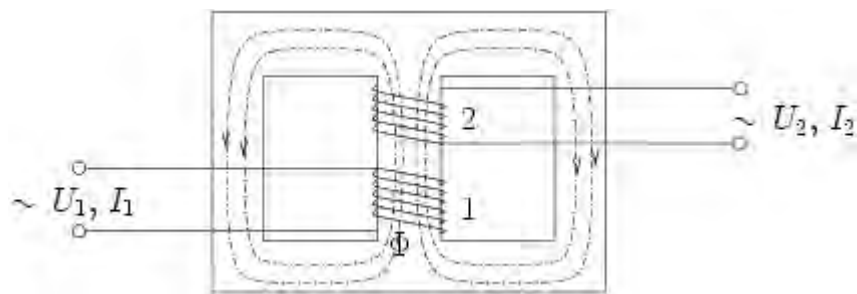


Рисунок 6.2 – Схематична будова трансформатора

Діодний міст (рис. 6.3), є електричною схемою, яка використовується для випрямлення змінного струму. Він складається з чотирьох діодів, розташованих у спеціальній конфігурації.

Головна функція діодного моста полягає в перетворенні змінного струму на постійний струм.

					ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

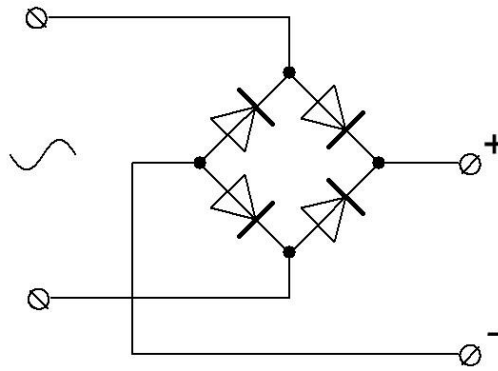


Рисунок 6.3 – Схема діодного моста

Змінний струм, який може мати будь-яку форму хвилі, вводиться на вхід моста. Кожний з чотирьох діодів діє як клапан, пропускаючи струм у тільки одному напрямку. Це дозволяє перетворити положну полуперіоду змінного струму в постійний струм.

У результаті роботи діодного моста на виході отримується пульсуючий постійний струм (DC), який має серію пульсацій або розрядів, що відповідають положним півхвилям змінного струму.

Це можна побачити на рис. 6.4

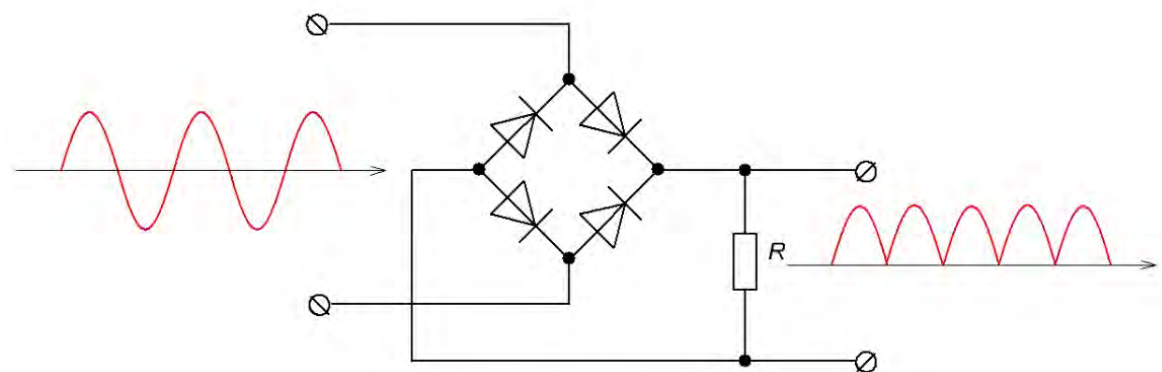


Рисунок 6.4 – Принцип роботи діодного моста

Після діодного моста має бути конденсатор, для того, щоб вирівняти пульсуючий струм.

Стабілізатор напруги (див. 6.5) – це електронний пристрій, який використовується для забезпечення стабільної вихідної напруги змінного або постійного струму. Він призначений для захисту споживачів від коливань напруги у електромережі.

