

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації і інформаційних технологій
Кафедра автоматизації технологічних процесів

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗДОБУВАЧА
СТУПЕННЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

на тему:

«Автоматизація системи штучного підтримання мікроклімату теплиці»

Бухарєв Олексій Олександрович

Київ 2024р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації і інформаційних технологій
Кафедра автоматизації технологічних процесів

ЗАТВЕРДЖУЮ Завідувач кафедри

Андрій ЗАПРИВОДА

„___” _____ 2024 року

«Автоматизація системи штучного підтримання мікроклімату теплиці»

<p><i>Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.</i></p>	<p>Здобувач Бухарєв Олексій Олександрович</p> <p>174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</p> <p>Автоматизоване управління технологічними процесами</p> <p>Група АКІТм – 23</p> <p>Керівник Іносов Сергій Вікторович К.т.н., доцент</p> <p>Рецензент _____</p> <p>Ідентичність підтверджую</p>
---	--

Київ 2024р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: автоматизації і інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації технологічних процесів

Освітній рівень: магістр за ОПШ

Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка

Спеціалізація: Автоматизоване управління технологічними процесами

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. декана факультету
Олександр ТЕРЕНТЬЄВ

„___” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Бухарєв Олексій Олександрович

1. Тема роботи: «Автоматизація системи штучного підтримання
мікроклімату теплиці»

затверджена наказом ректора КНУБА №12/12/2 від «28» червня 2024 року

2. Керівник роботи

Іносов Сергій Вікторович, к.т.н., доцент

3. Строк подання студентом роботи до захисту _____ 2024р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р.1. Системи забезпечення мікроклімату в теплиці

Р.2. Шляхи підвищення енергоефективності тепличних господарств

Р.3. Технічна реалізація системи автоматизації

Р.4. Розробка програмного забезпечення

Р.5. Розробка схемотехніки і моделювання в середовищі Proteus

Р.6. Економічна частина

7. Календарний план виконання роботи:

а) наукова частина; б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Системи забезпечення мікроклімату в теплиці	15.08.2024р.
Розділ 2. Шляхи підвищення енергоефективності тепличних господарств	25.08.2024р.
Розділ 3. Технічна реалізація системи автоматизації	05.09.2024р.
Розділ 4. Розробка програмного забезпечення	15.10.2024
Розділ 5 Розробка схемотехніки і моделювання в середовищі Proteus	20.10.2024р.
Розділ 6 Економічна частина	30.10.2024р.
Остаточне оформлення роботи	08.11.2024р.
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	11.11.2024р.
Попередній захист роботи на кафедрі	6.11.2024р.

8. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	Іносов Сергій Вікторович	15.08.2024р.	
Розділ 2.	Іносов Сергій Вікторович	25.08.2024р.	
Розділ 3.	Іносов Сергій Вікторович	05.09.2024р.	
Розділ 4.	Іносов Сергій Вікторович	15.10.2024	
Розділ 5	Іносов Сергій Вікторович	20.10.2024р.	
Розділ 6	Шевчук Кирило Іванович	06.11.2024р.	

9. Дата видачі завдання 29.06.2024р.

Зав.кафедри	_____	Запривода А.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	Іносов С.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Студент	_____	Бухарев О.О
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ (summary)		ПІБ
до атестаційної випускної роботи студента:		Бухарев Олексій Олександрович
Назва ВНЗ	Київський національний університет будівництва і архітектури	
Тема	Автоматизація системи штучного підтримання мікроклімату теплиці	
Освітній ступень	Магістр за освітньо-професійною програмою навчання	
Факультет	автоматизації і інформаційних технологій	
Кафедра	автоматизації технологічних процесів	
Спеціальність	174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка	
Спеціалізація	Автоматизоване управління технологічними процесами	
Керівник	Іносов Сергій Вікторович, к.т.н., доцент	

Обсяг роботи:	пояснювальна записка, сторінок	розділів	слайдів формату А4
	90	6	25
Розділ 1	Системи забезпечення мікроклімату в теплиці		
Розділ 2	Шляхи підвищення енергоефективності тепличних господарств		
Розділ 3	Технічна реалізація системи автоматизації		
Розділ 4	Розробка програмного забезпечення		
Розділ 5.	Розробка схемотехніки і моделювання в середовищі Proteus		
Розділ 6.	Економічна частина		
Висновки по роботі:			
Ключові слова: Автоматизація теплиці, Зберігання енергоресурсів при автоматизації теплиць, . Keywords: Greenhouse automation, Energy savings in greenhouse automation			

Укладач: Бухарев О.О. /

Керівник: Іносов С.В. /

“ ___ ” _____ 2024

Вступ

Сучасне сільськогосподарське виробництво все більше покладається на автоматизовані тепличні комплекси, які стають ключовим фактором підвищення продуктивності та врожайності. Завдяки можливості точно контролювати і регулювати мікроклімат в теплиці, створюючи оптимальні умови для росту рослин, можна значно підвищити якість і кількість продукції. Ізоляція від негативних зовнішніх впливів, таких як паразити, вітер і перепади температури, захищає рослини і сприяє їх здоровому розвитку.

Рослини, вирощені в теплицях, зазвичай мають значні переваги перед тими, що вирощуються на відкритому повітрі. Вони більші і важчі, виглядають привабливіше і служать довше. Завдяки контрольованим умовам вирощування в теплицях вдається значно скоротити вегетаційний період рослин, що дозволяє отримувати декілька врожаїв на рік.

Автоматизуючи процеси в теплицях, можна не тільки підвищити ефективність виробництва, але й зменшити витрати на добрива та пестициди. Завдяки чіткій системі контролю можна оптимізувати використання ресурсів і мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Традиційні методи управління теплицею, які вручну перевіряють і перекривають усі системи, неефективні та схильні до помилок. Людський фактор не дозволяє вести цілодобовий моніторинг і вчасно реагувати на зміну умов вирощування.

Сучасні технології пропонують більш надійне та ефективне рішення: дистанційні системи моніторингу теплиць. Ці інтелектуальні системи дозволяють у режимі реального часу відстежувати всі критичні параметри мікроклімату:

- температуру,
- вологість,
- освітлення,
- рівень CO₂,
- також стан систем поливу,

- вентиляції
- опалення.

Переваги систем дистанційного моніторингу:

Цілодобовий моніторинг: завдяки автоматизованому збору даних фермер може бути впевнений, що його рослини постійно під контролем.

Своєчасне виявлення проблем: система негайно повідомляє про відхилення від заданих параметрів, що дозволяє швидко вжити необхідних заходів.

Оптимізація ресурсів: завдяки точному аналізу даних можна оптимізувати витрати на енергію, воду та добрива.

Підвищення врожайності: Створення оптимальних умов для росту рослин призводить до підвищення якості та кількості врожаю.

Зменшення ризику: системи моніторингу допомагають запобігти надзвичайним ситуаціям, таким як замерзання труб, перегрів або гіпотермія в теплицях.

Що саме відстежують системи дистанційного моніторингу?

Температура: вирішальний фактор для росту рослин. Відхилення від оптимального температурного режиму може призвести до уповільнення росту, розвитку хвороб або навіть загибелі рослин.

Вологість: важливий параметр, який впливає на інтенсивність фотосинтезу, транспірацію та сприйнятливості рослин до хвороб.

Освітлення: надлишок або надмірне світло може негативно вплинути на розвиток рослин.

Вміст CO₂: вуглекислий газ є основним джерелом вуглецю для рослин. Його концентрація в повітрі теплиці повинна підтримуватися на оптимальному рівні.

Стан систем поливу та вентиляції: збої в роботі цих систем можуть призвести до надмірного зволоження або пересихання ґрунту та порушення газообміну в теплиці.

Використовуючи системи віддаленого моніторингу, можна підвищити ефективність виробництва, знизити витрати та забезпечити стабільну якість продукції. Це робить їх необхідним інструментом для сучасного тепличного вирощування.

Оптимальні умови – запорука успішного росту рослини.

Рослини, як і всі живі організми, чутливі до змін середовища. Для здорового росту та розвитку необхідні певні стабільні умови. Ось чому так важливо контролювати мікроклімат в теплицях.

Вода – життєво важлива стихія для рослин.

Вологість повітря безпосередньо впливає на життєві процеси рослин. При недостатній вологості повітря рослини починають активно випаровувати воду, що може призвести до їх всихання. Надлишок вологи, в свою чергу, створює сприятливі умови для розвитку грибкових захворювань.

Світло - це життєва енергія.

Світло є важливою частиною процесу фотосинтезу, завдяки якому рослини перетворюють неорганічні речовини в органічні. Недостатнє або надмірне освітлення може призвести до уповільнення росту рослин, зниження врожайності та погіршення якості продукції.

Температура є ключовим фактором.

Температура безпосередньо впливає на швидкість біохімічних реакцій в рослині. Кожна рослина має свій оптимальний температурний режим, відхилення від якого можуть призвести до стресу, затримки росту або навіть загибелі рослин.

Автоматичні системи контролю мікроклімату дозволяють:

Забезпечити стабільні умови вирощування протягом року.

Підтримуйте оптимальне освітлення, вологість і температуру.

Забезпечують захист від шкідників і хвороб.

Збільшення врожайності та покращення якості продукції.

Тому розвиток автоматичного керування даної галузі є актуальним та перспективним

Розділ 1 Системи забезпечення мікроклімату в теплиці

1.1 Огляд технологій для забезпечення мікроклімату

Підтримка в тепличному комплексі заданих технологічних параметрів мікроклімату є невід'ємною умовою її нормального функціонування.

Крім цього оптимальні умови при вирощуванні рослин і овочевих культур дозволяють отримувати більш високі врожаї. В сучасних високотехнологічних тепличних комплексах системи автоматики знайшли широке застосування. Основні завдання системи автоматичного регулювання полягають в наступному:

- управління температурою повітря
- управління температурою ґрунту
- управління системою поливу
- управління освітлювальними установками
- управління системою кондиціонування
- управління системою рекуперації повітря

1.2. Системи обігріву сучасних теплиць і можливість автоматизації їх роботи

Як відомо, системи обігріву теплиць класифікуються по виду енергоносія, який використовується для перенесення теплоти або для перетворення в теплоту:

Системи електрообігріву теплиць:

- системи електричної теплої підлоги (рис. 1.1)
- системи електрообігріву повітря в теплицях (конвекційного обігріву тепловентиляторами, масляними радіаторами і електрокамінами, а також інфрачервоного обігріву)

Системи водяного обігріву теплиць на основі теплої підлоги і конвекційного обігріву повітря калориферами:

- з електричними котлами
- з газовими котлами

- з котлами на твердому або рідкому паливі



Рис. 1.1 – Система підігріву підлоги

Автоматичну систему управління обігрівом теплиці своїми руками можна зробити тільки на основі електрообігріву або водяного обігріву від електричного котла.

Системи газового обігріву теплиць:

- конвекційного обігріву від газових конвекторів
- інфрачервоного обігріву від газових пальників

Як відомо, автоматизувати включення / вимикання газових нагрівачів заборонено з міркувань техніки безпеки. Отже, всі газові або рідкопаливні котли необхідно вмикати / вимикати вручну. Необхідність такого ж способу управління твердопаливними колами цілком очевидна. Звідси випливає, що автоматичну систему управління обігріву теплиці своїми руками можна зробити тільки на основі електрообігріву або водяного обігріву від електричного котла.

1.3 Автоматична система електрообігріву теплиці

Найпростіше реалізується автоматичний електрообігрів на системі теплого пола (рис. 1.2). Для цього висновки обігріву кожної грядки приєднати до електромережі через готовий побутової терморегулятор відповідної номінальної потужності.

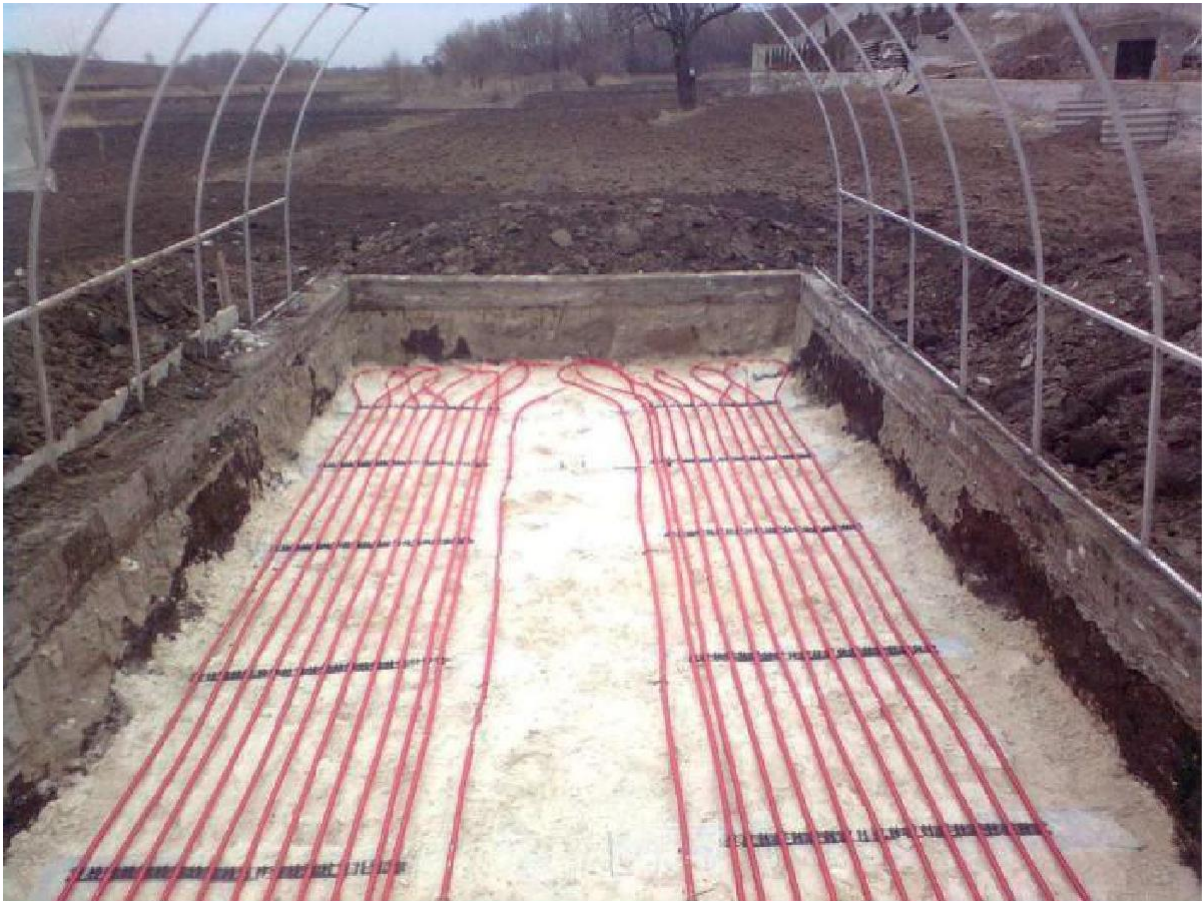


Рис. 1.2 - Електрообігрів на системі теплої підлоги

На ринку легко знайти невеликі пристрої для контролю температури в теплиці. Вони зазвичай мають вбудований датчик, який вимірює температуру повітря. Щоб контролювати температуру ґрунту, помістіть цей пристрій потрібно розмістити прямо на грядці. Потрібно Пам'ятайте, що температура на поверхні ґрунту може бути на 1-2 градуси нижче, ніж всередині. Якщо потрібно, щоб температура на поверхні була близько 20° С., встановіть саме таку температуру на пристрої.

