

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису Недорезов Денис Андрійович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування оптимізації системи керування параметрами мікроклімату
теплиці на базі мікроконтролера

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Недорезов Д. А.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Старший викладач Голубенко А.А.,
Консультант
Гончаренко Ю.П.
к.т.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Недорезов Д. А. Обґрунтування оптимізації системи керування параметрами мікроклімату теплиці на базі мікроконтролера. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Ця робота присвячена обґрунтуванню необхідності та ефективності оптимізації системи керування параметрами мікроклімату в теплицях за допомогою мікроконтролерів. У зв'язку з постійним зростанням інтересу до сільськогосподарської продукції та зменшенням доступної земельної площі, ефективне використання тепличних умов стає критичним для забезпечення стабільного виробництва. В даній роботі будуть розглянуті основні проблеми, що виникають у керуванні мікрокліматом у теплицях, а також надано методіку оптимізації цього процесу за допомогою мікроконтролерів. Використання сучасних технологій дозволить підвищити ефективність роботи теплиць, забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин і знижуючи витрати на енергозабезпечення.

Ключові слова: мікроконтролер, теплиця, параметри мікроклімату, система управління.

SUMMARY

Nederozov D. A. Justification of optimization of the greenhouse microclimate parameter control system based on microcontrol. Qualifying work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

This work is dedicated to substantiating the necessity and effectiveness of optimizing the control system for microclimate parameters in greenhouses using microcontrollers. With the increasing interest in agricultural production and the decreasing availability of land, efficient utilization of greenhouse conditions becomes critical for ensuring stable production. This paper will address the main challenges encountered in microclimate control in greenhouses and provide a methodology for optimizing this process using microcontrollers. Leveraging modern technologies will enhance the efficiency of greenhouse operations, providing optimal conditions for plant growth and reducing energy costs.

Key words: microcontroller, greenhouse, microclimate parameters, control system.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ВИМОГИ ДО СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ	6
1.1. Вимоги до систем автоматизації	6
1.2. Параметри мікроклімату, що контролюються	6
1.3. Чинники, що впливають на функціонування системи	7
Висновки по розділу 1.	9
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ КЕРОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ	10
2.1. Взаємодія керованого середовища та контролера	10
2.2. Принцип роботи СА на базі мікроконтролера	11
2.3. Основні технічні вимоги до створення фізичної моделі системи управління мікрокліматом на базі контролера	12
Висновки по розділу 2	13
РОЗДІЛ 3. ВИБІР КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА	14
3.1. Технічні складові системи управління мікрокліматом на базі контролера	14
3.2. Рекомендації по вибору датчиків, актуаторів та схеми їх розташування	18
3.3. Розробка алгоритму управління параметрами мікроклімату	24
3.4. Система автоматизації з розробленим контролером	25
3.5. Переваги, слабкі місця та перспективи розвитку розробленої системи	26
Висновки по розділу 3	29
ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31

ВСТУП

Сучасні системи автоматизації рухаються в напрямку вдосконалення моніторингу, використання датчиків IoT, тобто прийом параметрів через мережу інтернет, створення та використання серверів, збільшення енергоефективності, та максимізації можливостей систем.

Максимізація, тобто збільшення контрольованих параметрів, збільшення функцій які може виконувати система автоматизації, за для зменшення кількості персоналу, для уникнення проблем, які прийнято називати «Людським фактором». Системи автоматизації сьогодення впритул наблизились до використання штучного інтелекту, нейромереж та роботизації процесів які протікають під час циклу вирощування різних культур.

Щоб впроваджувати нові технології, потрібні великі витрати. Для малих тепличних господарств недоцільно буде використовувати більшість таких систем через їх вартість, тому гостро стоїть потреба в створенні та реалізації продукту, який економічно міг би перевершити продукти які наявні на ринку, та мати можливість впровадження в свою роботу сучасні методи управління мікрокліматом.

Метою роботи є створення системи автоматизації підтримки мікроклімату в теплицях яка в економічно-функціональному плані зможе перевершити існуючі. Це важливо для суспільства, так як це напряду вплине на вартість овочів протягом всього року, на експорт вирощеної продукції та на рівень життя в цілому.

Методи які були задіяні при розробці контролера для цієї системи автоматизації:

1. Аналіз вимог, які висуває тепличне господарство.
2. Підбір технічних складових. Hardware розробка..
3. Розробка алгоритму управління.
4. Порівняння системи з наявними на ринку.

Практичне значення: Створено підґрунтя для системи автоматизації параметрами мікроклімату тепличного комплексу.

Апробація роботи: наукові публікації автора за темою дослідження:

Тези доповіді на тему «Розробка алгоритму управління параметрами мікроклімату» Недорезов Д.А., Червоток О.О. // Збірка тез наукової конференції «Студентські читання-2024».

Тези доповіді на тему «Принцип роботи системи автоматизації тепличного комплексу на базі мікроконтролера та вимоги до неї» Недорезов Д.А. // Збірка тез наукової конференції «Студентські читання-2024».

Структура та обсяг роботи: Робота містить анотацію, вступ, три розділи, висновки, література. Обсяг 32 сторінок А4 друкованого тексту.

РОЗДІЛ 1. ВИМОГИ ДО СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ

1.1. Вимоги до систем автоматизації

Сучасні теплиці мають потреби та вимоги до систем автоматизації (далі СА). Сучасні системи мають дотримуватись головних вимог, таких як:

- Функціональність
- Надійність
- Ефективність
- Вартість

Ці вимоги є базовими для систем автоматизації будь якого призначення, так як основний вибір системи здійснюється за ними.

1.2. Параметри мікроклімату, що контролюються

Окрім вимог до систем автоматизації, в різних тепличних комплексах, залежно від культури будуть, використовують різні технології вирощування з різними параметрами.

Раніше ці параметри формувались протягом еволюції та зміни поколінь культур, в сучасному світі ці параметри змінюють за допомогою селекції. Створюються нові культури які потребують інших параметрів. Тобто параметри мають постійну потребу в зміні залежно від культур.

Нижче самі параметри:

- Температура яка найбільш оптимальна для вирощування продукції
- Вміст поживних речовин в середовищі (залежить від типу вирощування)
- Вологість повітря
- Вологість ґрунту
- Вміст CO₂ в повітрі
- Освітленість

- Режим освітлення

Знову ж, залежно від технології, від культури значення цих параметрів будуть різними. Здійснивши певний аналіз більшості технологій можна знайти межі варіювання керованих величин. Діапазон величин вказано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Перелік керованих параметрів мікроклімату в тепличних комплексах

№	Назва параметру	Спосіб контролю	Значення
1	Температура повітря	Отоплення	11-27°C
2	Вологість повітря	Вентиляція, полив, туманостворювачі, отоплення	40-75%
3	CO ₂	Вентиляція, штучне підмішування в повітря	500–600 ppm.
4	Температура землі	Отоплення, мульчування	10-25°C
5	Вологість землі	Полив	75-85%
6	Освітленість	Регулювання потужності	0-3000 люкс
7	Режим освітлення	Задання періодичності ввімкнення освітлення	7-15 годин
8	pH	Підмішування регуляторів	6.0 - 7.5

Ці значення потрібно врахувати при створенні СА, щоб збільшити гнучкість налаштування, та тим самим збільшити кількість культур які можна буде виростити.