Являє собою дільник напруги, на вхід якого (2) подається вхідна (нестабільна) напруга, а вихідна (стабілізована) напруга знімається з виходу (3). Стабілізація здійснюється шляхом зміни опору одного з плечей дільника: опір постійно підтримується таким, щоб напруга на виході стабілізатора знаходилася у встановлених межах.

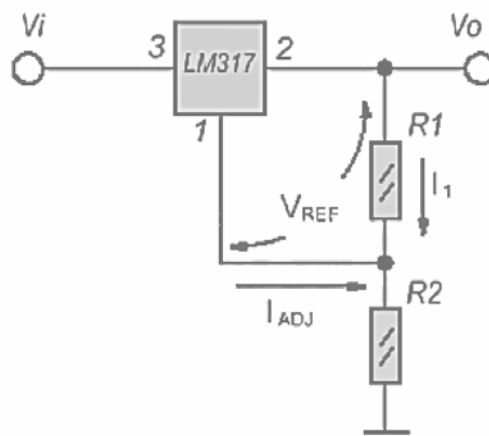


Рисунок 6.5 – Схема стабілізатора напруги

В нашому випадку була обрана мікросхема LM317K в ролі лінійного стабілізатора напруги. Технічні характеристики для LM317K:

1. Вхідний діапазон напруги: зазвичай до 40 В.
2. Вихідна напруга: від 1,25 В до 37 В (залежно від конфігурації).
3. Максимальний вихідний струм: до 1,5 А.
4. Вихідна точність напруги: зазвичай $\pm 2\%$.
5. Максимальна втрата напруги (dropout voltage): зазвичай близько 2,5 В при максимальному вихідному струмі.
6. Температурний діапазон: зазвичай від 0°C до 125°C.
7. Вбудований захист від перевантаження та перегрівання.

Це загальна електрична схема для джерела постійної напруги для датчиків, кнопок та МК.