Для обігріву теплиці можна використовувати різні прилади: масляні радіатори, електрокаміни або інфрачервоні обігрівачі. Всі вони працюють від звичайних нагрівальних елементів. Щоб автоматизувати їх роботу, підключіть кожен прилад (або групу приладів) через терморегулятор. Розмістіть терморегулятори

вище, на каркасі теплиці(рис 1.3). Так їх датчики вимірюватимуть температуру повітря вгорі, яка може бути трохи вище, ніж біля рослин.



Рис. 1.3 - Електрообігрівання повітря

Для роботи теплиці в холодну пору року потрібно автоматизувати систему електрообігріву повітря теплиці масляними радіаторами або електрокамінами, або інфрачервоними електро- обігрівачами. Також можна використати систему рекуперації повітря для зменшення витрат електроенергії

Управління температурою в тепличному комплексі здійснюється в автоматичному режимі пристроями регулювання температури і кількості греючого теплоносія, а також циркуляцією повітряних мас. Найчастіше в особистих комплексах використовується комбіновану систему обігріву: обігрів ґрунту і повітря - водяний і використання калориферних установок для додаткового обігріву. Підігрітий повітря від калориферів переміщається поміж газопроводах і, потрапляючи в вентиляційну систему, поширюється по всій площі комплексу. Застосування калориферів дозволяє управляти температурою повітря з високою точністю.

Останнім часом найбільшого поширення має електричний обігрів захищеного ґрунту. Він відрізняється рядом переваг і має найбільшу можливість автоматизації процесу управління тепловим режимом.

Процес управління тепловим режимом може відбуватися в ручному режимі: перемикання нагрівальних елементів на різні напруги, включення різних груп обігрівачів. Автоматичне управління температурним режимом в теплиці набагато ефективніше: при цьому в порівнянні з ручним режимом витрати на використання електроенергії знижуються на 15-20%.

Найбільш поширений спосіб автоматичного управління температурним режимом в теплицях ґрунтується на принципі періодичного включення і відключення нагрівальних елементів за допомогою магнітних пускачів або контакторів в залежності від температурного режиму робочої зони теплиці.

Аналізуючи тенденції будівництва теплиць можна зробити висновок, що ос- нову сучасних теплично-овочевих комплексів становлять тепличні комплекси площею до 1000 м². У таких комплексах найбільший техніко-економічний ефект дає автоматичне керування мікрокліматом, тобто управління температурним і вологим режимом.

Управління температурою в автоматичному режимі головним чином здійснюється за автоматичних пристроїв, що підтримують заданою ний температурний режим ґрунту і повітря, а також системи вентиляції. В практиці широкого поширення набули системи водяного, калоріферного, електричного і газового обігріву теплиць.

Система водяного опалення складається з розгалуженої мережі трубопроводів і для більшості блокових теплиць є основою. Система характеризується високою інерційністю і не дає можливості оперативно з високою точністю управляти температурним режимом при виникненні різких збурень. Тому тільки водяне опалення, як правило, не застосовується. Доцільно застосовувати комбіновану систему обігріву: водяний як основний (близько 60% загальної теплової потужності) в доповненні з повітряно-калорі- ферн який використовується для управління температурою при різких вимірювальних кліматичних умов.

Завдяки малій інерційності використання калориферного обігріву дає можливість управляти температурою повітря в теплиці з високою точністю. Простіше вирішуються завдання автоматичного управління температурою віз духу в так званих ангарних теплицях з одиничною площею захищеного ґрунту до 1000 м². У них для регулювання температури застосовують трипозиційне управління калориферами: при нормальній температурі калорифери вимкнені, коли температура знижується, спочатку включається частина калориферів, а якщо температура продовжує падати, в роботу вступають все калорифери. Від калориферів підігріте повітря подається по трубах і розподіляється спеціальної вентиляційною системою по всій теплиці.

1.4. Вентиляція і види провітрювання

Отже, щоб у рослин в теплиці був створений придатний для розвитку і зростання мікроклімат, необхідна автоматична вентиляція. Нижче будуть представлені її можливі види:

- вентиляція через дві кватирки, які розташовані поруч один з одним. Для великої теплиці така автоматична вентиляція просто необхідна.

Розміщення двох кватирок поруч один з одним у великій теплиці є оптимальним рішенням з кількох причин:

Ефективніший повітрообмін: Створення спрямованого потоку повітря, що сприяє швидшому оновленню повітряного середовища в теплиці.

Зменшення температурних перепадів: Рівномірний розподіл свіжого повітря по всьому об'єму теплиці. Збільшення площі вентиляції: Що дозволяє більш ефективно регулювати мікрокліматом.

Можливість створення різних режимів вентиляції: Від легкого провітрювання до інтенсивного. Як працює автоматична система вентиляції через дві кватирки? Автоматична система вентиляції, що використовує дві сусідні кватирки, складається з таких основних елементів:

Сенсори: Вимірюють температуру, вологість, рівень CO₂ та інші параметри повітряного середовища в теплиці.

Контролер: Обробляє дані, отримані від сенсорів, і приймає рішення про необхідність відкриття або закриття кватирок.

Приводи для кватирок: Автоматично відкривають і закривають кватирки за командами контролера. Програмне забезпечення: Забезпечує налаштування і управління системою. Принцип роботи: Сенсори постійно відстежують параметри повітряного середовища. Коли показники виходять за встановлені межі (наприклад, підвищується температура або вологість), контролер відправляє сигнал приводам, і кватирки відкриваються. При досягненні оптимальних значень сенсорів, кватирки закриваються. Переваги автоматичної вентиляції через дві кватирки: Оптимізація мікроклімату: Забезпечення оптимальних умов для росту рослин. Енергоефективність: Зменшення витрат на опалення та кондиціонування. Збільшення врожайності: За рахунок створення сприятливих умов для рослин. Зменшення ризику захворювань рослин: Завдяки регулярному оновленню повітря. Зручність використання: Не вимагає постійного ручного втручання. Особливості конструкції кватирок для автоматичної системи: Герметичність: Для запобігання втратам тепла взимку. Міцність: Кватирки повинні витримувати вітрове навантаження. Простота в обслуговуванні: Легкість доступу для очищення та ремонту. Додаткові можливості автоматичної системи: Інтеграція з іншими системами: Освітлення, полив, захист від шкідників. Віддалений доступ: Можливість контролю та управління системою через Інтернет.

- Наскрізний продування теплиці. Двоє дверей відкриваються автоматично.

Наскрізне продування – це ефективний метод вентиляції теплиці, який передбачає створення спрямованого потоку повітря через весь її об'єм. Такий метод особливо актуальний для вузьких теплиць, де дві протилежні двері можуть забезпечити ефективне провітрювання.

Як працює система наскрізного продування?

Дві протилежні двері: Встановлюються на протилежних торцях теплиці.
Автоматичні приводи: Обладнані електричними приводами, які за командою контролера відкривають і закривають двері.

Сенсори: Вимірюють температуру, вологість, рівень CO₂ та інші параметри всередині теплиці. **Контролер:** Обробляє дані від сенсорів і віддає команди приводам для відкриття або закриття дверей.

Переваги наскрізного продування: Ефективне оновлення повітря: Швидке видалення теплого, вологого повітря і надходження свіжого. Зменшення ризику захворювань рослин: Запобігання застою повітря і поширенню патогенів. Рівномірний розподіл температури та вологості: Створення оптимального мікроклімату для рослин. Проста конструкція: Не вимагає складних інженерних рішень. Можливість інтеграції з іншими системами: Освітлення, полив, захист від шкідників. Коли використовувати наскрізне продування:

Вузькі теплиці: Оптимальне рішення для таких конструкцій. В теплу пору року: Для швидкого охолодження теплиці в спекотні дні. Під час цвітіння рослин: Для забезпечення запилення. Як вибрати двері для наскрізного продування: **Матеріал:** Алюміній або оцинкована сталь – міцні та довговічні матеріали. **Розмір:** Ширина дверей повинна бути достатньою для забезпечення необхідного об'єму повітряного потоку. **Ізоляція:** Для зменшення теплових втрат в холодну пору року. **Автоматика:** Надійні приводи, що забезпечують плавне відкриття і закриття дверей.

- Автомат відкривання вікон в стіні для теплиць зі спеціальними пристроями. Найкраще, щоб було дві вікна, які знаходяться на різній висоті.

Чому дві квартирки на різній висоті? Розміщення двох вікон на різній висоті в стіні теплиці та їх автоматичне відкривання за допомогою спеціальних пристроїв є оптимальним рішенням з кількох причин: Ефективніший повітрообмін: Створення вертикального повітряного потоку сприяє більш швидкому оновленню повітря в теплиці, забезпечуючи приплив свіжого повітря знизу і відведення відпрацьованого повітря зверху. Зменшення температурних перепадів: Рівномірний розподіл свіжого повітря по всьому об'єму теплиці. Більш точний контроль мікроклімату: Можливість регулювати інтенсивність вентиляції шляхом відкривання різних комбінацій вікон. Зменшення ризику конденсації вологи: Забезпечення кращої циркуляції повітря і запобігання

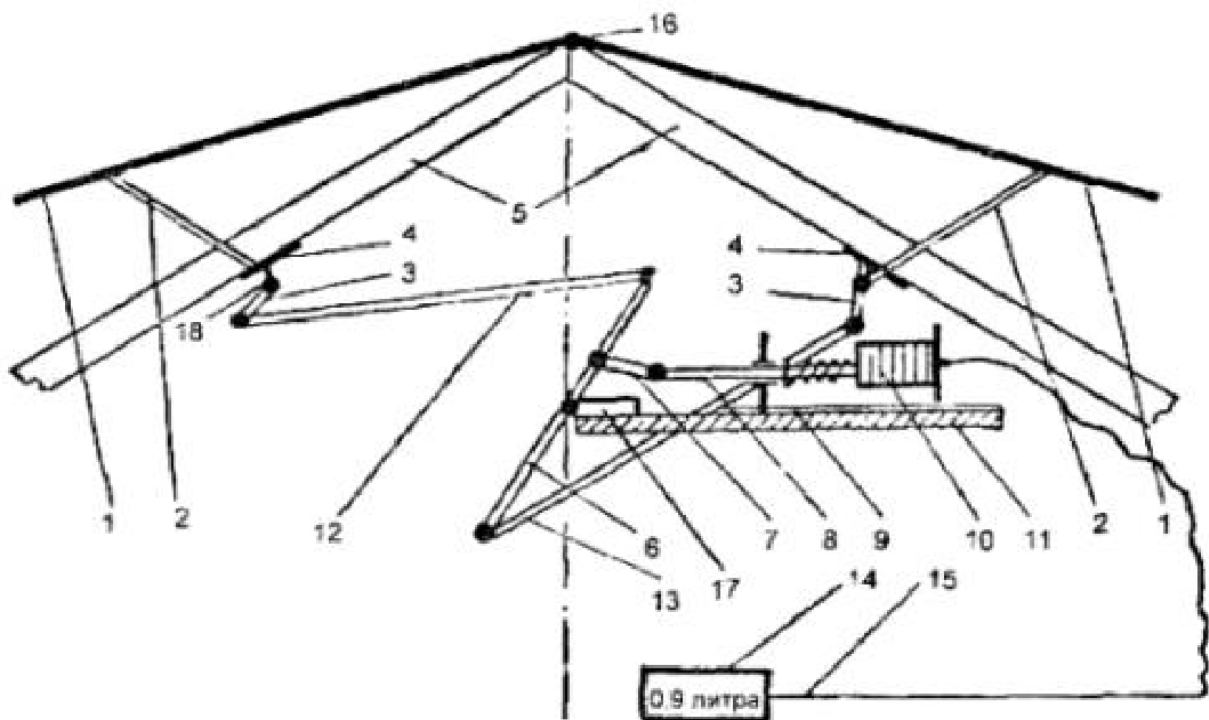
утворенню крапель води на рослинах. Захист від перегріву: Швидке видалення теплого повітря в спекотні дні. Захист від заморозків: Можливість часткового закриття вікон в нічний час для збереження тепла. Переваги автоматичних систем відкривання вікон: Оптимізація мікроклімату: Автоматичне підтримання оптимальних умов для росту рослин. Енергоефективність: Зменшення витрат на опалення та кондиціонування. Збільшення врожайності: За рахунок створення сприятливих умов для рослин. Зменшення ризику захворювань рослин: Завдяки регулярному оновленню повітря. Зручність використання: Не вимагає постійного ручного втручання. Спеціальні пристрої для автоматичного відкривання вікон:

Термоприводи: Реагують на зміну температури і автоматично відкривають або закривають вікна. Гігрометричні приводи: Реагують на зміну відносної вологості повітря. Комбіновані приводи: Поєднують функції термоприводів і гігрометричних приводів. Електричні приводи: Керуються контролером і можуть відкривати вікна за заданим графіком або в залежності від інших параметрів. Як працює система автоматичного відкривання вікон? Сенсори: Вимірюють температуру, вологість, рівень CO₂ та інші параметри повітряного середовища в теплиці. Контролер: Обробляє дані, отримані від сенсорів, і приймає рішення про необхідність відкриття або закриття вікон. Приводи: Отримавши сигнал від контролера, відкривають або закривають вікна. Програмне забезпечення: Забезпечує налаштування і управління системою. Фактори, які необхідно врахувати при виборі системи: Розмір теплиці: Від розміру теплиці залежить кількість і потужність приводів. Тип конструкції вікон: Від типу вікон залежить вибір приводу. Кліматичні умови: Від кліматичних умов залежить вибір сенсорів і режим роботи системи. Вирощувані культури: Різні рослини мають різні вимоги до мікроклімату. Переваги використання двох вікон на різній висоті: Краща вентиляція верхніх і нижніх шарів повітря. Зменшення ризику протягів. Можливість створення більш складних схем вентиляції.