1.3. Чинники, що впливають на функціонування системи

Також крім вимог велику роль грають чинники різного походження які потрібно врахувати при розробці. Чинники можуть бути зовнішні та конструктивні, тобто ті які з'являються залежно від конструкції теплиці.

Для початку варто розглянути зовнішні, так як вони стосуються всіх тепличних господарств регіону та мають найбільший вплив:

Першим зовнішнім чинником є *кліматичний*, він встановлює з собою температуру, вологість, опади, кут падіння сонячного світла та тривалість його падіння, вміст CO₂ в повітрі.

Всі ці фактори вносять свої корективи на весь процес автоматизації, так як всі мають вплив на мікроклімат. Кліматичний чинник змінюється протягом сотень років в зв'язку з збільшенням парникових газів, таненням льодовиків вирубкою лісів. Час за який відбуваються зміни в цьому чиннику більший за термін життя теплиці, тому можна враховувати його як постійний.

Другим чинником є *сезонний*, він встановлює зміни протягом року, від холодної до теплої. Протягом року також змінюються такі параметри як тип опадів, кількість опадів, температура опадів, температура повітря, вологість повітря, тривалість світлового дня.

Узагальнено чинники на рисунку 1.1.

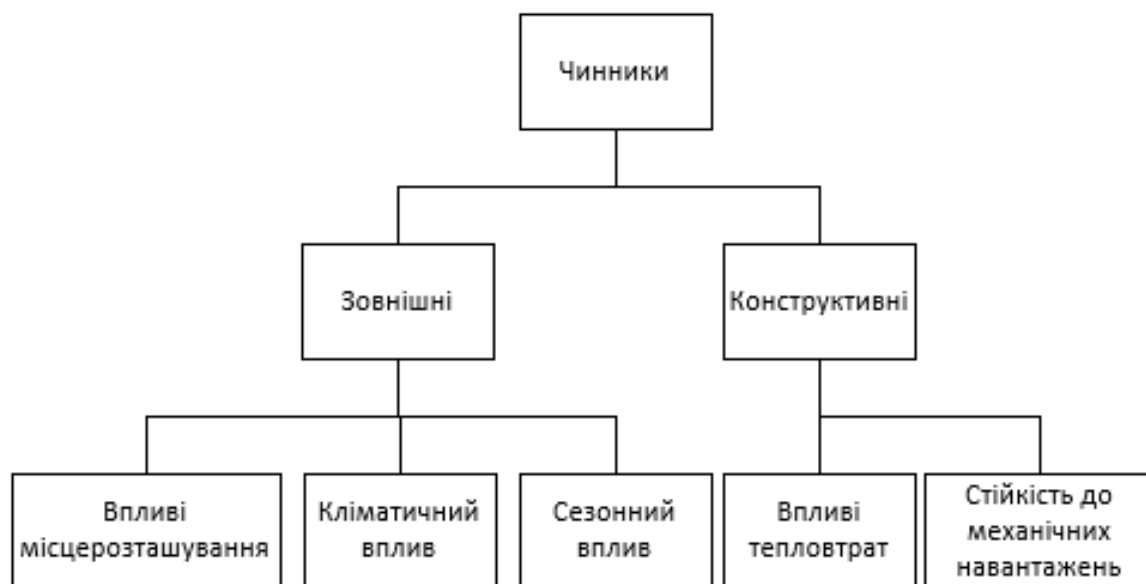


Рис. 1.1. Чинники які потрібно врахувати в роботі

Також вплив може мати локація, чи вона нижче чи вище чим середня висота регіону, також чи є поряд водойма. В певні пори року та в певний час доби

температура та вологість в впадинах з водоймами буде різнитись від середньої температури регіону.

Конструктивні чинники - це ті які задає конструкція, а саме:

- Конструктивні навантаження;
- Тепловтрати;

Межі навантаження на певний конструктивний елемент, тобто наприклад балка на яку можна встановити якесь обладнання має певну межу по утриманні маси, понад яку переходити не рекомендується.

Тепловтрати є важливим фактором, який впливає на параметри мікроклімату теплиці, такі як температура повітря, ґрунту, вологість. Найбільшу проблему представляють тепловтрати через високу неоднорідність. Таким чином в різних зонах теплиці перепади температури можуть досягати десятка градусів, що є критичним для багатьох культур.

Тепловтрати залежать від матеріалу з якого стінки теплиці, та від заглиблення теплиці. Стінки можуть бути зроблені з одного чи двох шарів поліетиленової плівки, з полікарбонату, скла чи інших матеріалів. Також те чи на поверхні теплиця чи має легке заглиблення впливає на тепловтрати.

Очевидно величина теплиці може мати вплив на всю систему, так як маленька теплиця та тепличний комплекс з декількох великих теплиць матиме різні потреби від СА.

Висновки по розділу 1.

Вплив цих чинників важливо врахувати так як вони можуть мати ключове значення в розробці системи, та можуть мати найбільший вплив. Наприклад в нашому регіоні діапазон температур дуже змінюється протягом року. Іноді різниця температур між сезонами може досягати 50°C. Тому при розміщенні контролера зовні чи частин, елементів СА, потрібно врахувати температурний режим.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ КЕРОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ

2.1. Взаємодія керованого середовища та контролера

Знаючи, які параметри потребують регулювання та які вимоги є до СА, можна підійти до підбору технічних методів регулювання параметрів.

Отже, контроль параметрів може здійснюватися за часом, за добовим часом та за датчиками. Відповідно для моніторингу та складання статистики потрібно не лише добовий час, а повноцінна система з календарем.

Важливо враховувати показання датчика навіть тоді коли він не використовується в циклі, щоб вчасно виявити несправну роботу системи. Часто ціною однієї несправності може стати повна втрата урожаю.

Окремою частиною системи можна винести створення звітів, та безпроводний контроль. Не завжди це має необхідність, але це спрощує роботу персоналу та допомагає виявити несправності та зношення датчиків чи актуаторів, що допомагає підтримувати справність всієї системи.

Схема на рисунку 2.1 демонструє принцип взаємодії контролера та керованого середовища, а саме теплиці. Це відбувається на основі прийняття сигналів з датчиків та подання сигналів на актуатори [1].