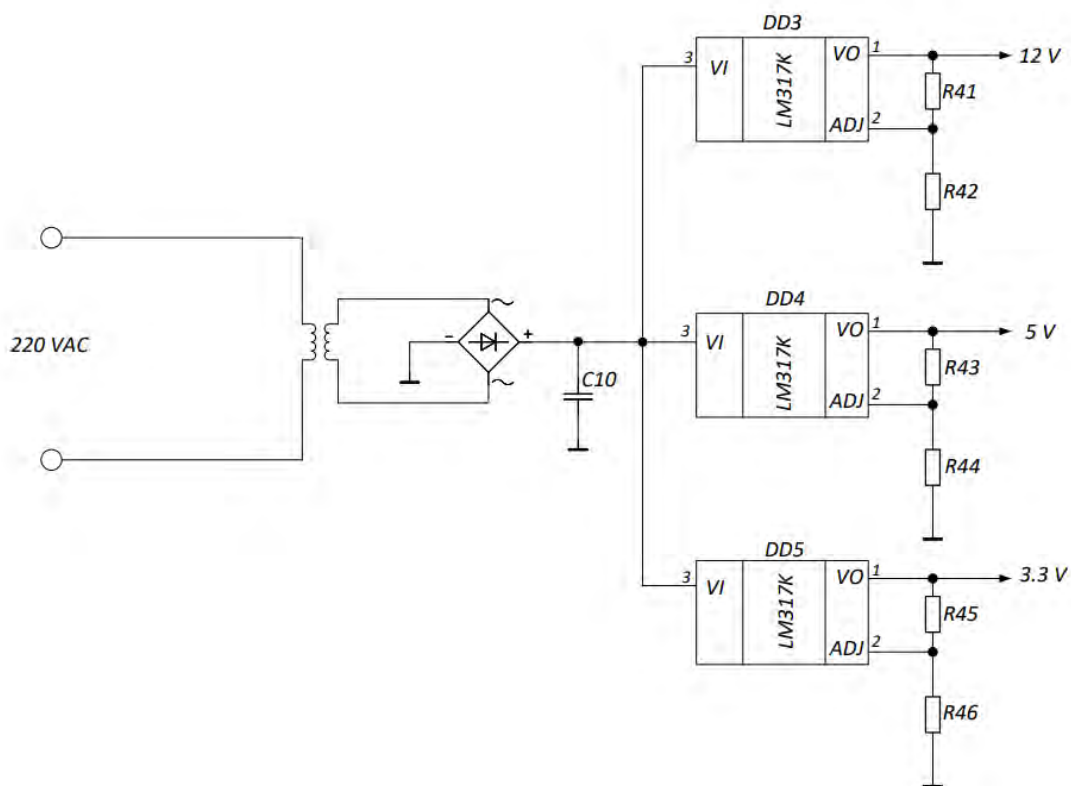


Рисунок 6.6 – Джерела постійної напруги для датчиків, кнопок та МК

Оптосимістори належать до класу оптронів і забезпечують дуже хорошу гальванічну розв'язку (порядку 7500 В) між керуючим ланцюгом і навантаженням. Ці радіоелементи складаються з інфрачервоного світлодіода, з'єднаного за допомогою оптичного каналу з двонаправленим кремнієвим симістором. Останній може бути доповнений відпираючою схемою, яка спрацьовує при переході через нуль напруги живлення. Ці радіоелементи особливо незамінні при управлінні більш потужними симісторами, наприклад при реалізації реле високої напруги або великої потужності. Подібні оптопары були задумані для здійснення зв'язку між логічними схемами з малими рівнями напруг і навантаженням, що живиться мережевою напругою 220 В.

Оптосимістор МOC3041 розміщується в малогабаритному DIP-корпусі з шістьма виводами, його внутрішня структура показані на рис. 6.7.

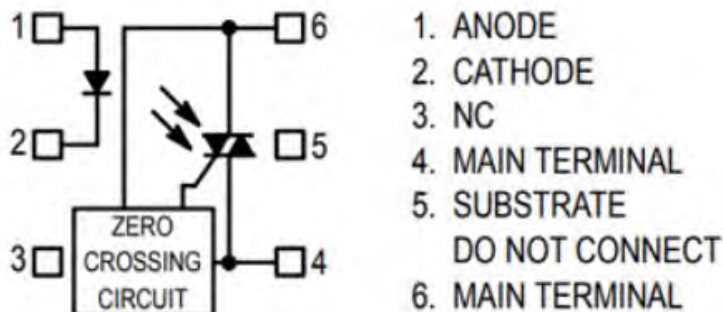


Рисунок 6.7 – Внутрішня структура МOC3041

Технічні характеристики МOC3041:

- пряма напруга – 1.5 В;
- обернена напруга – 6 В;
- максимально допустимий струм через світлодіод в безперервному режимі – не більше 60мА;
- струм через світлодіод, що відкриває прилад – 15 мА;
- напруга ізоляції – 7,5 кВ;
- максимальна вихідна напруга – 400 В;
- повна розсіювальна потужність – 250 мВт.

У разі якщо в керованому навантаженні є індуктивна складова, то необхідно застосовувати схему підключення з захистом силового симістора і оптосимістора.

Сигнал, що надходить від оптосимістора на керуючий електрод симістора, потрібен тільки для його відкривання. Але при великій частоті перемикання комутованої напруги виникає велика ймовірність спонтанного включення керованого симістора, навіть якщо відсутній сигнал управління.

Факторами помилкових спрацьовувань можуть бути викиди напруги при включенні ключа, підключеного до індуктивного навантаження, імпульсні перешкоди в лініях живлення навантаження. Дієвий спосіб усунення даних неприємних моментів - застосування в схемі снаберного (демпфуючого) RC - ланцюжка, який підключається паралельно до виходу ключового блоку (рис. 6.8).

Конденсатор в снаберному RC-ланцюжку - металоплівковий з номіналом від 0,01 до 0,1 мкФ, опір резистора становить 20...500 Ом. Дані параметри елементів необхідно розглядати виключно як приблизні величини .