- Автомат з системою провітрювання теплиць з датчиками температури повітря і вологості. На ділянці в теплиці такий автомат з простими механізмами зробити самостійно цілком реально.

1.4.1 Пристрій Мизнікова

Винахідник Юрій Мизніков створив свого часу особистий автомат для провітрювання теплиць (рис. 1.4). Виготовити його можна буквально за добу.



Автоматическое устройство для проветривания теплицы:
5 — брус теплицы, 9 — основание сильфона, 15 — трубка, 16 — петля рамы,
17 — основание с осью двуплечего рычага.

Рис. 1.4 - Автоматичний пристрій для провітрювання теплиці Мизнікова

1.4.2 Принципи роботи автомата

Спочатку потрібно заповнити ацетоном термобалон через пробку. Для дотримання техніки безпеки потрібно переконатися в тому, щоб повітря в системі відсутній. Коли температура досягає свого максимуму, ацетон починає надходити в сильфон. У свою чергу важіль повертає інші, і вони піднімають рами теплиці на 30 сантиметрів. При падінні температури в авто-

мате для провітрювання теплиць кількість парів ацетону стає менше. Теплиця починає плавно опускатися. Такий автомат для провітрювання теплиць багато досвідчені садівники вважають найдорожчим і міцним. [12]

1.5 Система автополиву в теплиці

За допомогою контролера можна встановити певний час і величину полива. У певних кліматичних умовах урожай доводиться поливати до 2 разів на добу, що не завжди зручно, так як ручний полив відбирає багато сил і часу, та й крім дачі у людини досить турбот. Вирішити дану проблеми можна кількома способами, одним з яких є автополив (рис. 1.5).

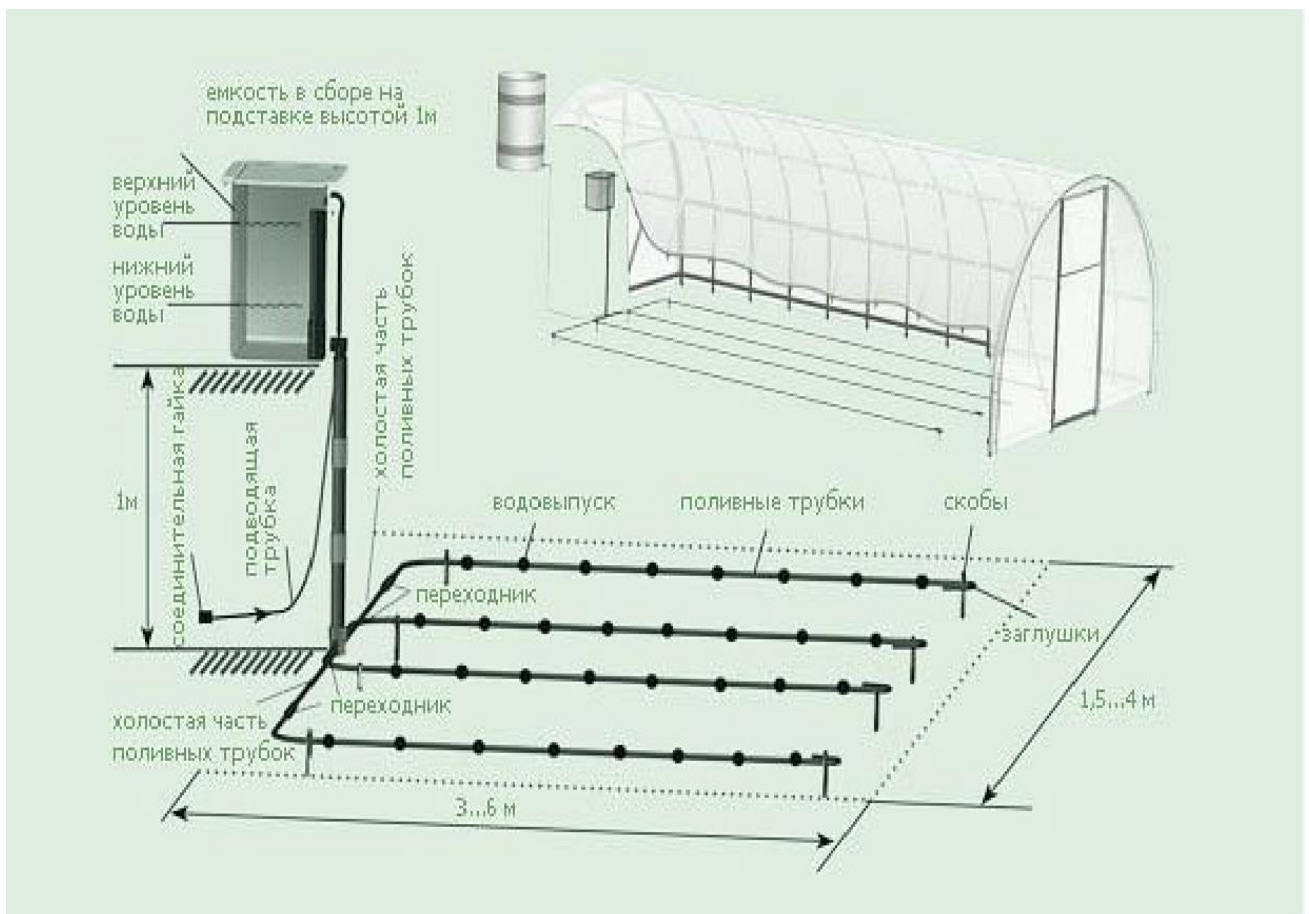


Рис. 1.5 – Автополив

1.5.1 Що таке автополив теплиці?

Ручним поливом можна обійтися, якщо невеликий парник включає в себе лише кілька стелажів або грядок, а ось для теплиць великої площі потрібно більш організоване водополив.

Інноваційні технології в області дачного господарства досягли успіху і в області систем для поливу. Сучасний ринок пропонує автоматичний полив теплиць з програмним забезпеченням, що дозволяє давати рослинам необхідна кількість вологи, а також розчиняються і органічних добрив в строго зазначений час, незалежно від місця знаходження і ступеня зайнятості господаря. Автоматичний полив в теплиці дозволяє економно витратити ресурси прісної води. Автополив для теплиць являє собою систему, дозволяють проводити полив в строго зазначений час певним кількістю води необхідної температури.

У систему автополиву входять такі елементи:

- Велика ємність для води з підігрівом. Для створення сприятливого середовища тепличним рослинам потрібна вода кімнатної температури.
- Спеціальний контролер, завдяки якому полив проводиться системою в заданий час, а варіант подачі води виставляється індивідуально. У пам'яті даного приладу зберігається дата, час і режим поливу.

Програми для контролера можуть встановлюватися наперед, на будь-який зручний час. Датчики температури, що визначають оптимальний рівень підігріву води. При охолодженні рідини датчики спрацьовують, і автоматично включається підігрів. [14]

1.5.2. Види автополива

Автоматичний полив крапельного типу вважається найбільш прийнятним варіантом для теплиці на дачі, адже коштує дешевше аналогів, економить воду і повністю виконує своє завдання. Автополив теплиці може працювати в наступних варіантах:

- Крапельний автополив - один з найпопулярніших способів зрошення тепличних грядок, що дозволяє максимально ергономічно і ефективно використовувати вологу. Завдяки підвищеній вологості ґрунту, яка створюється при даному виді автополива, рослини в теплиці стають захищеними від ранніх заморозків. Крапельний полив оптимально підходить для теплиць, що не підключення до системи водопроводу. Даний вид зрошення не дає розвиватися бур'янам і забезпечує від 70 до 90% врожайності. Елементарна схема капельного поливу представлена на (рис. 1.6).

Крапельний полив

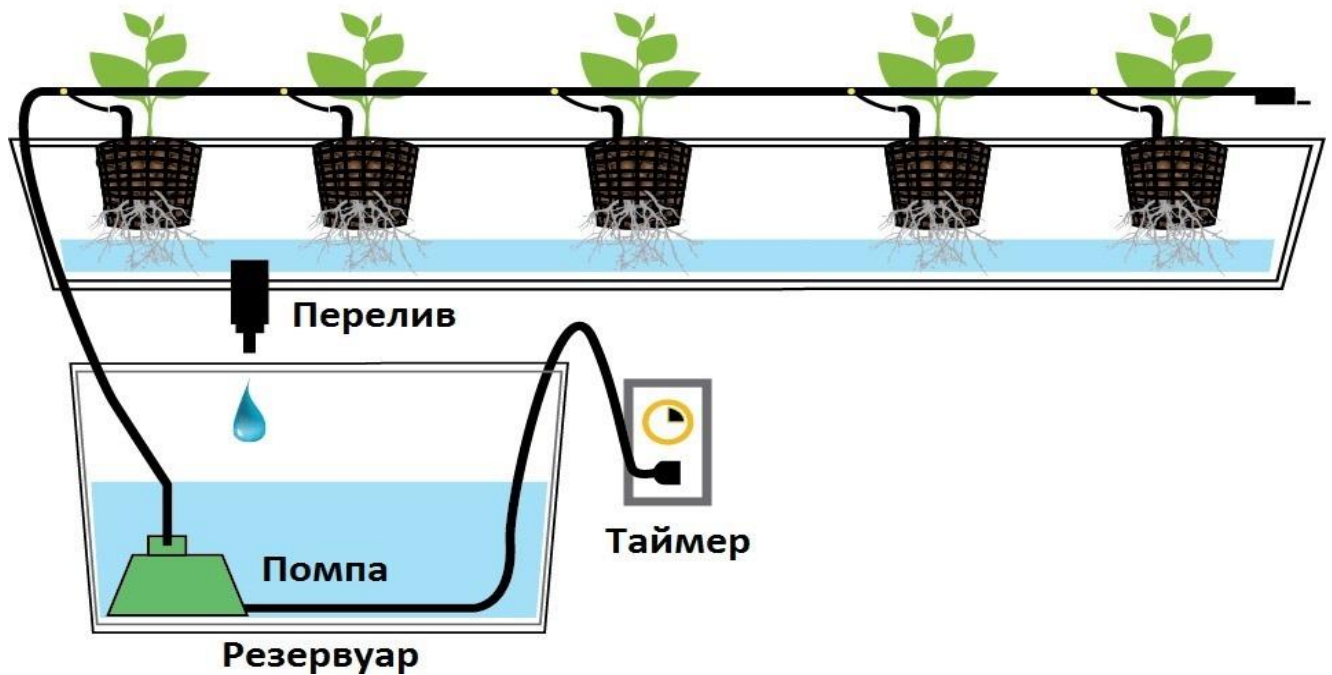


Рис. 1.6 - Елементарна схема крапельного поливу

- Дощування - це особливий вид автоматичного поливу, при якому вода потрапляє зверху на рослини (рис. 1.7). При подачі достатньої напору води в шланг, пристрій починає її розбризкувати по площі теплиці. Для даного виду зрошення використовуються системи з розпилювальними насадками, різновиди яких можуть охоплювати велику територію, обертаючись по-коло своєї осі. Недоліком дощування є те, що на стебла і листя культур потрапляє вода, що не завжди може бути допустимим.

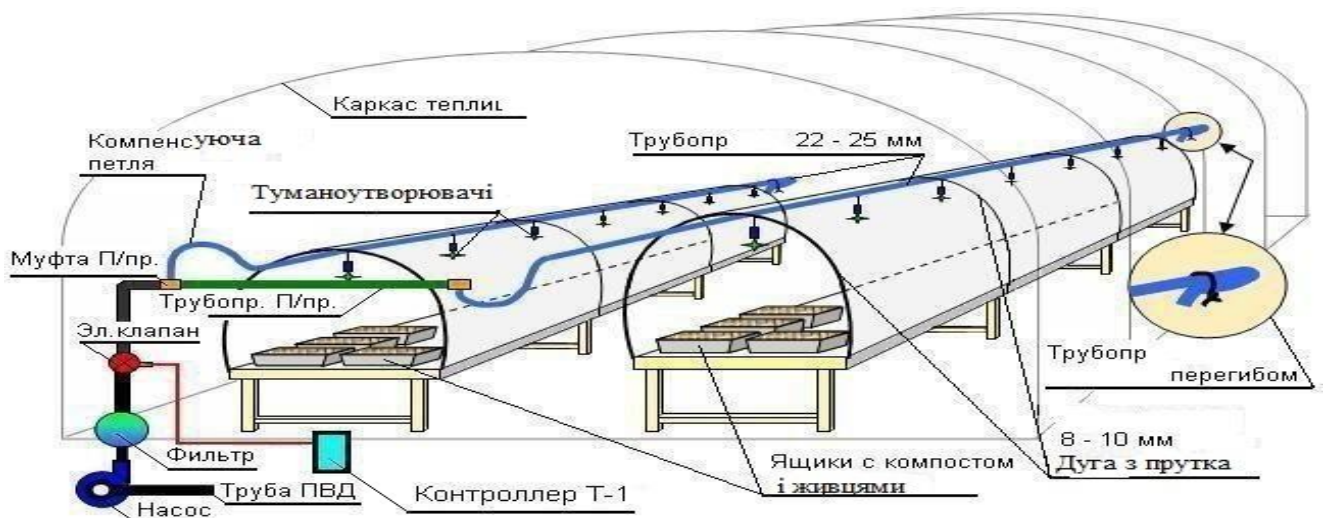


Рис. 1.7 - Дощування

- внутрішній полив - один з найбільш витратних видів зрошення. Даний спосіб поливу полягає в використанні пористих труб, зариватися всередину

грунту (рис.2.9). Його логічніше використовувати в великих теплицях, де проводиться вирощування культур багаторічного зростання, в такому випадку вкладення є виправданими.