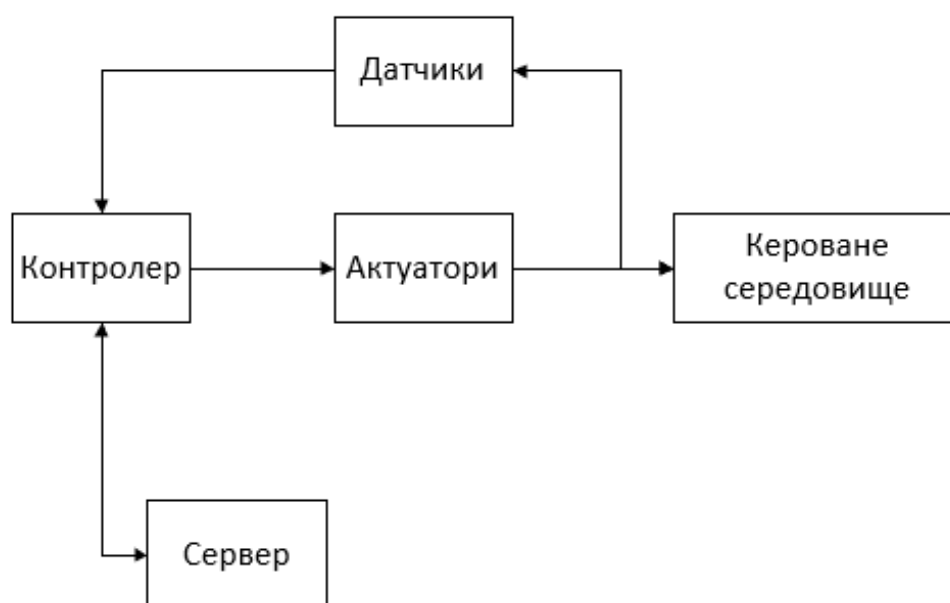


Рис. 2.1. Схема взаємодії керованого середовища та контролера

2.2. Принцип роботи СА на базі мікроконтроллера

Враховуючи ці цикли складемо загальну схему роботи рисунок 2.2. На ній зображено повну схему роботи, за базу взята схема з рисунку 2.1.

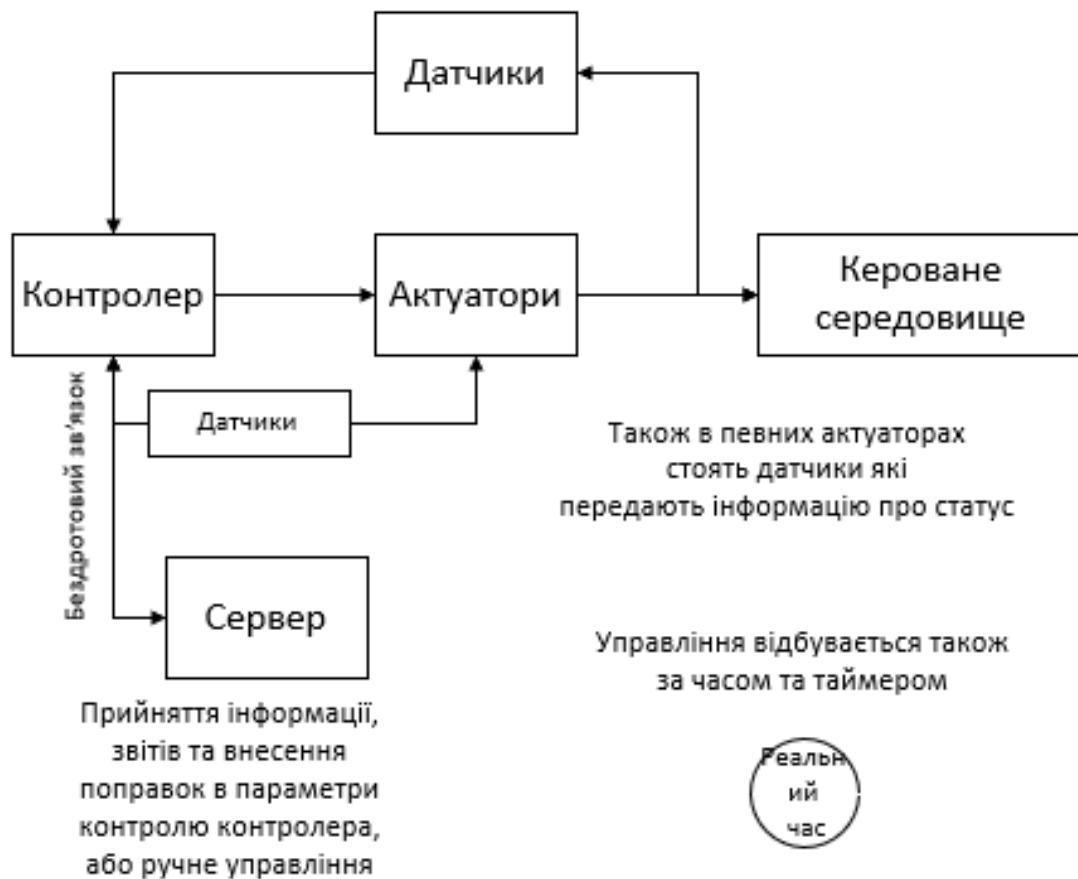


Рис.2.2. Повна схема принципу роботи

В випадку, коли потрібно контролювати декілька теплиць постане вибір перед використанням СА такого плану, тобто децентралізованого, чи централізації контролю та управління. Тобто використання систем в яких зв'язок між теплицями зійдеться в одному контролері.

Перевагами централізованого управління є постійний моніторинг та контроль одразу всіх теплиць. Один орган управління, але можна створити систему в якій управління та контроль можна здійснювати і так, і так, тобто гібридне управління. Це буде важливо, коли тепличне господарство починатиме розвиток з однієї теплиці, постійно добавляючи інші, з аналогічними

контролерами, які за певної кількості можна буде, за-для зручності управління, підключити до однієї системи [2].

2.3. Основні технічні вимоги до створення фізичної моделі системи управління мікрокліматом на базі контролера

Для ефективного використання готового виробу, він повинен відповідати певним вимогам щодо надійності, ефективності, функціональності, та економічності. Виріб протягом свого часу використання має виконувати свої функції в повній мірі та гарантувати безперебійність своєї роботи увесь час.

Ціна несправності, або ж не спрацювання через несправність в певний момент може бути досить високою. Прикладом може бути контроль опалення в теплиці. За несправності виробу урожаю може не бути, але якщо це використання як контролер поливу в відкритому ґрунті, то несправність може понести дрібні збитки за собою.

Вимоги щодо надійності:

- Стійкість до умов в яких буде використовуватись, тобто стійкість до вологи, та температурних значень які будуть коливатись протягом життєвого циклу.
- Можливість автоматично відновлювати роботу при перепадах напруги
- Інформування про несправності
- Мати можливість швидкої заміни контролера в системі при несправності чи поломці.

Вимоги щодо ефективності:

- Всі контрольовані параметри повинні бути в межах норми протягом роботи контролера
- Показання датчиків повинні бути завжди точними
- Енергоспоживання має бути мінімальне
- Здатність регулювати параметри при переході до вирощування інших культур

- Ефективний моніторинг

Вимоги щодо функціональності:

- Моніторинг в реальному часі
- Можливість здійснювати контроль по датчикам, часові, таймеру та

дистанційно примусово

- Прогнозування змін мікроклімату залежно від зовнішніх чинників
- Самодіагностика

Вимоги щодо економічності:

- Енергоефективність
- Дешевизна розхідників
- Легкість монтажу
- Довговічність
- Низькі витрати на обслуговування

Список вимог є вичерпним, але залежить значною мірою від самої системи, то ж в залежності від коригування переліку керованих параметрів, може бути змінений відповідно новим задачам.