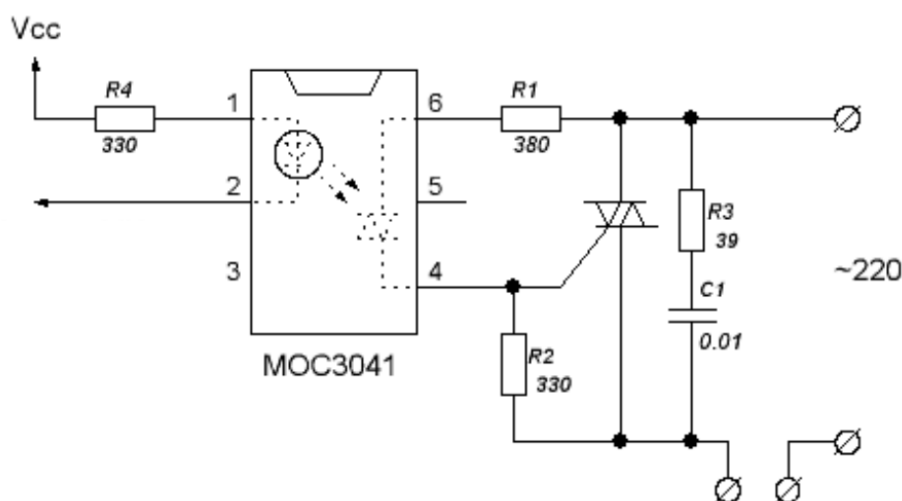


Рисунок 6.8 – Схема підключення MOC3041

До 1 входу MOC3041 (анод) підключатиметься порт МК, а другий вхід (катод) буде підключено до землі. Необхідно розрахувати резистор R_{in} .

Максимальна напруга з порту МК становить 5 В. Максимально допустимий струм через світлодіод в безперервному режимі – не більше 60мА. Нехай він дорівнює 20 мА. Тоді опір R_{in} становитиме:

$$R_{in} = \frac{5 \text{ В}}{0.02 \text{ А}} = 250 \text{ Ом}$$

Електрична принципова схема АСУ управління процесом вирощування печериць зображена в додатку В, перелік елементів – в додатку Г.

6.4 Розрахунок потужності споживання системи

Розрахуємо сумарну потужність споживання МК, датчиків, LCD та елементів силової частини. Результати розрахунків зведені до таблиці 5.1.

№	Прилад	Потужність споживання	Кількість	Потужність споживання, мВт
1.	Atmega324PA	52,25	1	52,25
2.	LCD (LM016L)	15	1	15
3.	DS18b20	7,5	1	7,5
4.	НІН-5030	1,65	1	1,65
5.	S-CO2	1140	1	1140
6.	UMDK-SOIL	5	1	5
7.	МОС3041	250	9	2250
Всього:				3771,4

Таблиця 6.1 – Сумарна потужність споживання системи

Отже, сумарна потужність споживання системи складає приблизно 3,8 Вт.

ВИСНОВКИ

Під час розробки автоматизованої системи керування процесом вирощування печериць було використано різноманітні компоненти для забезпечення ефективного функціонування. Для вимірювання температури повітря був використаний цифровий датчик DS18B20. Для вимірювання відносної вологості повітря був використаний аналоговий датчик HIH5030. Також, для визначення кількості вуглекислого газу в повітрі був використаний датчик S-CO2. Для вимірювання відносної вологості ґрунту та температури ґрунту при поверхні використовувався датчик UMDK-SOIL.

У якості блоку управління був обраний мікроконтролер фірми Atmel, конкретно модель Atmega324PA. Цей мікроконтролер забезпечує надійну та точну роботу системи, дозволяючи керувати різними процесами вирощування печериць.

Таким чином, шляхом використання цифрових та аналогових датчиків для вимірювання різних параметрів навколишнього середовища, разом з мікроконтролером Atmel Atmega324PA я була розроблена автоматизована система управління процесом вирощування печериць.

В якості основи для розробки була використана інноваційна технологія CMOS (комплементарна метал-оксид-напівпровідникова логіка), яка забезпечує низьке енергоспоживання, високу стійкість до електромагнітних перешкод та значну швидкодію. Багато сучасних мікросхем і мікроконтролерів виготовляються саме з використанням CMOS-технології.