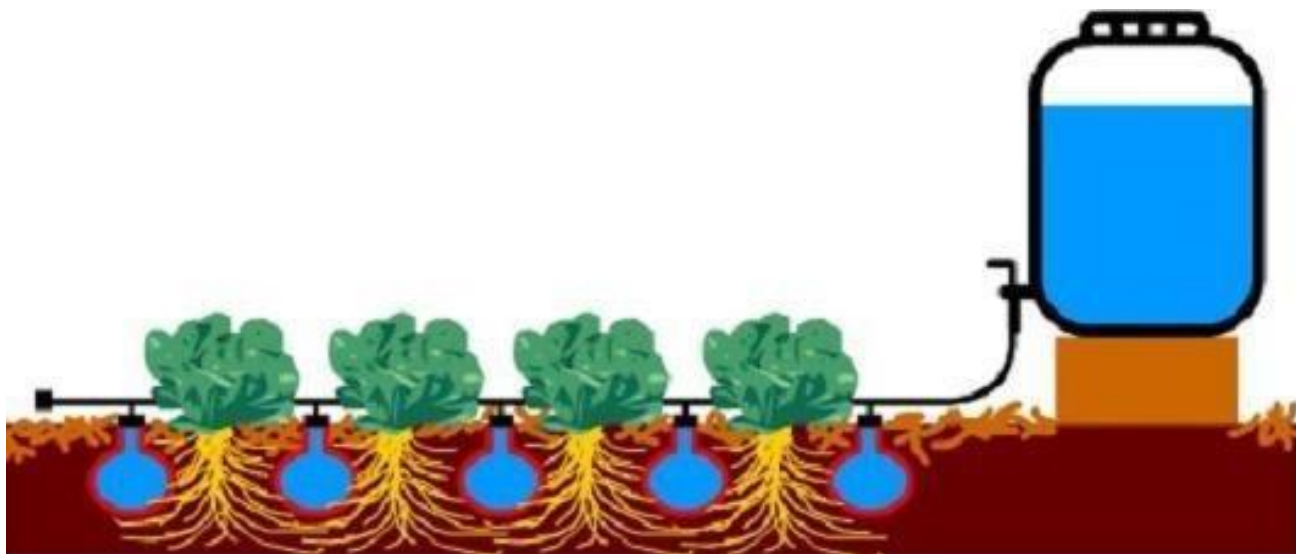


Рис. 1.8 - Внутрішній полив

Автоматичне управління вологісним режимом ґрунту і повітря в теплицях здійснюється системою управління по сигналу датчиків вологості ґрунту або повітря. Зволоження повітря і ґрунту відбувається за допомогою способів дощування і кореневого поливу через капілярні трубки.

1.6. Система штучного освітлення в теплиці

Сучасна галузь тепличного рослинництва в Україні є однією з найбільш енергоємних і, одночасно, найбільш енергоефективних областей використання штучного освітлення. Завдяки штучному освітленню, що застосовується в теплицях, вдається усунути проблему залежності кількості світла, одержуваного рослинами від місця розташування теплиці, подовжується сезон вирощування рослин. Потрібно сказати, що в промислових теплицях давно використовується автоматичне керування електродосвічування (рис. 2.10). Для цього застосовуються щити управління досвічуванням, які дозволяють централізовано, дистанційно або автоматично за програмою включати всю систему досвічування або її частину. Крім того, система автоматичного управління мікрокліматом дозволяє відповідно до інтенсивності світлового дня міняти час включення досвічування і світловий потік, що дозволяє найбільш раціонально витратити електроенергію.



Рис. 1.9 - Електродосвечівання в сучасній теплиці

В фермерській теплиці теж можна поставити автоматичне включення і виключення світла - такі системи можна зробити самому, якщо є технічні навички, або пошукати готові в продажу. Суть системи проста: використання фотоелемента і реле часу. Стало темно - включилося світло, пройшло деякий час - вимкнувся.

Автоматизація процесів штучного освітлення і опромінення, використовувані в зв'язку з високими експлуатаційними витратами електродосвечівання в основному при вирощуванні розсади, передбачає управління по тимчасовій програмі з метою оптимального чергування тривалості опромінення і тіньової паузи з урахуванням фотоперіодического ефекту. Досліджується також можливість автоматичного управління дозою, спектральним складом й інтенсивності опромінення рослин в теплицях.

Після докладного розгляду існуючих технологій в області тепличного господарства було вирішено реалізувати в даному проєкті наступні керування впливу:

- управління температурою повітря
- управління температурою ґрунту
- управління системою поливу
- управління освітлювальними установками.

Розділ 2 Шляхи підвищення енергоефективності тепличних господарств

2.1 Загальний огляд та історія розвитку тепличних господарств

Підприємства закритого ґрунту мають багато технологічних та організаційно-економічних особливостей, але їхнє створення підпорядковується загальним теоретико-методологічним закономірностям цього процесу. Зовні він видається простим. Власник приймає рішення щодо створення такого підприємства і замовляє відповідним проектним установам розробку проекту. Розроблений проект втілюється в життя будівельно-монтажними підприємствами також на замовлення власника і за його кошти. Можуть бути і відхилення від цієї традиційної схеми і послідовності етапів у випадках, коли нове підприємство організується шляхом об'єднання (злиття) кількох існуючих підприємств закритого ґрунту або, навпаки, розукрупнення якогось великого підприємства. Проте у будь-якому з цих випадків управлінське рішення щодо створення підприємства закритого ґрунту не може бути суто вольовим, адміністративним. Воно вимагає відповідного обґрунтування. Зміст цього обґрунтування передбачає, насамперед, методологічні аспекти.

За такої постановки питання першим елементом методологічних засад створення підприємства закритого ґрунту цілком правомірно назвати розробку його маркетингової концепції. Термін “маркетинг” для вітчизняної економічної науки є порівняно новим, що потребує з'ясування його змісту. В його основі лежить термін “ринок” (англ. market). У найбільш загальному трактуванні маркетинг означає ринкову діяльність, тобто – збут продукції на ринку. Проте ринок існує дуже давно, а поняття маркетинг виникло порівняно недавно і за певних передумов. Основними з них є чотири: виникнення масового виробництва на основі розвитку науки та впровадження її досягнень у виробництво, коли стало можливим виробляти все й у будь-яких розмірах, тобто доводити обсяги виробництва до рівня, який перевищує платоспроможний попит; повне насичення ринку і навіть перевиробництво; зростання доходів населення, послаблення класового протистояння і поява соціального партнерства; підвищення культури споживання. Отже, товарів з'явилося багато,

але одночасно урізноманітнилились і вимоги споживача до них, якісно зросли потреби.

2.2 Теплиці технології енергозберігання та їх конструкції

Види теплиць за сезоном використання:

- зимові теплиці, які використовуються протягом усього року;
- весняні теплиці, час використання яких – лютий-жовтень .

У свою чергу, залежно від будівельних ознак, технологічних процесів, засобів покриття, обігріву, профілю споруди закритого ґрунту розподіляються на:

- овочеві, розсадні, для вирощування квітів;
- ґрунтові, стелажні, гідропонні, фітотрони;
- скляні, плівкові;
- з водно-трубним і тепло-генераторним обігрівом;
- ангарні і блочні;
- одно-прогінні й багато-прогінні;
- каркасні і безкаркасні;
- дерев'яні, дерево-металеві, алюмінієві, з полімерних матеріалів, залізобетону .

При конструюванні теплиць враховують навантаження вітрів, снігу, маси шпалери з підв'язаними до них рослинами, мас обладнання, мас конструкцій, специфіку монтажу, температуру, стан ґрунту, економічні показники . Техніко-економічні показники теплиць залежать від умов регіону, конструкції тепличних блоків, обсягів роботи, конструкційних рішень, вартості матеріалу, ефективності оснащення, обладнання, забезпечення оптимальних умов росту і розвитку рослин, організації контролю за процесами, забезпечення урожаю і якості, окупності витрат.

Зимові теплиці повинні забезпечувати оптимальні умови для росту і розвитку рослин в осінньо-зимовий і зимово-весняний періоди. Для цього необхідно забезпечити температуру, освітлення, наявність поживних речовин,

доступність повітря і CO₂, вологість, можливості вирощування культур круглий рік, автоматизацію процесів, моніторинг стану рослин.

Ангарні теплиці – багато-секційні теплиці у вигляді крупних ізольованих приміщень під двосхилим дахом з шириною теплиць 10-25 м, інколи без проміжних опор. В ангарних теплицях тепловий режим і режим вологості при коливанні температури зовнішнього повітря мають відзначатися великою стійкістю. В таких теплицях рослини не страждають від холодного повітря завдяки великому просторові між рослиною і дахом. Подібні теплиці будували за проектом 134-59 “Росдіпросільгоспбуд” у ряді областей України, в тім числі і в колишньому радгоспі “Київська овочева фабрика”. На заміну їм прийшли нові гідропонні теплиці за проектом №8-04-273 “Укрдіпросільбуду”. В таких теплицях рослини вирощувалися в залізобетонних коритах-піддонах, які заповнюються штучними субстратами (гранітний щебінь, керамзит).

За використанням площі існують 3 види теплиць: стелажні, ґрунтові, комбіновані. Стелажні теплиці використовують для вирощування розсади і другим оборотом – для ранньостиглих детермінантних гібридів помідора. Застосування стелажів зменшує коефіцієнт корисної дії площі, підвищує трудомісткість обслуговування і вартість теплиці. Взимку у стелажній теплиці легше підтримувати оптимальний режим температури, а обмежені об’єми для росту і розвитку рослин сприяють прискореному досягненню плодів помідора. Оптимальна ширина стелажа – 60-80 см, основних проходів між стелажми – 100 см, другорядних – 50-70 см.

Ґрунтові теплиці мають максимальний коефіцієнт корисної площі (до 85%), стан температури й вологість ґрунту, пристосовані до механізованого обробітку.

Блочні теплиці – це об’єднання двосхилих теплиць без проміжків між секціями, а бічні простінки замінені стоками. Стіни їх засклені. Кожна окрема двосхила теплиця входить до складу блока і називається ланкою. Блочні теплиці бувають двох, трьох-, чотирьохланкові і т.д. Ширина окремих ланок становить від 6 до 12 м.

В Україні будували голландські блочні теплиці, які економніші ангарних. Вони менш метало-місткі, простіші за конструкцією, економічніші щодо обігріву. Блочні теплиці можуть бути таких конструкцій:

- з прогоном 8 x 4,3 м, висотою колон від фундаменту до лотка 4,5 (5) м;
- з прогоном 9,6 x 4 м, висотою 4 м, (4,5; 5 м);
- з прогоном 12,8 x 4 м, висотою до 5 м.

Весняні плівкові теплиці більш спрощені, і значно дешевші. Обігрів у них, в основному, калориферний. Існують весняні теплиці на сонячному обігріванні, з аварійним обігріванням чи без нього.

Для круглосизонних теплиць використовують систему рекуперації повітря

Вентиляція з рекуперацією тепла – це інноваційна технологія, яка дозволяє значно підвищити енергоефективність будівель. Її суть полягає в тому, щоб використовувати тепло, яке зазвичай втрачається при вентиляції, для нагрівання свіжого повітря, що подається в приміщення.

Як це працює?

Уявіть собі теплицю, де постійно працює вентиляція. Коли відпрацьоване повітря виводиться назовні, воно забирає з собою частину тепла, що призводить до втрат енергії. Вентиляція з рекуперацією тепла усуває цю проблему. Вона оснащена спеціальним пристроєм – рекуператором, який розділяє потоки свіжого та відпрацьованого повітря. При цьому тепло від витяжного повітря передається до припливного, не дозволяючи йому розсіюватися в навколишнє середовище.

Взимку: Тепле відпрацьоване повітря нагріває холодне припливне, завдяки чому в приміщення надходить вже підігріте повітря. Це дозволяє зменшити навантаження на систему опалення і, відповідно, знизити витрати на енергоносії.

Влітку: Принцип дії аналогічний, але зворотний. Тепле припливне повітря віддає частину свого тепла відпрацьованому, що дозволяє знизити температуру в теплиці без використання кондиціонерів.

Вентиляція з рекуперацією енергії – це більш розширений концепт, який включає не тільки рекуперацію тепла, але й відновлення вологості. Це особливо важливо в зимовий період, коли опалювальні прилади сушать повітря в

теплицях. Рекуператори енергії дозволяють підтримувати оптимальний рівень вологості, що позитивно впливає на рослини.

Переваги вентиляції з рекуперацією:

Енергоефективність: Значне зниження витрат на опалення та кондиціювання.

Оптимальна вологість: Запобігає розвитку грибків і позитивно впливає на роста гро культур.

Екологічність: Зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу завдяки зниженню споживання енергії.

Коли варто встановити вентиляцію з рекуперацією?

Така система буде доречна у закритих теплицях зимового, а також висняно осіннього періоду або комерційному приміщенні, де важливі енергоефективність,

Типи систем вентиляції з рекуперацією тепла Загалом, системи вентиляції з рекуперацією тепла можуть мати різні форми. Однак всі вони мають стандартизовану конструкцію, що включає певну форму теплообмінника. Основними елементами є: роторні теплообмінники (колеса), пластинчасті теплообмінники (з фіксованим сердечником), теплові трубки та аеродинамічні змійовики. Всі ці варіанти є технологіями, які добре зарекомендували себе протягом більш ніж 20 років. Роторні теплообмінники - це пластикові або металеві пристрої, які обертаються між колесами, потоками витяжного і зовнішнього повітря. Вони вловлюють тепло від одного повітряного потоку і передають його іншому.