Висновки по розділу 2

Отже, враховуючи ці всі вимоги, потрібно створити оптимальну модель по кожному з пунктів, та зважуючи пріоритети, приділити найважливішим пунктам найбільше уваги. Знову ж, більшість цих пунктів можна буде оцінювати та коригувати на фізичній моделі.

РОЗДІЛ 3. ВИБІР КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА

3.1. Технічні складові системи управління мікрокліматом на базі контролера

Для початку було обрано мікроконтролер на базі якого можна створити СА. Для простоти реалізації проекту та економії було обрано АТМega 328р, перевагою є те, що є плати, уже з обов'язкою компонентів, для спрощення роботи, а саме це плати Arduino Nano, (рис. 3.1).

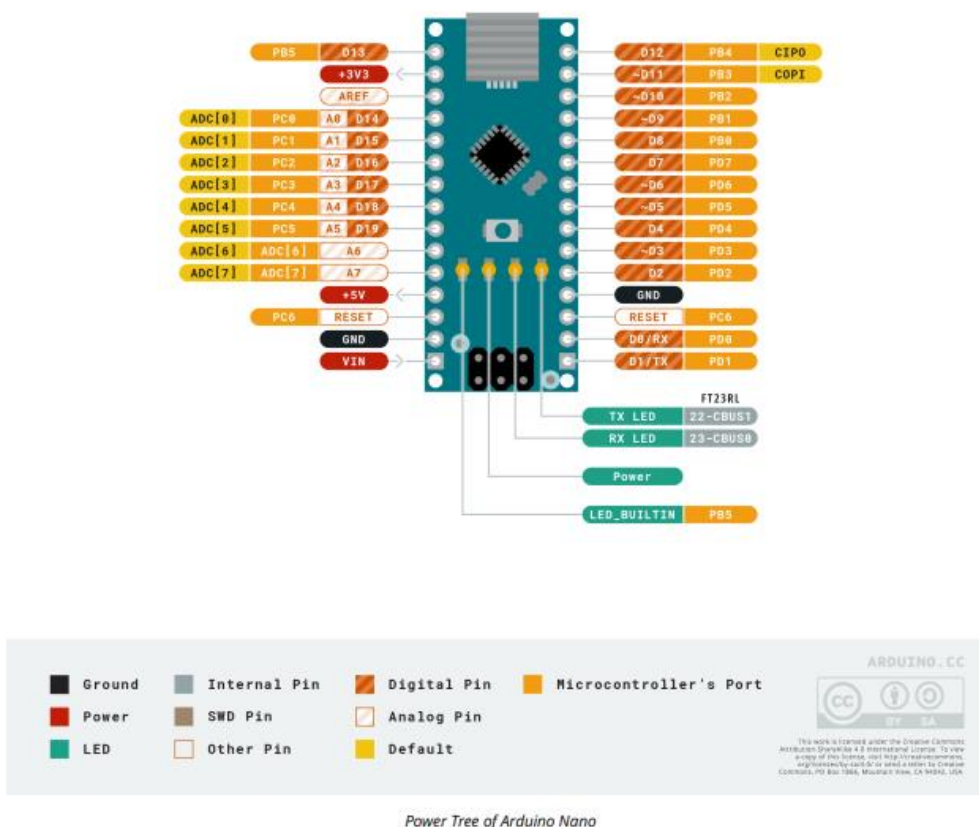


Рис.3.1. Схематичне зображення Arduino Nano взяте з Datasheet [4]

Хоча можна використовувати більш продуктивні контролери, до прикладу ESP8266 чи ESP32, вони мають уже вбудовані модулі WIFI, але недоліком буде використання сигналів 3,3 В. Для подальшого використання цих модулів сигнали потрібно підвищити до 5 В або вище. Це додаткові витрати, та створення нових вузлів які можуть відобразитись на надійності.

Таблиця 3.1. Порівняння мікроконтролерів

№	Назва:	Кількість каналів:	Частота:	Безпроводний зв'язок:	Напруга роботи:	Ціна:
1	Arduino NANO	20	20 МГц	Зовнішні модулі	5В	90-270 грн
2	ESP8266	8	80 МГц	WIFI	3,3В	190-600 грн
3	ESP32	16	160 МГц	Bluetooth, WIFI	3,3В	250-700 грн

Arduino NANO на відміну від інших, більш продуктивних мікроконтролерів, має більшу кількість каналів які можна задіювати в роботу, та робочу напругу з якою працює велика кількість датчиків та актуаторів.

Для живлення найпростішим варіантом є звичайний блок живлення, який перетворює 230 В змінного струму, на 5 В постійного струму (рис.3.2.).

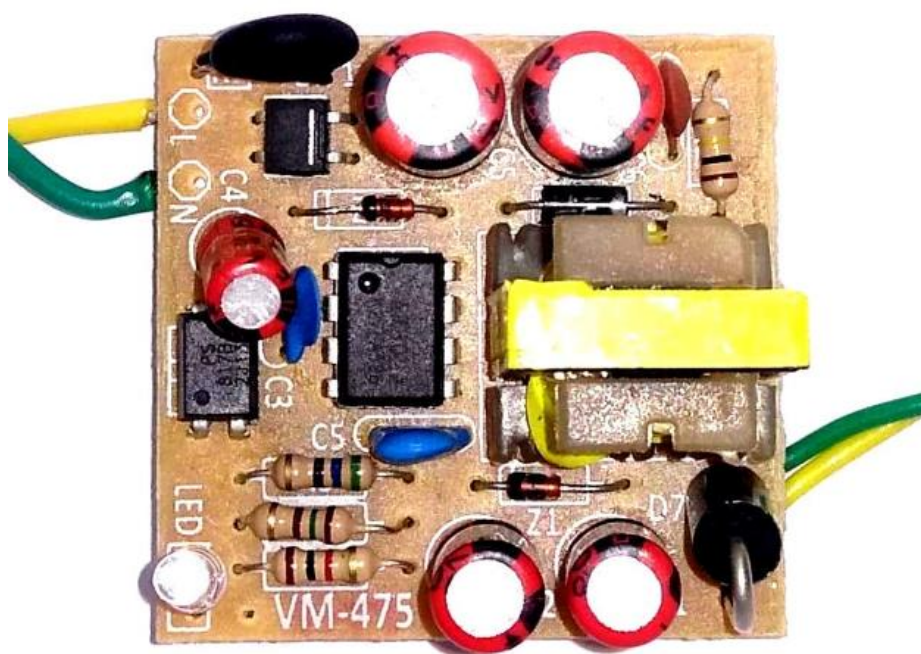


Рис.3.2. Зображення блоку живлення від мережі 230В.[8]

Потужність блоку живлення (далі БЖ) можна буде уточнити лише знаючи максимальне навантаження яке буде. Тобто при врахуванні максимально споживаної потужності всіх елементів одночасно.

Далі важливим компонентом є екран. Найпростішим для використання міг би бути екран LCD 1602A, але його величини буде мало для відображення всіх необхідних параметрів. Тому було обрано LCD 2004, він більший, його буде достатньо для відображення необхідних параметрів. Також він досить енергоефективний та має можливість підключення I2C, для економії пінів, до яких можна підключитись (рис.3.3.).