Для всіх аналогових датчиків виведені формули розрахунку кліматичних показників. При виведенні формул було враховано розрядність АЦП, опорну напругу АЦП, графіки та формули з технічних документів датчиків.

При проведенні розрахунків сумарної потужності споживання системи було встановлено, що власна автоматизована система управління (АСУ) процесом вирощування печериць у теплиці буде споживати приблизно 3,8 Вт

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

енергії, без урахування споживання виконавчих механізмів, які споживають значно більше електроенергії у сотні разів.

Основною метою даної розробки АСУ є максимальне зменшення необхідності людського втручання в технологічному процесі. Усі ключові етапи (вимірювання кліматичних показників, їх порівняння з нормативами, активація та вимикання виконавчих механізмів) здійснюються за допомогою спеціалізованих датчиків та програмованого мікроконтролера. Людям залишається тільки підготувати компост та покривальну поверхню для вирощування грибів (наприклад, добриво, міцелій), що вже є окремими складними процесами, а також збирати готовий урожай.

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Як здійснюється автоматизація теплиць промислового та дачного типу [Електронний ресурс] URL : <https://oteplicah.com/kommunikacii/113-avtomatizaciya-teplic> .
2. Морозов А. І. Вирощування печериць / А. І. Морозов. - М.: ТОВ «Видавництво АСТ», Донецьк: «Сталкер», 2001.
3. Обладнання для вирощування печериць: детальний огляд агрегатів [Електронний ресурс] URL : <https://svoimi-rykami.ru/uchastok/rassada/oborudovanie-dlya-vyrashhivaniya-shampinonov-podrobnyj-obzor-mexanizaciya-processov-pravila-ispolzovaniya-agregatov.html> .
4. Корнійчук А. І. Проектування пристроїв та систем управління. Курсове проектування : Навч. посібник для студ. / А. І. Корнійчук; Житомирський державний технологічний університет. – Житомир : ЖДТУ, 2004.
5. Датчик відносної вологості НІН-5030 [Електронний ресурс] URL: <https://www.tme.eu/Document/20d790489a1f59cc156466cf8838fef6/НІН-5031.pdf> .
6. Датчик S-CO2 [Електронний ресурс] URL: https://meacom.ru/docs/S-CO2_specification.pdf .
7. Датчики: Довідковий посібник / В. М. Шарапов, Є. С. Поліщук, Н. Д. Кошовий, Г. Г. Ішанін, І. Г. Мінаєв, А. С. Совлуков / За ред. В. М. Шарапова, Є. С. Поліщука. - М.: Техносфера, 2012.
8. Датчик температури DS18B20 цифровий [Електронний ресурс] URL: <https://www.mini-tech.com.ua/datchik-temperature-ds18b20> .
9. Проектування та виготовлення розумної теплиці с Наглядний контроль параметрів навколишнього середовища / Ю. Алавіян, Н. Агасієдабдолла, М.Садафі, А. Яздізаде. // Іранська конференція з обробки

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

сигналів та інтелектуальних систем (ICSPIS).

10. Оптосимістор МOC3041 [Електронний ресурс] URL:

<https://components101.com/ics/moc3041-zero-cross-triac-driven-optoisolator> .

11. Трансформатор [Електронний ресурс] URL:

https://studopedia.com.ua/1_162951_teoretichni-vidomosti.html .

12. Дисплей LM016L [Електронний ресурс] URL:

<http://wiki.amperka.ru/products:display-lcd-text-16x2> .

13. Навчання: Датчик вологості та температури ґрунту [Електронний ресурс]

URL :

https://wiki.agrogenz.ru/index.php/Обучение:Датчик_влажности_и_температуры_почвы .

14. Автоматизація теплиць для вирощування грибів [Електронний ресурс]

URL : <http://um.co.ua/8/8-17/8-17663.html> .

15. Принцип роботи діодного моста [Електронний ресурс] URL:

<https://corelamps.com/elektronika/diodnyi-mist/> .

16. Діодний міст [Електронний ресурс] URL:

<https://www.ruselectronic.com/diodnyj-most/> .

					<i>ДП.ПМ-п01.03.1760.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59