Металеві колеса можуть передавати тільки тепло (енергію). У той же час, деякі пластикові колеса, просочені вологопоглиначами, можуть поглинати і віддавати вологу. Колеса є найпоширенішим пристроєм для рекуперації тепла. Основними перевагами роторних теплообмінників є низькі початкові витрати, прийнятні втрати тиску і простота монтажу, обслуговування та експлуатації. Пластини з нерухомим сердечником Пластини з нерухомим сердечником, як правило, більші і дорожчі, ніж колеса. Однак вони більш надійні і мають довший термін служби завдяки відсутності рухомих частин. Замість коліс повітря проходить через ряд каналів. Повітря передає енергію, нагріваючи або

охладжуючи матеріал між каналами. Щоб зрозуміти цей процес, візьмемо приклад з повсякденного життя. Банку з гарячою рідиною поміщають у відро з льодом. Лід охолоджує металеву бляшанку, а бляшанка охолоджує рідину. Лід не торкається рідини, але все одно охолоджує її. Пластини з нерухожим сердечником можуть бути виготовлені з металу, пластику або паперу. Теплові труби Теплові труби - це мідні трубки з холодоагентом всередині. Вони розміщуються між двома повітряними потоками (зовнішнім і внутрішнім). Один з повітряних потоків нагріває і випаровує холодоагент в трубі. Пара рухається вздовж труби і потрапляє в інший потік повітря. Коли інший потік повітря охолоджує трубу, холодоагент конденсується. При цьому холодоагент віддає все своє тепло холодному повітрю. Потім охолоджений холодоагент повертається в потік гарячого повітря. Порівняно з іншим.

Теплообмінники та теплові труби потребують мінімального обслуговування. Їх слід використовувати лише тоді, коли повітря обробляється в одній системі. Аеродинамічні змійовики Аеродинамічні змійовики схожі на теплові труби. Однак аеродинамічні змійовики зазвичай використовують, коли потоки витяжного і припливного повітря знаходяться на значній відстані один від одного. Система складається з двох водяних змійовиків, один з яких розміщується в потоці витяжного повітря, а інший - в потоці припливного. Вони з'єднані трубопроводом і заповнені сумішшю води і гліколю. Ця рідина механічно перекачується між двома змійовиками. Тепло уловлюється в одному потоці повітря і віддається в іншому. Як працює центральна система вентиляції з рекуперацією тепла? Централізована система вентиляції з рекуперацією тепла складається з декількох елементів: вхідний отвір принаймні в одному приміщенні будівлі, вихідний отвір, що відповідає кожному вхідному отвору, і вентиляційна установка з рекуперацією тепла. Зовнішнє повітря потрапляє в систему через вхідний отвір і спрямовується до теплообмінника.

У той же час, у зворотному напрямку з приміщення витікає застаріле (але тепле) повітря. Це повітря також проходить через теплообмінник, але не з'єднується з холодним свіжим повітрям. Замість цього обидва повітряні потоки проходять поруч в окремих трубах. Тепле повітря всередині будівлі нагріває

свіже холодне повітря ззовні, а тепле свіже повітря надходить всередину будівлі. Як працюють децентралізовані системи з рекуперацією тепла? Децентралізовані системи вентиляції з рекуперацією тепла працюють за тим же принципом, що і центральні системи вентиляції. Вони створюють циркуляцію повітря без втрати тепла. Однак замість того, щоб вентилювати всю будівлю з однієї центральної точки, система працює в менших масштабах. Це дозволяє вирішувати проблеми енергоефективності по кімнатах. Децентралізовані рекуператори не потребують великих площ для встановлення. Вони працюють у короткому циклі, який автоматично перемикається під час роботи. У першому циклі установка всмоктує застаріле повітря і вологу з будівлі. Коли повітря проходить через установку, воно зберігає тепло.

Працюючи циклічно, невеликий блок може сприяти повітрообміну, не змішуючи вхідні та вихідні потоки повітря. Як тільки установка переходить до другого циклу, вона передає тепло припливному свіжому повітрю. Децентралізована рекуперація тепла є ідеальним варіантом для переобладнання та модернізації. Він особливо підходить для невеликих або старих будинків, оскільки обладнання є дуже компактним. Встановлення декількох установок вздовж заводу може дати результати, подібні до централізованих систем. Однак слід пам'ятати, що рекуперація тепла вимагає належної герметичності для запобігання витоку повітря. Читайте також: як вибрати рекуператор для побутового використання. Обслуговування Системи рекуперації тепла потребують дуже незначного обслуговування. Вам потрібно лише міняти фільтри в системі один або два рази на рік. Установка гарантує, що якість повітря у всій будівлі залишається незмінно високою. Повітряний потік фільтрується перед розподілом і тому, як правило, не містить пилу.

Розділ 3 Технічна реалізація системи автоматизації

3.1 Схема структурна

Сучасне тепличне господарство - дуже складний технологічний об'єкт. Основні технологічні завдання, які вирішуються на об'єкті - оптимальне підтримання мікроклімату (освітлення, полив, підтримання оптимальної температури) можливо вирішити тільки на рівні сучасних технологій, включаючи комп'ютерне управління. Для підвищення врожайності теплиці важлива мінімальна часовий режим дозрівання культур - вони можуть бути досягнуті при допомозі інтенсивних методів вирощування рослин. На підставі висновків, зроблених у другому розділі було вирішено реалізувати управління температурою повітря і ґрунту, системою поливу і освітленням (рис. 3.1).

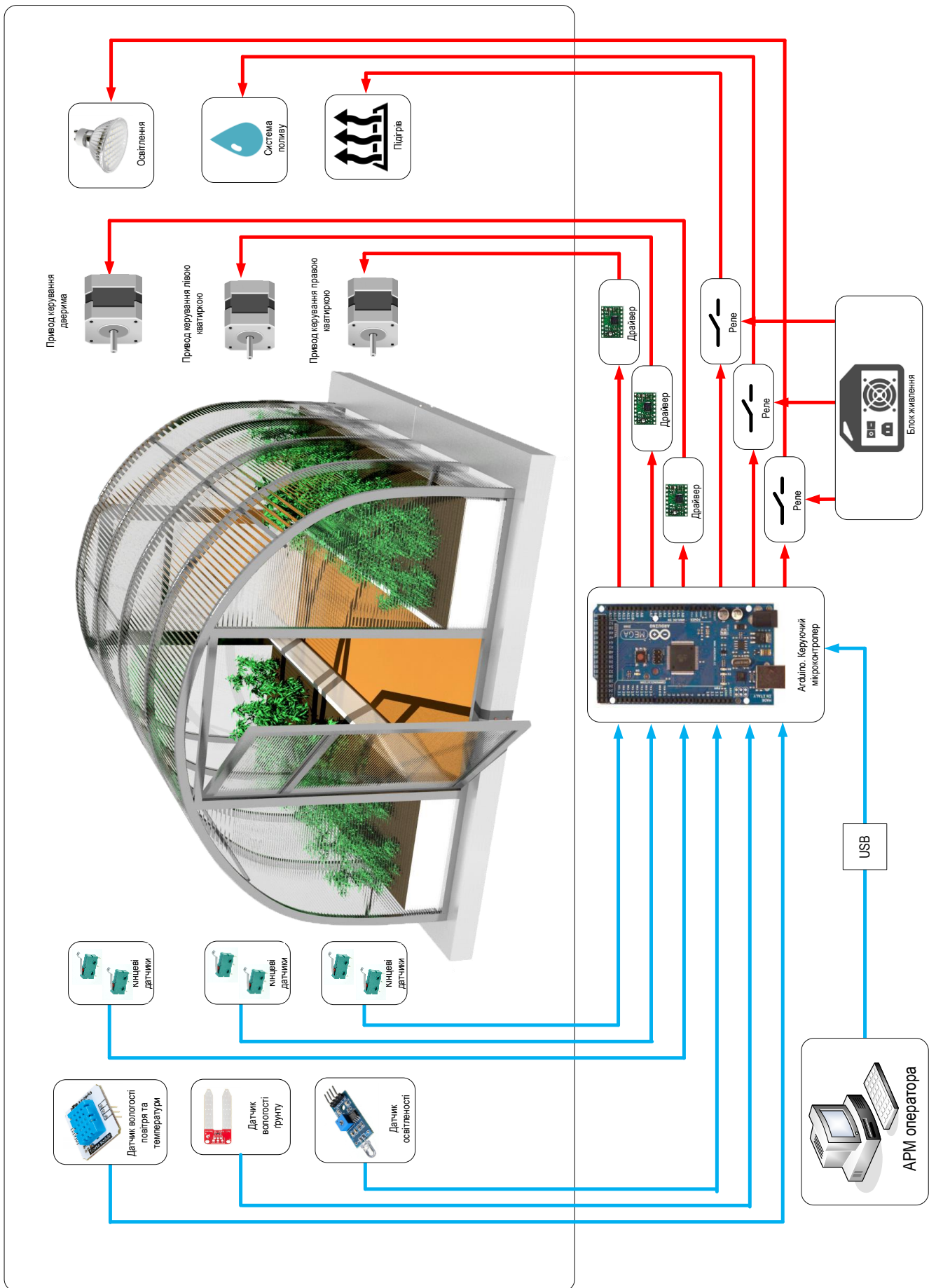


Рис. 3.1 Схема структурна

3.2 Схема електрична функціональна

На основі розробленої структурної схеми проводимо розробку функціональної схеми автоматизації. Функціональна схема автоматизації представлена на рис.3.2.

Як видно з рис.3.2, на схемі показано підключення виконавчих механізмів та вимірювальної апаратури до зазначених входів / виходів інтерфейсної плати та контролера. До дискретного входу інтерфейсної плати під'єднано 4 кінцевих датчики. На щиті автоматики встановлені елементи GT (дистанційна передача сигналів від чутливого елемента GE датчику). На функціональній схемі чутливі елементи показано по місцю, де він знаходиться.

Із виходів інтерфейсної плати, які з'єднані з драйверами крокових двигунів (на схемі зазначено SY, встановлені на щиті автоматики), з'єднано з кроковими двигунами M2, M3, M4. Також до виходів під'єднано пускову апаратуру NS, що відкриває електромагнітний клапан YA1 (подача води), лампи HL1 і HL2 та двигун M1.

Також по місцю розміщено датчики UE та TE, які використовуються для контролю відповідних параметрів, таких як освітлення та температ

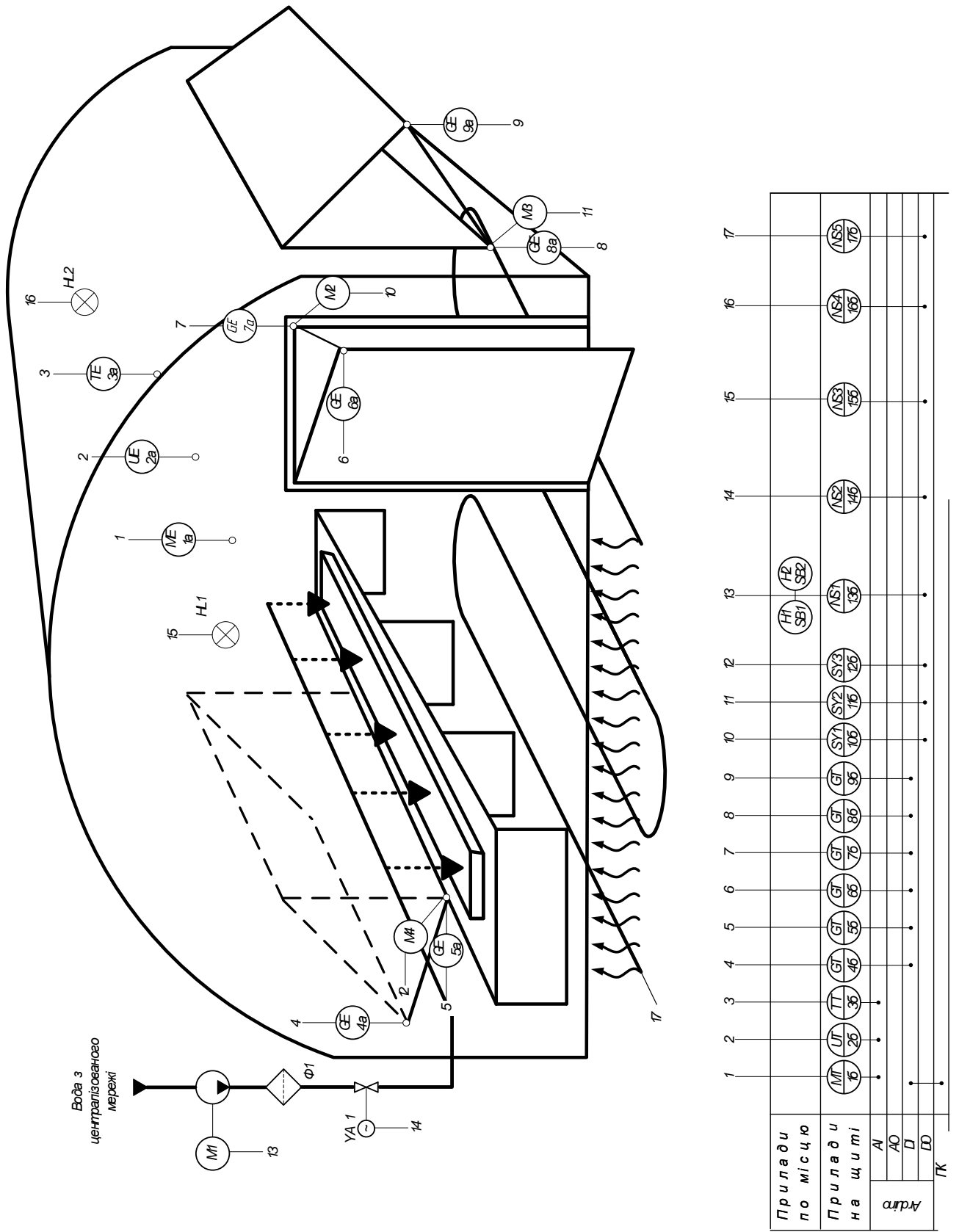


Рис. 3.2 Схема електрична функціональна

3.3 Драйвер керування А4 988

Для того, щоб керувати кроковим двигуном за допомогою мікроконтролера, необхідно використовувати драйвер.

Драйвер крокового двигуна - це електронний силовий пристрій, який на підставі цифрових сигналів управління управляє великопотужними високовольтними обмотками крокової двигуна і дозволяє кроковому двигуну робити кроки (обертатися).

Управляти кроковим двигуном (КД) набагато складніше ніж звичайним колекторним двигуном - потрібно в певній послідовності переключати напруги в обмотках з одночасним контролем струму. Тому для управління ШД розроблені спеціальні пристрої - драйвери крокових двигунів. Драйвер КД дозволяє управляти обертанням ротора КД відповідно до сигналів управління і електронним способом ділити фізичний крок КД на більш дрібні дискрети.