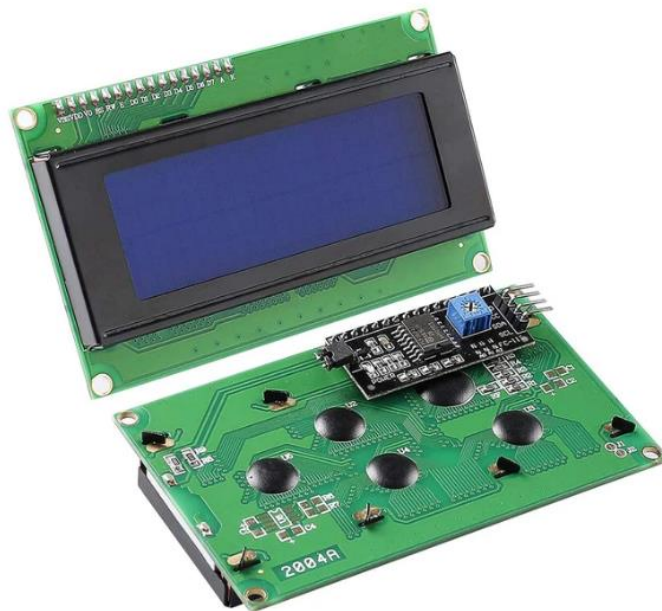


Рис.3.3. Фото екрану LCD2004 з I2C [5]

Для керування оптимальним вибором є енкодер, так як він займає не багато місця, та по ціні має переваги над більшістю інших варіантів. Хоча з іншого боку було б зручно використовувати кнопки. В цьому випадку ми використаєм все ж енкодер.

Управління актуаторами здійснюватиметься за допомогою реле, які спрацьовують від 5 В. Прикладів є багато різних цих реле, але найбільш оптимальні можна буде обрати за допомогою тестів. Тести в цьому випадку є

обов'язковими так як це єдиний елемент який має механічну складову та потребує відповідальності при підборі, щоб в майбутньому не мати проблем.

Тестові зразки можна зібрати на макетній платі, за для продовження розробки та виявлення недоліків та несправностей, але за готового варіанту системи потрібно буде розробити печатну плату.

Електрична схема базової версії буде мати датчик BME280, це датчик вологості, температури та тиску, він буде в середині корпусу, для моніторингу стану самого контролера і найближчого середовища, крім нього екран, модуль часу та енкодер для управління всим. Схема має вводи та виводи для підключення датчиків та модулів контролю актуаторами, драйвери, мосфети чи реле (рис.3.4).

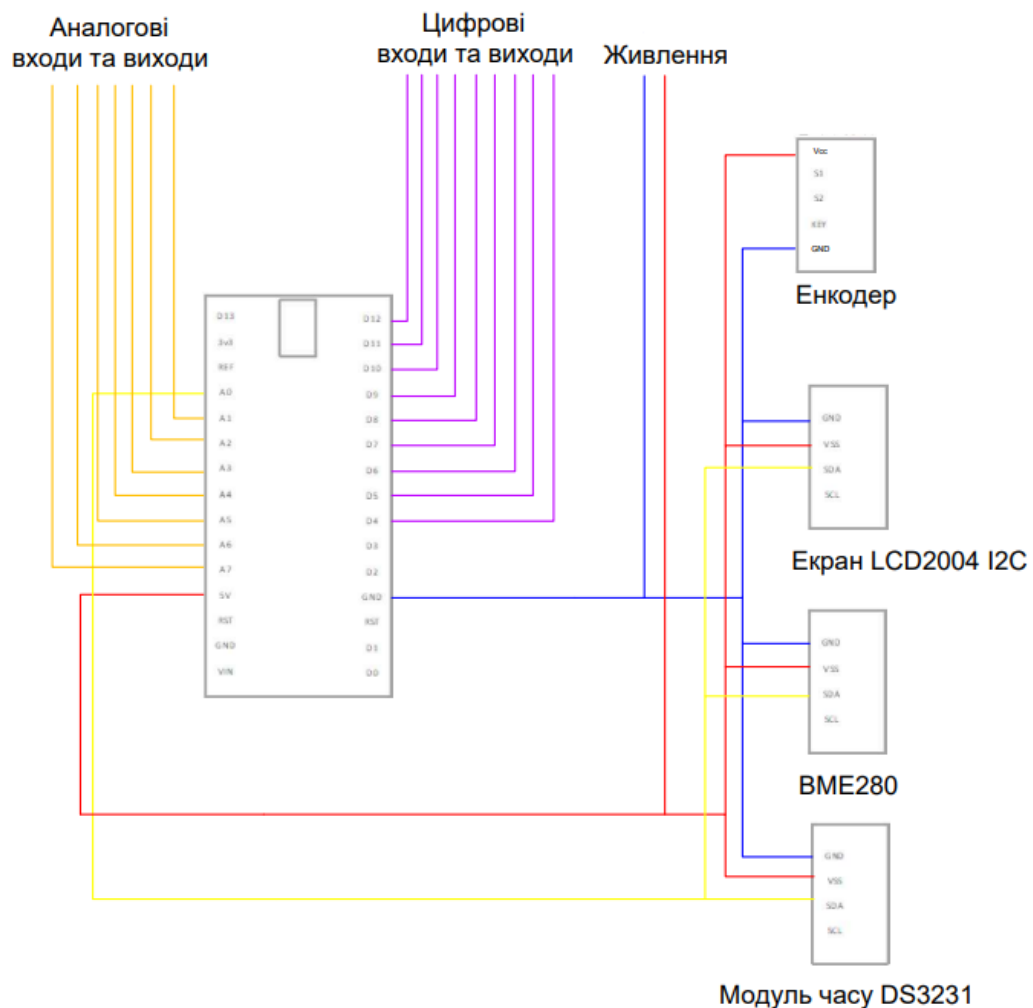


Рис.3.4. Електрична схема контролера

При розширенні тепличного комплексу, з'явиться потреба в дистанційному моніторингу та контролі декількох мікроконтролерів, створенні звітності та

постійний аналіз результатів та коригування всього процесу вирощування. Для цього потрібно буде використовувати сервер, який виконуватиме всі ці функції.

Використання серверу може підвищити надійність так як можна налаштувати оповіщення через бот чи на пошту про актуальний стан мікроклімату. Можливість використовувати системи іншого призначення та поєднувати з наявною.

Простим прикладом буде Home Assistant, який дає можливість створити сервер зі своєю ОС та підтримує велику кількість інтеграцій.

3.2. Рекомендації по вибору датчиків, актуаторів та схеми їх розташування

В реалізованому продукті передбачено роботу з широким спектром датчиків, але за для більш стабільної роботи рекомендовано використовувати датчики які наведені нижче, вони відповідають тим базовим принципам, а саме економічності та ефективності повної системи автоматизації. Підбір датчиків, є задачею яку має виконати користувач самостійно.

Стабільність спрацювань СА значною мірою залежить від точності показань датчиків. Тому при експлуатації системи потрібно враховувати їх характеристики, рекомендовану періодичність заміни або калібрування.

Датчик температури ds18b20 широко розповсюджений, економічно вигідний, та задовільняє параметри.

Таблиця 3.2. Параметри датчика ds18b20

Напруга живлення	3.0..5.5 В
Діапазон температур	-55°C..+125°C
Точність вимірювання	0.5 °C
Крок показників	0.0625 °C
Інтерфейс	1-Wire
Споживаний струм	1 мА

Його підключення до готової системи не складе проблеми, так як всього 3 виводи в датчика які промарковані як GND, DQ, та Vdd (рис.3.5).

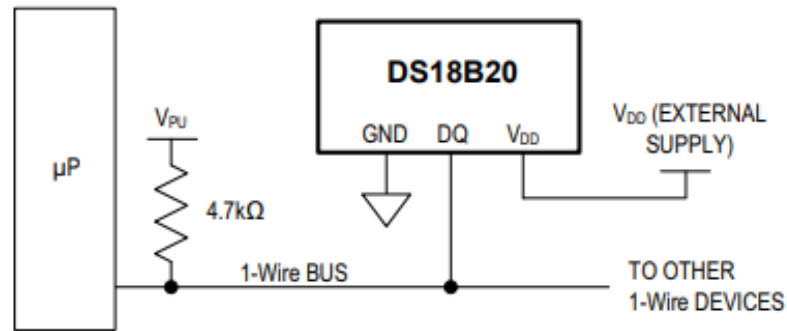


Рис.3.5. Схема підключення датчика *ds18b20*

Датчиком вологості ґрунту рекомендовано використати fc-28, це рішення пояснюється його поширенням, та параметрами які він має. Його зображено на рисунку 3.6.

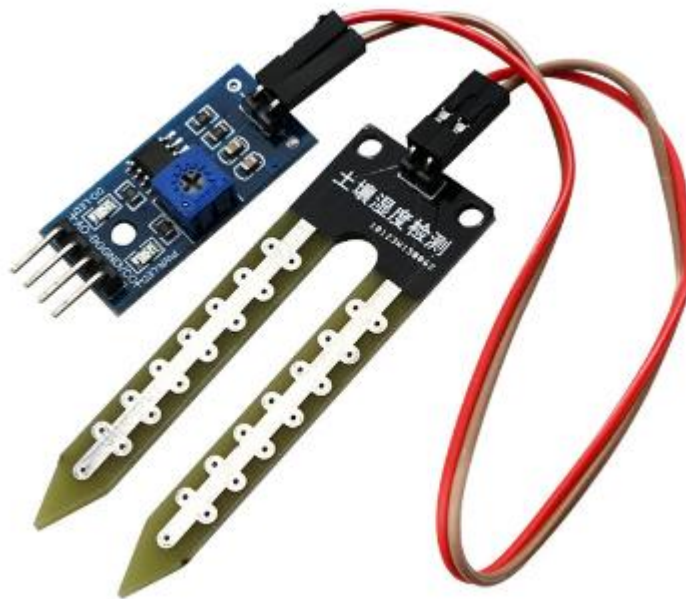


Рис.3.6. Датчик вологості ґрунту fc-28

Характеристики датчика наведено в Таблиці 3.3. Вони відповідають умовам мікроклімату, який використовується при вирощуванні більшості культур в тепличних умовах.

Таблиця 3.3. Характеристики датчика вологості ґрунту fc-28.

Напруга живлення	3.0..5.5 В
Діапазон температур	0..50°C
Точність вимірювання	0.5%
Компаратор	LM393
Споживаний струм (макс)	50 мА

При використанні датчиків вологості ґрунту, доцільно мати більший інтервал між вимірюваннями, так як від цього інтервалу напряму залежить термін його експлуатації.

Тому мікроконтролер має можливість змінювати інтервал вимірювань будь якого з датчиків.

Датчиком вмісту CO₂ ркомендовано використовувати МН-Z19В, він знаходиться на рисунку 3.7.

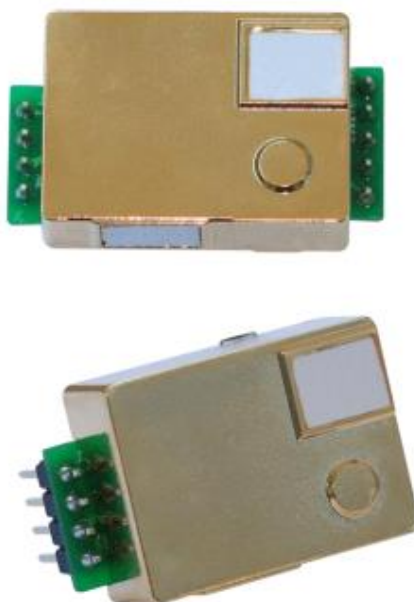


Рис.3.7. Датчик МН-Z19В

Його характеристики, як і характеристики більшість датчиків дозволять йому працювати в важких вологих умовах теплиці. Його характеристики відображено на Таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Характеристики датчика МН-Z19В

Характеристика	Значення
Модель	МН-Z19В
Вимірюваний газ	CO ₂
Робоча напруга	від 3,6 до 5,5 В
Напруга логічних рівнів	3,3 В
Середній споживаний струм	< 18 мА
Вимірюваний діапазон	від 0 до 0,5 %
Вихідні сигнали	UART, PWM
Час розігріву	3 хвилини
Час вимірювання	T ₉₀ < 60 с
Робоча температура	від 0 до 50°C
Робоча вологість	від 0 до 95% RH
Розміри	33 мм × 20 мм × 9 мм
Вага	21 грам

Датчиком рівня освітлення рекомендовано використовувати TSL2561, це цифровий датчик освітленості, він зображений на рисунку 3.8. Він на відміну від інших датчиків не завжди має корпус, тому корпуса часто замовляються окремо від датчика.



Рис.3.8. Датчик освітленості TSL2561

Його характеристики наведені в таблиці 3.5. Датчик може працювати з напругою 3 В, та має найменше споживання серед інших датчиків, за рахунок свого принципу роботи, та не потребує коригування інтервалу, так як не має зношування, яке залежить від частоти вимірювань.

Таблиця 3.5. Характеристика датчика TSL2561

Характеристика	Значення
Напруга живлення	3-5 В
Струм	0.6 мА
Інтерфейс	I2C
Дозвіл	0.1 - 40000 лк
Розміри	17 x 13 мм

Датчик рН, це найбільш дорогий датчик зі всіх наведених, його вартість кратно перевищує вартість інших датчиків, що значно впливає на вартість кінцевої системи. Більш раціонально буде вимірювати кислотність ґрунту та води лакмусовим папером чи користуватись послугами лабораторій. Далі за потреби вносити знижувачі чи підвищувачі кислотності в ґрунт та(чи) воду.

Після підбору датчиків для системи потрібно розібратись з актуаторами які будуть використовуватись з системою. В нашому випадку актуатор – це пристрій який виконує певну дію. Це може бути лінійний актуатор, чи соленоїд, тощо. Реле або мосфет приводить в дію актуатор. Потрібно розібратись які варіанти реле було б добре використовувати в нашому випадку.