До драйверу КД підключається джерело живлення, сам КД (його обмотки) і сигнали управління. Стандартом за сигналами управління є управління сигналами STEP / DIR або CW / CCW і сигнал ENABLE.

Протокол STEP / DIR:

Сигнал STEP - тактується сигнал, сигнал кроку. Один імпульс призводить до повороту ротора ШД на один крок (не фізичний крок ШД, а крок виставлений на драйвері - 1:1, 1:8, 1:16 і т.д.). Зазвичай драйвер відпрацьовує крок по передньому або задньому фронту імпульсу.

Сигнал DIR - Потенційний сигнал, сигнал напрямки. Логічна одиниця - КД обертається за годинниковою стрілкою, нуль - КД обертається проти годинникової стрілки, або навпаки. Інвертувати сигнал DIR зазвичай можна або з програми управління або поміняти місцями підключення фаз ШД в роз'ємі підключення драйвера. Технічні характеристики драйверу моделі А4988 представлені в табл. 2.4. Зовнішній вигляд драйвера представлений на рис. 2.18. Схема підключення представлена на рис. 2.19.

Таблиця 3.1

Технічні характеристики драйверу моделі А4988

Параметр	Значення
Струм на обмотку, А	2
Напруга на обмотку, В	8,2 - 35
Живлення драйвера, В	3 – 5,5
Дроблення кроку	1/2, 1/4, 1/8, 1/16

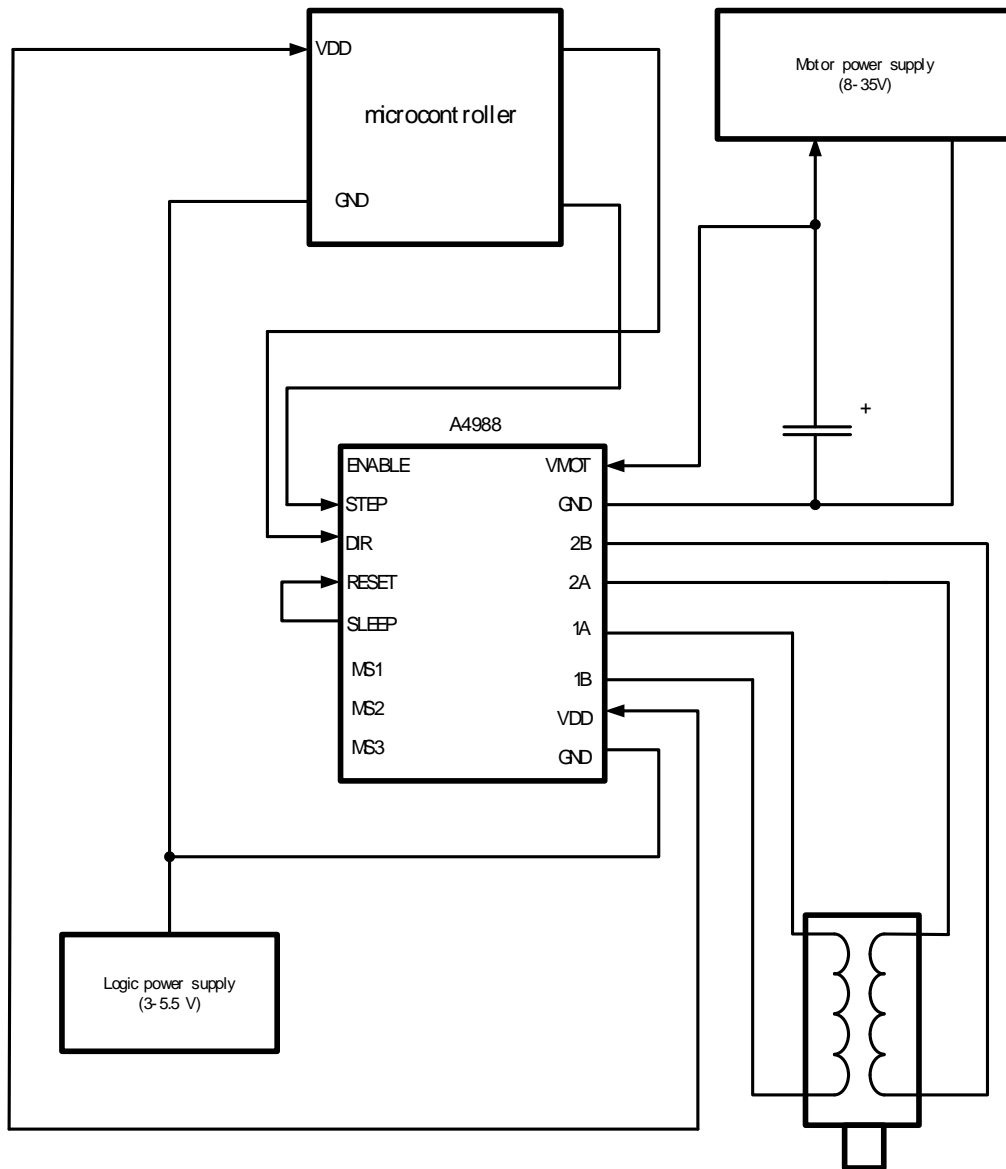


Рис. 3.3 Схема драйвера керування A4 988

3.4 Схема блоку керування

На схемі (рис. 3.4) відображені всі функціональні елементи системи (Датчики, реле, освітлення і т.д.) з висновком поточної інформації про стан цих елементів і відповідними перемикачами для відправки команд на нижній рівень.

Основними параметрами системи для управління процесом вирощування культури є:

- Внутрішня вологість і температура теплиці (C °)
- Зовнішня температура (C °)
- Вологість і температура землі (%)
- Освітленість (Люкси - Lx)
- Обсяг води, доступний для поливу

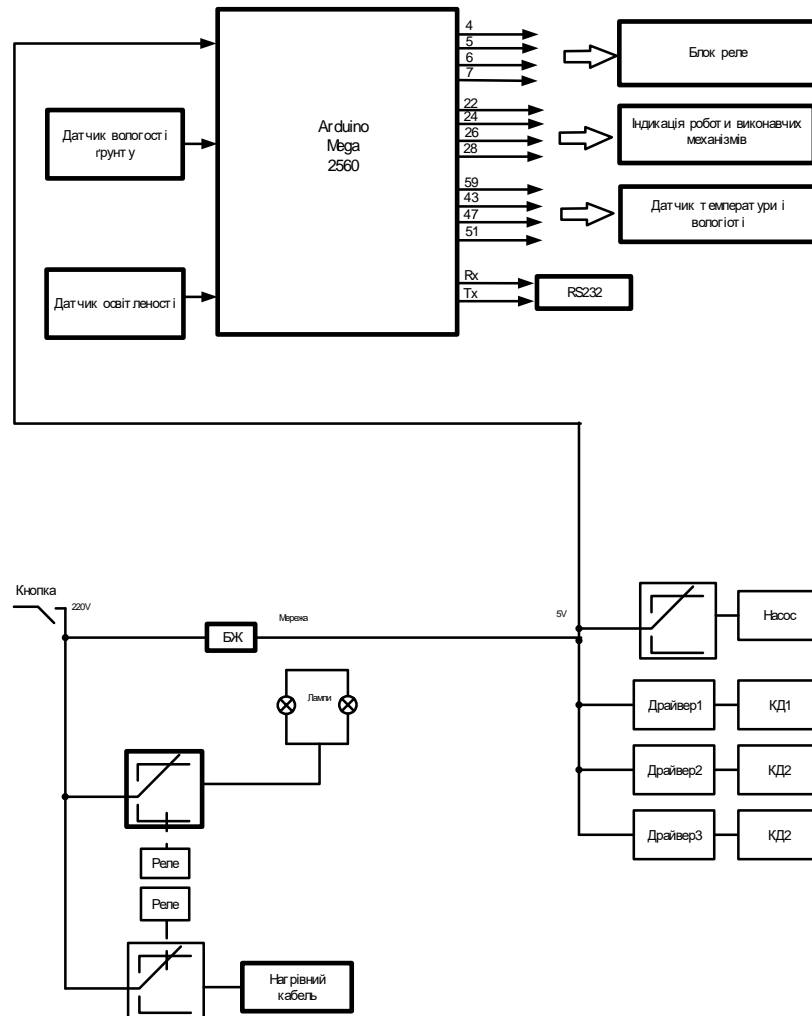


Рис. 3.4 Схема блоку керування

3.5 Загальні відомості контролера Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 - це пристрій на основі мікроконтролера ATmega2560 (datasheet). Він містить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 54 цифрових входи/виходи (з яких 15 можуть використовуватися як ШІМ-виходи), 16 аналогових входів, 4 UART (апаратних прийомопередавачі для реалізації послідовних інтерфейсів), кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм ICSP для внутрішньосхемного програмування та кнопку скидання. Для початку роботи з пристроєм достатньо просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю. Arduino Mega сумісний з більшістю плат розширення, розроблених для Arduino Duemilanove та Diecimila.

Mega 2560 - це оновлена версія Arduino Mega.

Arduino Mega 2560 відрізняється від усіх попередніх плат тим, що в ньому для перетворення інтерфейсів USB-UART замість мікросхеми FTDI використовується мікроконтролер ATmega16U2 (ATmega8U2 у версіях плати R1 та R2).

На платі Mega 2560 версії R2 доданий резистор, що підтягує до землі лінію HWB мікроконтролера 8U2. Така міра дозволяє спростити процес оновлення прошивки та перехід пристрою в режим DFU.

Зміни на платі версії R3 наведені нижче:

Розпиновка 1.0: додані виводи SDA та SCL (поруч з виводом AREF), а також два нових виводи, розташовані поруч з виводом RESET. Перший - IOREF - дозволяє платам розширення підлаштовуватися під робочу напругу Arduino. Цей вивід передбачений для сумісності плат розширення як з 5В-Arduino на базі мікроконтролерів AVR, так і з 3.3В-платами Arduino Due. Другий вивід не підключений ні до чого і зарезервований для майбутніх цілей.

Улучшена помехоустойчивость цепи сброса.

Микроконтроллер ATmega16U2 заменен на 8U2.

Мікроконтролер	ATmega2560
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи/виходи	54 (из которых 15 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов)
Аналогові входи	16
Максимальний струм одного висновку	40 мА
Максимальний вихідний струм виведення 3.3V	50 мА
Flash-пам'ять	256 КБ из которых 8 КБ используются загрузчиком
SRAM	8 КБ
EEPROM	4 КБ
Тактова частота	16 МГц

Живлення Arduino Mega

Arduino Mega може живитися від USB-порту або від зовнішнього джерела живлення. Тип джерела вибирається автоматично.

Як зовнішнє джерело живлення (не USB) можна використовувати мережевий адаптер змінного/постійного струму (AC/DC) або акумулятор/батарейку. Штекер адаптера (діаметр 2,1 мм, центральний контакт – позитивний) слід вставити у відповідний роз'єм живлення на платі. Якщо живити від акумулятора/батарейки, їх провідники потрібно підключити до виводів GND і Vin роз'єму POWER.

Напруга зовнішнього джерела живлення може бути в межах від 6 до 20 В.

Однак, зменшення напруги живлення нижче 7 В призводить до зменшення напруги на виводі 5 В, що може спричинити нестабільну роботу пристрою.

Використання напруги більше 12 В може призвести до перегріву стабілізатора

напруги і виходу плати з ладу. З огляду на це, рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12 В.

Виводи живлення, розташовані на платі, перелічені нижче:

VIN: Напруга, що надходить в Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення (не пов'язана з 5 В від USB або іншою стабілізованою напругою).

Через цей вивід можна як подавати зовнішнє живлення, так і споживати струм, коли пристрій живиться від зовнішнього адаптера.

5V: На цей вивід надходить напруга 5 В від стабілізатора напруги на платі, незалежно від того, як живиться пристрій: від адаптера (7-12 В), від USB (5 В) або через вивід VIN (7-12 В). Живити пристрій через виводи 5 В або 3.3 В не рекомендується, оскільки в цьому випадку не використовується стабілізатор напруги, що може призвести до виходу плати з ладу.

3V3: 3.3 В, що надходять від стабілізатора напруги на платі. Максимальний струм, що споживається від цього виводу, становить 50 мА.

GND: Виводи землі.

IOREF: Цей вивід надає платам розширення інформацію про робочу напругу мікроконтролера Arduino. Залежно від напруги, зчитаної з виводу IOREF, плата розширення може переключитися на відповідне джерело живлення або задіяти перетворювачі рівнів, що дозволить їй працювати як з 5 В, так і з 3.3 В пристроями.

Мікроконтролер ATmega2560

ATmega2560 - це мікроконтролер, що лежить в основі плати Arduino Mega. Він має такі характеристики:

Флеш-пам'ять: 256 КБ, з яких 8 КБ займає завантажувач. Використовується для зберігання програмного коду.

SRAM: 8 КБ. Оперативна пам'ять, використовується для збереження змінних під час виконання програми.

EEPROM: 4 КБ. Нелетуча пам'ять, вміст якої зберігається навіть після вимкнення живлення. Для роботи з цією пам'яттю використовується бібліотека EEPROM.

Входи та виходи

Цифрові входи/виходи: Кожен з 54 цифрових виводів Arduino Mega може бути налаштований як вхід або вихід за допомогою функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` та `digitalRead()`. Напруга на виводах обмежена 5 В. Максимальний струм, який може подавати або споживати один вивід, становить 40 мА.

Спеціальні функції виводів:

Послідовний інтерфейс: Використовується для передачі даних з іншими пристроями. Arduino Mega має кілька послідовних портів.

Зовнішні переривання: Дозволяють реагувати на зміну стану на певних виводах.

ШИМ: Генерують аналоговий сигнал за допомогою імпульсно-кодової модуляції. Використовується для керування яскравістю світлодіодів, швидкістю моторів тощо.

SPI: Високошвидкісний послідовний інтерфейс для зв'язку з іншими пристроями.

I²C: Послідовний інтерфейс для зв'язку з різними датчиками та модулями.

Світлодіод: Вбудований світлодіод, підключений до 13-го виводу.

Аналогові входи

Arduino Mega має 16 аналогових входів, які дозволяють зчитувати аналогові сигнали (наприклад, напругу з датчиків) і перетворювати їх у цифровий формат. Кожен аналоговий вхід може прийняти 1024 різних значень.

Інші виводи

AREF: Використовується для встановлення опорної напруги для аналогових входів.