Звичайне електромагнітне реле було б досить простим та логічним вибором, але враховуючи що нам в певних сценаріях може бути потрібно досить часто здійснювати комутацію, то більш оптимальним вибором було б твердотільне реле (рисунок 3.9), до прикладу SSR-100DA, серед недоліків висока вартість твердотільних реле в порівнянні з електромагнітними, та те, що твердотільне реле нагрівається до певної температури під час роботи.



Рис.3.9. Твердотільне реле SSR-100DA

Враховуючи різницю між комплектуючими, можна прийти до висновку, що кожна система автоматизації матиме різну пріоритетність по контролю, та хоч і буде побудована на одному контролері, але буде змінюватись залежно від потреб.

3.3. Розробка алгоритму управління параметрами мікроклімату

Алгоритм управління системою здійснює прийом значень з датчиків, та на основі їх прийматиме рішення про запуск чи зупинення певних процесів (рисунок 3.10). Наприклад, при реєстрації зниження температури контролер дає управляючий сигнал і вмикає систему підвищення температури.

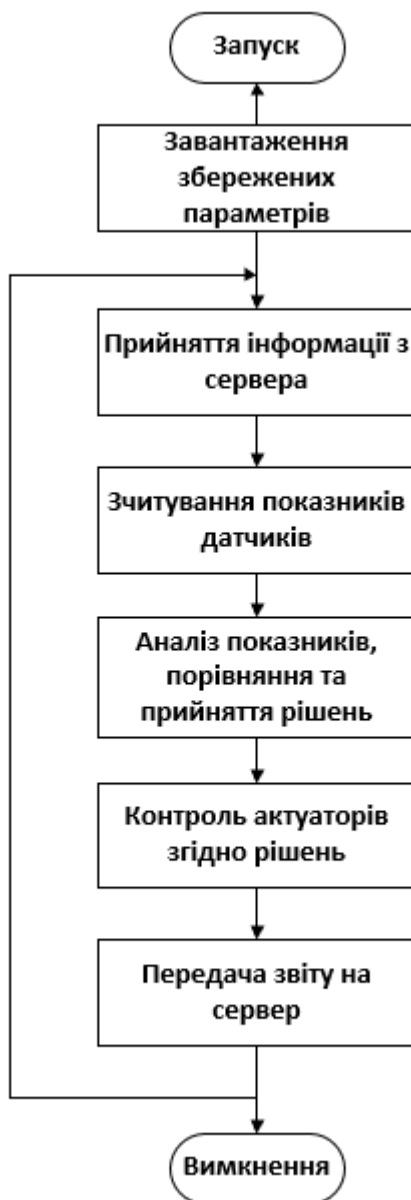


Рис.3.10. Алгоритм управління мікрокліматом

В нашому алгоритмі після запуску контролера відбувається зчитування попередньо збережених параметрів роботи, тобто тих параметрів які збереглися з попереднього сеансу. Далі відбувається прийняття інформації з сервера яка може

змінювати контрольовані параметри та впливати на роботу системи. Після цього відбувається зняття показів з датчиків температури, вологості, вмісту CO₂ та інших. На основі цих показів далі приймаються рішення як потрібно діяти, що вмикати, та починається увімкнення чи вимкнення якогось сценарію, наприклад підняття температури, чи полив. Далі формується звіт, відправляється на сервер та цикл починається заново. Важливо зазначити що зняття показників з датчиків буде відбуватись з певним інтервалом, наприклад 5хв, що буде в нашому випадку стандартним інтервалом.

Цей інтервал існує для зменшення навантаження на датчики та контролер, відповідно економічність роботи. До прикладу датчики вологості ґрунту швидко зношуються при частому зчитуванні інформації. [3]

3.4. Система автоматизації з розробленим контролером

Використання в різних сценаріях контролера, та з різними датчиками можливе, але для прикладу варто було б створити загальну, рекомендовану систему автоматизації.

На рисунку 3.11, зображено повну систему автоматизації підтримки мікроклімату. В ній є:

Д1 (Датчик 1) – Датчик температури ґрунту

Д2 – Датчик температури повітря (зовні)

Д3 – Датчик температури ґрунту №2

Д4 – Датчик швидкості вітру (зовні)

Д5 – Датчик тиску повітря

Д6 – Датчик тиску O₂

Д7 - Датчик тиску CO₂

ВЕ1 (виконавчий елемент або актуатор) – ТЕН 1

ВЕ2 – ТЕН 2

ВЕ3 – ТЕН 3

ВЕ4 - Вентилятор

ВЕ5 -Витяжний вентилятор

BE6 – Система подачі O₂

BE7 – Парогенератор

BE8 – Полив

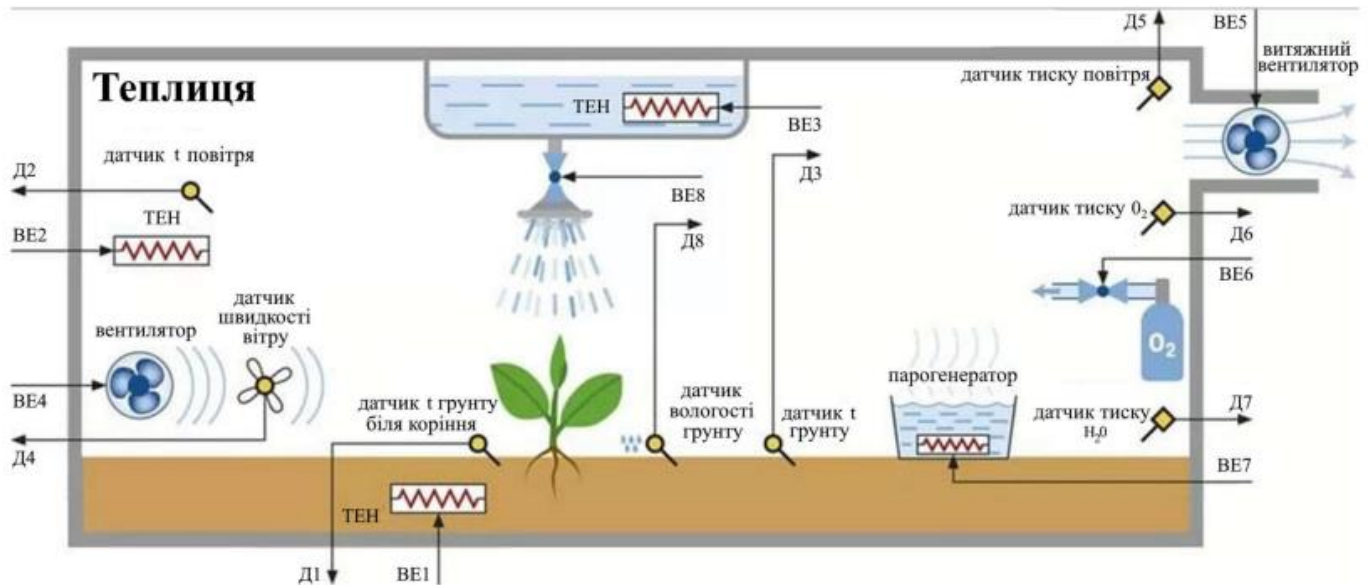


Рис. 3.11. Повна система автоматизації підтримки мікроклімату

Певні елементи не є обов'язковими в певних сценаріях, але тим не менш такий варіант системи яку можливо побудувати на цьому контролері сповна покриває усі потреби які перед нею поставлені. Тому контролер можна назвати повноцінним органом управління усім мікрокліматом теплиці.

До того ж, є можливість підключення контролера до серверу, та створення звітності за певні моменти часу. Створення системи моніторингу та віддаленого управління певною кількістю таких контролерів, що є відчутною перевагою та плацдармом для вдосконалення та впровадження сучасних технологій.

3.5. Переваги, слабкі місця та перспективи розвитку розробленої системи

Щоб проаналізувати кінцевий результат потрібно розібратись, що взагалі результат представляє з себе, які функції може виконувати та яка сфера використання.

Контролер в результаті буде досить гнучким та зможе виконувати різного роду контроль над макрокліматом та не тільки. Його основне призначення буде контролювати лише мікроклімат, але його також доцільно використовувати в інших сценаріях. До прикладу опалення, вентиляція, та будь що інше що передбачає контроль по датчиках, по часу, чи по таймеру.

Отже ми маємо контролер з максимально гнучкими налаштуваннями та великою кількістю сценаріїв використання

Недоліки та слабкі місця можна буде виявити лише при тестах, і почати роботу над усуненням

Для порівняння розробленої моделі варто було взяти схожі моделі які мають схоже або таке ж саме призначення. Вибір пав на моделі максимально схожі.

В таблицю 3.6. було приведено основні можливості, підтримку датчиків та особливості контролерів. Не було винесено в таблицю такі речі як живлення, сигнальна напруга яка подається на актуатор. Сигнальна напруга у всіх випадках 5 вольт, а живлення 220 вольт змінного струму.

Таблиця 3.6. Порівняння розробленої моделі системи управління з існуючими

	iLogix VRX-003 [6]	Autopilot ECLIPSE F60 Digital Environmental Controller [7]	Розроблена модель
Можливості:	Управління освітленням, поливом, вентиляцією, обігрівом теплиці	Управління освітленням, поливом, вентиляцією, обігрівом теплиці	Управління освітленням, поливом, вентиляцією, обігрівом теплиці, моніторинг

Підтримка датчиків:	Температура (DHT22, DS18B20), вологість (DHT22, YL-69), світло (BH1750), CO2 (MH-Z19B), Вологість ґрунту (YL-69), рівень води (Capacitance Soil Moisture Sensor)	Температура (DHT22, DS18B20), вологість (DHT22, YL-69), світло (BH1750), вологість ґрунту (YL-69), рівень води (Capacitance Soil Moisture Sensor)	Температура (DHT22, DS18B20), вологість (DHT22, YL-69), світло (BH1750), CO2 (MH-Z19B), Вологість ґрунту (YL-69), рівень води (Capacitance Soil Moisture Sensor). Окрема можливість використовувати будь які інші аналогові датчики
Особливості:	Широкий спектр підтримуваних функцій(можливість роботи з різними аналоговими датчиками окрім базових) Підтримка до 10 датчиків Можливість створення сценаріїв: контролер дозволяє створювати сценарії, які дозволяють автоматизувати роботу Можливість дистанційного управління: контролер можна управляти за допомогою мобільного додатка або веб-інтерфейсу.	Широкий спектр підтримуваних функцій (можливість роботи з різними аналоговими датчиками окрім базових) Підтримка до 12 датчиків Можливість створення сценаріїв: контролер дозволяє створювати сценарії, які дозволяють автоматизувати роботу	Широкий спектр підтримуваних функцій (можливість роботи з різними аналоговими датчиками окрім базових) Підтримка до 10 датчиків, 8 актуаторів, можливість підключення драйверів для керування сервоприводами або лінійними приводами для контролю провітрювання та(чи) інших спеціальних завдань Під'єднання до серверу, можливість роботи багатьох контролерів в одній системі.
Фото:			 Зображення прототипу

Висновки по розділу 3

Якщо розібратись з тим, що пропонують інші виробники подібних пристроїв, то стає зрозуміло, що в плані основних функцій та можливостей їх можна вважати близькими. Різниця лише в органах керування. Але якщо розібратись з усіма можливостями то представлена, розроблена модель має об'єктивні переваги так як може мати зв'язок з сервером а той в свою чергу з таким же мікроконтролером недалеко, що дає можливість масштабування системи подібними пристроями, але за використання інших можливостей.

Можливості мікроконтролерів які були взяті для порівнянь дещо вужчі. Вони не мають можливості управляти сервоприводами та лінійними приводами, що в багатьом випадках може бути критично важливим при виборі контролера мікроклімату теплиці.

ВИСНОВКИ

Висновок полягає в тому, що розробка та вдосконалення контролерів для систем автоматизації тепличних господарств має великий потенціал для покращення аграрного виробництва. Продовження цього напрямку досліджень сприятиме формуванню інноваційних продуктів, що відзначатимуться високою ефективністю та відповідністю вимогам ринку, що є ключовим аспектом розвитку тепличних господарств України.

Перевагами централізованого управління є постійний моніторинг та контроль одразу всіх теплиць. Один орган управління, але можна створити систему в якій управління та контроль можна здійснювати і так, і так, тобто гібридне управління.

Можна сказати, що системи автоматизації побудовані на базі розробленого контролеру мають ряд переваг, які не надають системи автоматизації в схожому ціновому сегменті ринку, що є успішним результатом розробки. Тому, розробка, та вдосконалення має продовжуватись, до формування кінцевого продукту який стане вагомим внеском в розвиток тепличних господарств України.

Якщо розібратись з тим, що пропонують інші виробники подібних пристроїв, то стає зрозуміло, що в плані основних функцій та можливостей їх можна вважати близькими. Різниця лише в органах керування. Але якщо розібратись з усіма можливостями то представлена, розроблена модель має об'єктивні переваги так як може мати зв'язок з сервером а той в свою чергу з таким же мікроконтролером недалеко, що дає можливість масштабування системи подібними пристроями, але за використання інших можливостей.

Можливості мікроконтролерів які були взяті для порівнянь дещо вужчі. Вони не мають можливості управляти сервоприводами та лінійними приводами, що в багатьом випадках може бути критично важливим при виборі контролера мікроклімату теплиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сацик В. О. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікроклімату теплиці / В. О. Сацик, Д. П. Карпук // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – 2019. – Вип. №40. – С. 245-250.
2. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ютер.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2018. – 236 с. : іл. – Бібліогр.: с. 230–231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2
3. Коломієць Т. І. Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях / Т. І. Коломієць // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науковопрактичної Internet-конференції. – Черкаси, 2018. – С. 32-33.
4. Datasheet Arduino Nano <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>
5. LCD2004 I2C <https://www.aliexpress.com/item/1005002197048876.html>
6. iLogix VRX-003 <https://hydroponics.in.ua/ua/tovar-controller-dlya-growboksa>
7. **Autopilot ECLIPSE F60 Digital Environmental Controller**
<https://www.amazon.com/AutoPilot-APE4100-Eclipse-Environmental-Controller/dp/B07MCW9TRK?th=1>
8. Блок живлення <https://www.amazon.in/Circuit-Supply-Stepdown-Converter-Module/dp/B07JGK66TB>