Reset: При подачі на цей вивід низького рівня відбувається перезапуск мікроконтролера.

Arduino Mega 2560 надає ряд можливостей для здійснення зв'язку з комп'ютером, іншим Arduino або іншими мікроконтролерами. В ATmega2560 є чотири апаратних приємопередатчики UART для реалізації послідовних інтерфейсів (з логічним рівнем TTL 5В). Мікроконтролер ATmega16U2 (або ATmega8U2 на платах версії R1 і R2) забезпечує зв'язок одного з приємопередатчиків з USB-портом комп'ютера, і при підключенні до ПК

дозволяє Arduino визначатися як віртуальний COM-порт (для цього операційній системі Windows знадобиться відповідний .inf-файл, на відміну від OSX і Linux, де розпізнавання плати як COM-порту відбувається автоматично). В пакет програмного забезпечення Arduino входить спеціальна програма SerialMonitor, що дозволяє зчитувати і відправляти на Arduino прості текстові дані. При передачі даних через мікросхему ATmega8U2/ATmega16U2 під час USB-з'єднання з комп'ютером, на платі будуть мигати світлодіоди RX і TX. (При послідовній передачі даних за допомогою виводів 0 і 1, без використання USB-перетворювача, дані світлодіоди не задіяні).

Бібліотека

SoftwareSerial дозволяє реалізувати послідовний зв'язок на будь-яких цифрових виводах Mega2560.

В мікроконтролері ATmega2560 також реалізована апаратна підтримка послідовних інтерфейсів TWI і SPI. В програмне забезпечення Arduino входить бібліотека Wire, що дозволяє спростити роботу з шиною TWI; для отримання більш детальної інформації див. бібліотеку Wire. Для роботи з інтерфейсом SPI використовуйте бібліотеку SPI.

Програмування Arduino Mega

Arduino Mega програмується за допомогою спеціального програмного забезпечення Arduino IDE (можна завантажити тут). Для детальнішої інформації зверніться до довідки та прикладів, що входять до складу IDE.

Мікроконтролер ATmega2560, що використовується в Arduino Mega, вже має завантажено програму завантажувача (bootloader), яка дозволяє завантажувати нові програми без додаткового обладнання. Взаємодія з ним здійснюється за протоколом STK500 (більше інформації та заголовкові файли для C).

Однак, якщо необхідно, мікроконтролер можна прошити через спеціальний роз'єм ICSP (In-Circuit Serial Programming), минаючи завантажувач. Детальні інструкції можна знайти в документації.

Вихідний код прошивки для мікроконтролера ATmega16U2 (або ATmega8U2 на платах R1 і R2) доступний у репозитаріях Arduino. Прошивка ATmega16U2/8U2

містить DFU-завантажувач (Device Firmware Update), що дозволяє оновлювати його прошивку. Щоб увійти в режим DFU:

На платах версії R1: замкніть перемичку на зворотному боці плати (біля зображення Італії) і перезавантажте 8U2.

На платах версій R2 і вище: для спрощення переходу в режим DFU передбачений резистор, який з'єднує лінію HWB мікроконтролера 8U2/16U2 із землею.

Після переходу в режим DFU для завантаження нової прошивки можна використовувати програмне забезпечення Atmel's FLIP (для Windows) або DFU programmer (для Mac OS X і Linux). Також можна прошити мікроконтролер через роз'єм ISP за допомогою зовнішнього програматора, але при цьому DFU-завантажувач буде стертий. Більш детальну інформацію можна знайти в інструкціях користувачів. Автоматичний (програмний) сброс. Щоб уникнути необхідності щоразу натискати кнопку скидання перед завантаженням програми, Arduino Mega 2560 спроектовано таким чином, що дозволяє здійснювати його скидання програмно з підключеного комп'ютера. Один з виводів ATmega8U2, що бере участь в управлінні потоком даних (DTR), з'єднаний з виводом RESET мікроконтролера ATmega2560 через конденсатор номіналом 100 нФ. Коли на лінії DTR з'являється нуль, вивід RESET також переходить у низький рівень на час, достатній для перезавантаження мікроконтролера. Ця особливість використовується для того, щоб можна було прошивати мікроконтролер одним натисканням кнопки в середовищі програмування Arduino. Така архітектура дозволяє зменшити таймаут завантажувача (bootloader), оскільки процес прошивки завжди синхронізований зі спадом сигналу на лінії DTR. Однак ця система може призводити і до інших наслідків. При підключенні Mega 2560 до комп'ютерів, що працюють на Mac OS X або Linux, його мікроконтролер буде скидатися при кожному з'єднанні програмного забезпечення з платою. Після скидання на Arduino Mega2560 активується завантажувач на час близько півсекунди. Незважаючи на те, що завантажувач запрограмований ігнорувати сторонні дані (тобто всі дані, не пов'язані з процесом прошивки нової програми), він може перехопити кілька

перших байтів даних з посилки, що відправляється платі відразу після встановлення з'єднання. Відповідно, якщо в програмі, що працює на Arduino, передбачено отримання від комп'ютера якихось налаштувань або інших даних при першому запуску, переконайтеся, що програмне забезпечення, з яким взаємодіє Arduino, здійснює відправку через секунду після встановлення з'єднання.

На платі Mega 2560 існує доріжка (позначена як "RESET-EN"), розімкнувши яку, можна вимкнути автоматичний скидання мікроконтролера. Для повторного відновлення функції автоматичного скидання необхідно спаяти між собою виводи, розташовані по краях цієї доріжки. Автоматичний скидання також можна вимкнути, підключивши резистор номіналом 110 Ом між виводом RESET і 5V; для отримання більш детальної інформації дивіться відповідну гілку форуму.

Захист USB від перевантажень

В Arduino Mega 2560 встановлені відновлювані запобіжники, які захищають USB-порт комп'ютера від коротких замикань та перевантажень. Хоча більшість комп'ютерів мають власний захист, такі запобіжники забезпечують додатковий рівень безпеки. Якщо споживання струму від USB-порту перевищує 500 мА, запобіжник автоматично розірве з'єднання до усунення причин короткого замикання або перевантаження.

Фізичні характеристики та сумісність з розширювальними платами
Максимальна довжина та ширина друкованої плати Mega2560 становлять 10.2 см та 5.4 см відповідно, з урахуванням USB-роз'єму та роз'єму живлення, які виступають за межі плати. Три кріпильні отвори дозволяють закріпити плату на поверхні або в корпусі. Зверніть увагу, що відстань між цифровими виводами 7 та 8 не кратна традиційним 2.54 мм і становить 4 мм.

Arduino Mega2560 спроектована таким чином, щоб бути сумісною з більшістю розширювальних плат для Arduino Uno, Diecimila та Duemilanove. Для цього цифрові виводи 0-13 (а також суміжні з ними виводи AREF та GND), аналогові входи 0-5, роз'єм живлення та ICSP-роз'єм на всіх платах розташовані однаково. Крім того, в перелічених пристроях лінії основного

приємопередатчика UART з'єднані з одними і тими ж виводами (0 та 1), як і лінії зовнішніх переривань 0 та 1 (виводи 2 та 3 відповідно). Лінії інтерфейсу SPI виведені на роз'єм ICSP на обох платах – як на Mega2560, так і на Duemilanove / Diecimila. Слід мати на увазі, що на Arduino Mega розташування виводів інтерфейсу I2C відрізняється від плат Duemilanove / Diecimila: на Arduino Mega це виводи 20 та 21, а на Duemilanove / Diecimila – аналогові входи 4 та 5.

3. 6 Принципова схема контролера Arduino Mega 2560

Мікроконтролер ATmega16U2 забезпечує зв'язок мікроконтролера ATmega2560 з USB-портом комп'ютера. При підключенні до ПК Arduino Mega 2560 визначається як віртуальний COM-порт. Прошивка мікросхеми 16U2 використовує стандартні драйвера USB-COM - установка зовнішніх драйверів не потрібно.

Роз'єм USB Type-B призначений для прошивки платформи Arduino Mega 2560 за допомогою комп'ютера. ICSP-роз'єм призначений для внутрисхемного програмування мікроконтролера ATmega2560. Також із застосуванням бібліотеки SPI дані висновки можуть здійснювати зв'язок з платами розширення по інтерфейсу SPI. Лінії SPI виведені на 6-контактний роз'єм, а також продубльовані на цифрових пінах 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK) і 53 (SS). ICSP-роз'єм для внутрисхемного програмування мікроконтролера ATmega16U2. Принципова схема даної моделі контролера представлена на (рис. 3.5

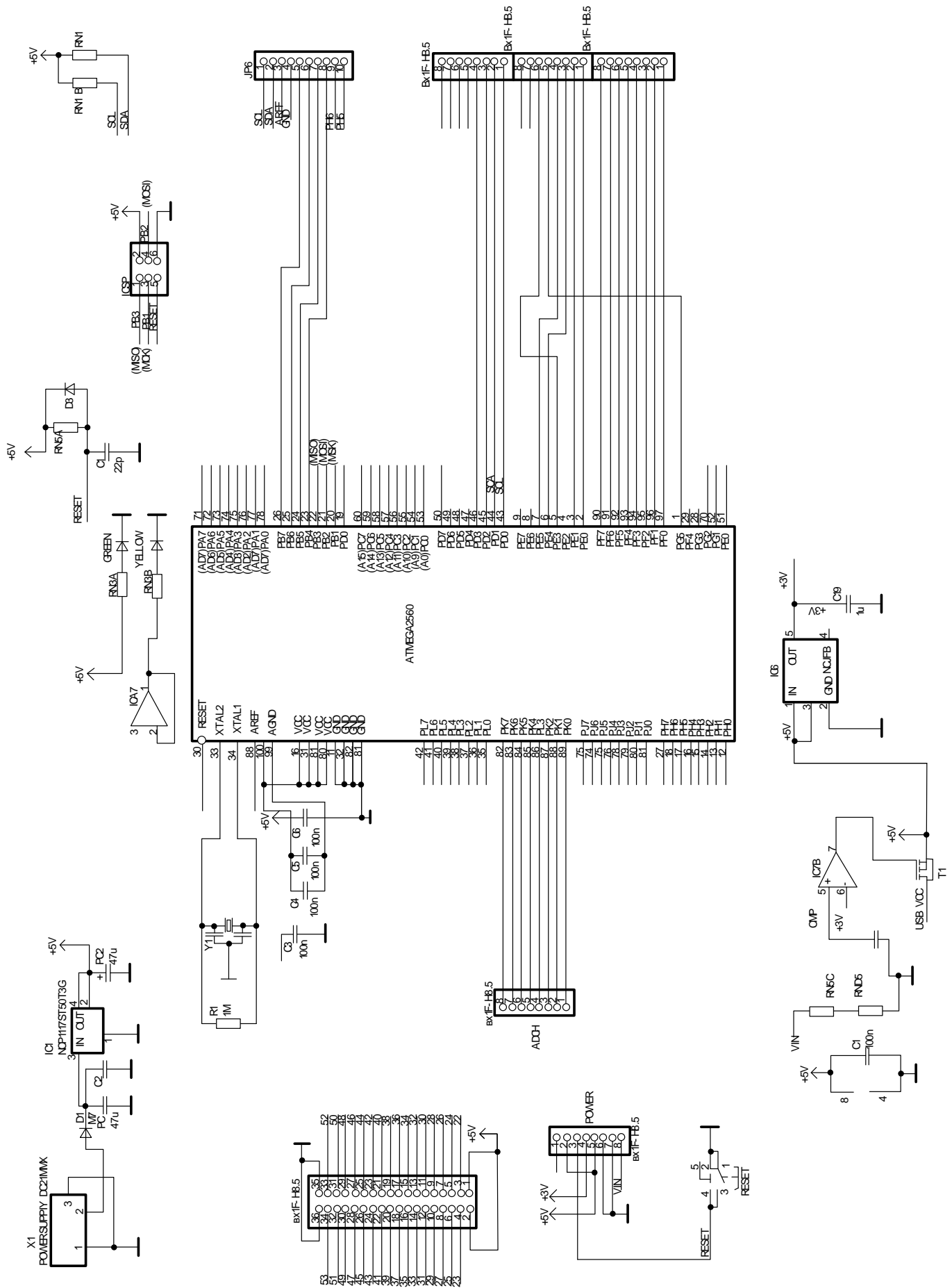


Рис. 3.5 Принципова схема контролера Arduino Mega 2560

3. 7 Схема електричних підключень та щит керування

На щиті керування рис. 3.6 розміщено установку об'єктів автоматизації, серед яких:

- плата ARDUINO (A1);
- запобіжники (FU1, FU2);
- крокові двигуни (SY1-SY3);
- блок живлення;
- реле (KM1-KM3);
- клемні колодки (XT1,XT2);
- сигнальні лампи (HL1-HL6);
- кнопки (SB1-SB3).

Також в даному розділі розглянуто схему електричних підключень рис. 3.7, на якій зображено підключення пристроїв, які розміщено в щиті автоматики до зовнішніх пристроїв: датчиків, магнітних пускачів, крокових двигунів та інші

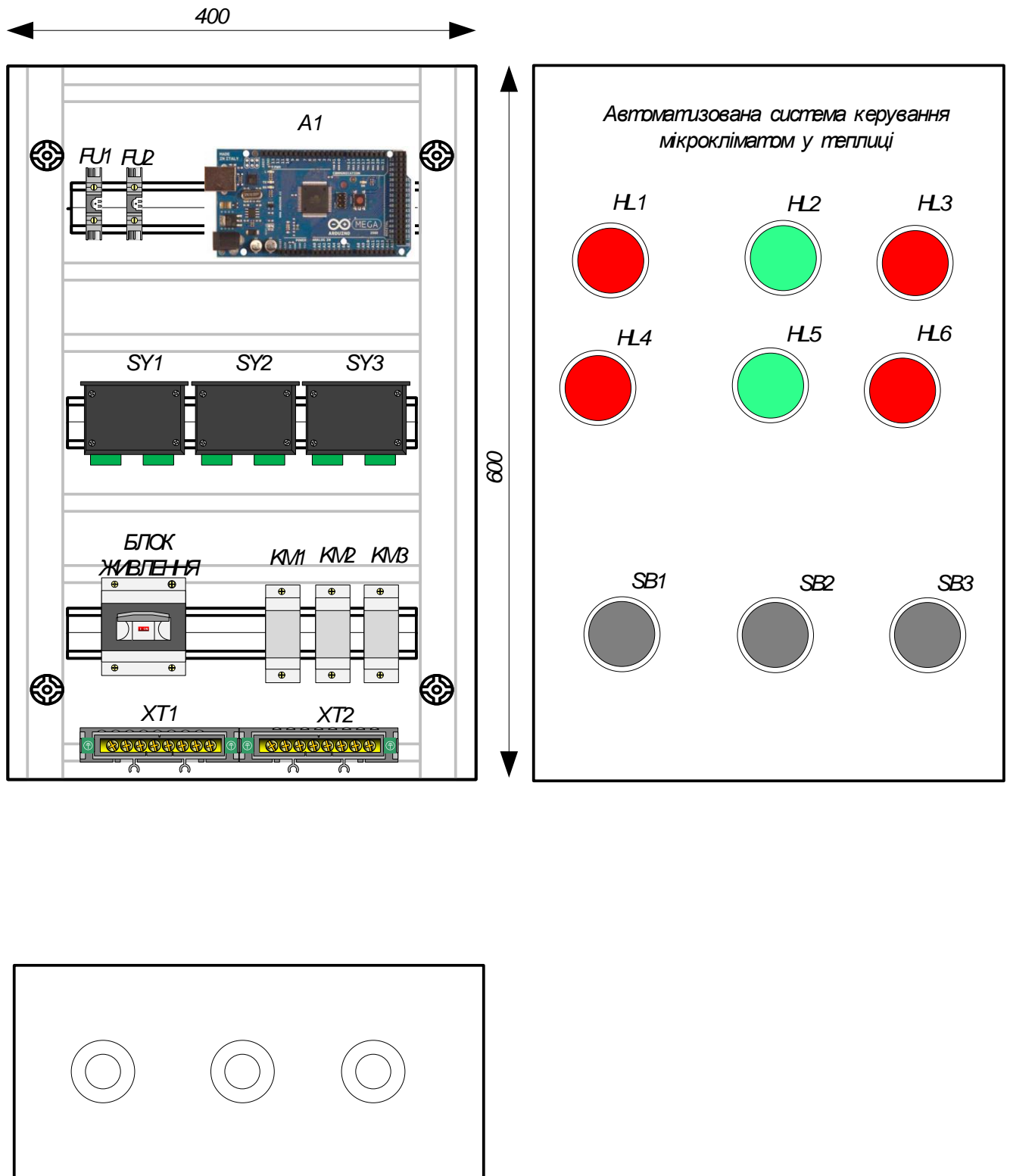
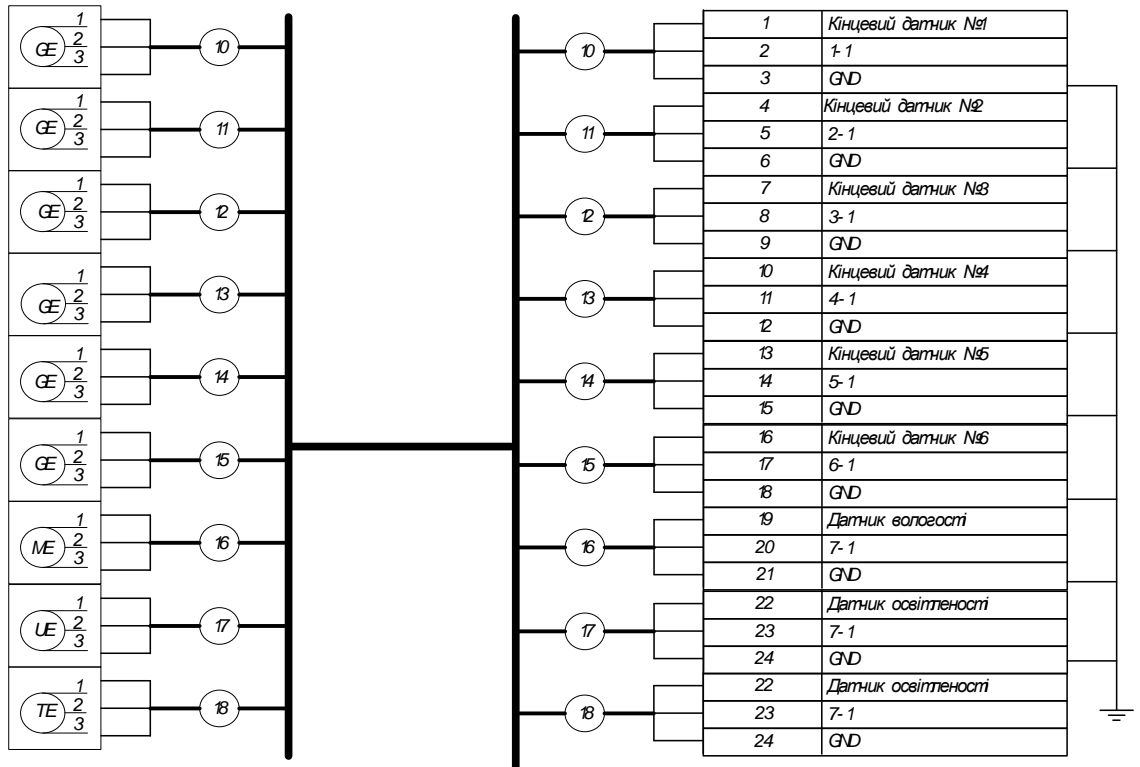


Рис. 3.6 Щит керування

Від датників

До аналогового входу
«Arduino Mega 2560»



Від магнітних пускачів
та контролерів

До дискретного входу
«Arduino Mega 2560»

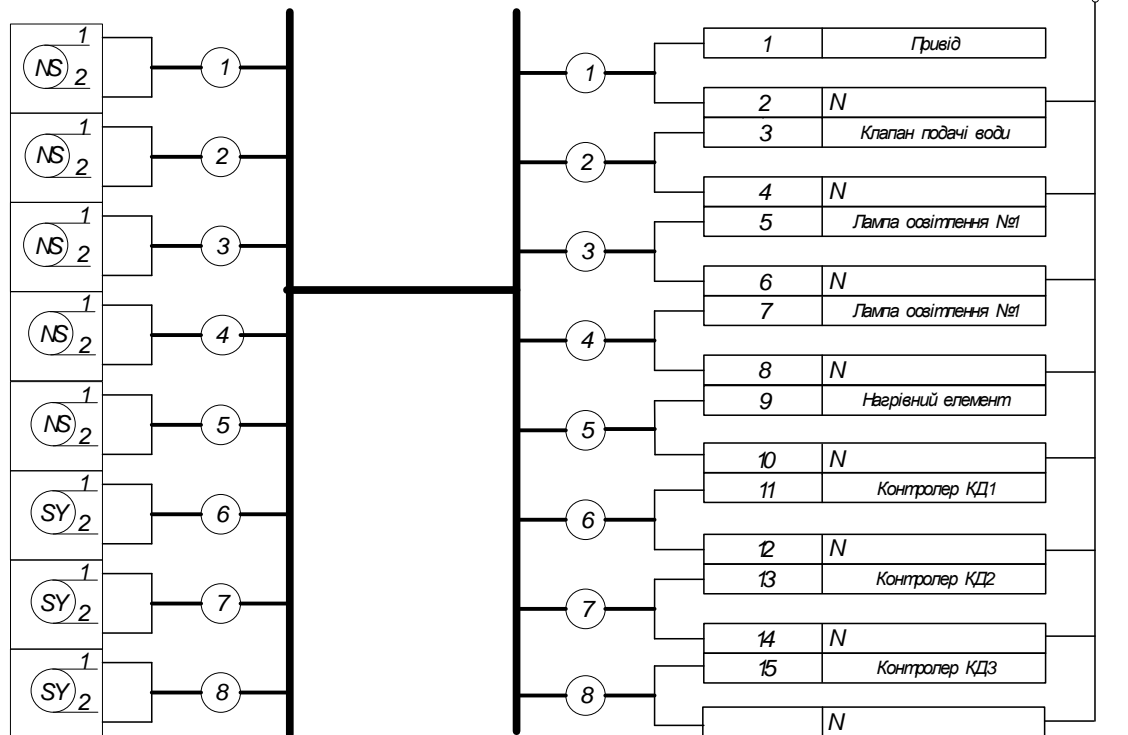


Рис. 3.7 Схема електричних підключень

Розлід 4 Розробка програмного забезпечення

4.1 Розробка прикладного програмного забезпечення

Спочатку необхідно розробити загальний алгоритм програми, після чого написати підпрограми для кожного завдання, згідно описаним вище алгоритмам.

Загальний алгоритм полягає в тому, що при запуску мікроконтролера встановлюються кліматичні параметри за замовчуванням, які відповідають сприятливої літній погоді в середній смузі (це робиться для того, що б, навіть, якщо користувач нічого не ввів, не завдати шкоди більшості видів рослин, вирощуваних в Україні), після чого запускається алгоритм "Меню", де користувачеві пропонується: запустити або зупинити програму, вибрати програму з раніше заданих, задати або відредагувати програму.

При виборі першого пункту, програма переходить в нескінченний цикл. Де на кожній ітерації циклу виконуються наступні дії: опитування датчиків, обчислення середніх значень кліматичних параметрів, порівняння значень кліматичних параметрів із заданим користувачем значенням, якщо спостерігається відхилення від значень заданих користувачем, то виставляються відповідні прапори, після чого починають працювати виконавчі механізми, чії прапори були виставлені.

Блок-схема загального алгоритму приведена на рис 4.1.

Розглянемо деякі особливості управління пристроями введення і виведення, датчиками і виконавчими механізмами при реалізації програми на мові C.

Для управління LCD дисплеєм існує вбудована бібліотека `lcd.h`, яку ми будемо використовувати, і яка містить всі необхідні функції.

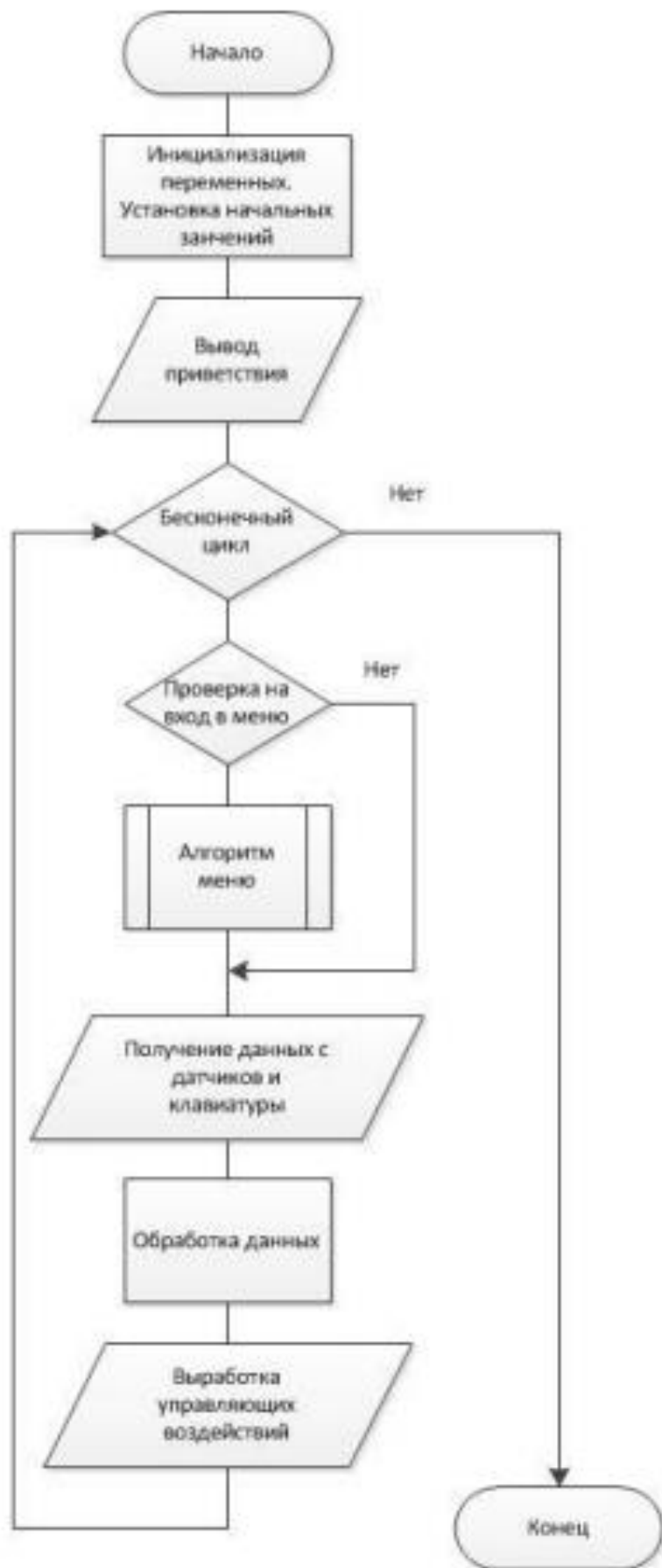


Рис. 4.1 Загальний алгоритм роботи

Щоб її використовувати треба за допомогою асемблерної вставки повідомити

CodeVisionAVR, куди підключений дисплей:

```
#asm  
.equ __lcd_port = 0x05; PORTB  
#endasm
```

Далі необхідно розробити алгоритм опитування матричноїклавіатури, так як не існує вбудованих бібліотек. Для цього була розроблена власна функція `unsigned char opros ()`, яка здійснює опитування матричної клавіатури. Рядки клавіатури є лініями сканування, а стовпці - лінією повернення. Алгоритм функції, полягає в тому, що на кожному лінії сканування подається логічна одиниця, і якщо клавіша натиснута, то у відповідній лінії повернення, також з'являється логічна одиниця. для придушення ефекту брязкоту використовується пауза. Таким чином послідовно подаючи на кожному лінію сканування одиницю, ми можемо дізнатися яка клавіша була натиснута.

Для роботи з датчиками ds18b20 існує стандартна бібліотека ds18b20.h. Так як робота з датчиками здійснюється за допомогою 1-wire протоколу, то необхідно так само підключити бібліотеку 1wire.h. Щоб компілятор міг нормально працювати з датчиками, необхідно повідомити йому куди вони підключені, за допомогою асемблерної вставки:

```
#asm  
.equ __w1_port = 0x08; PORTC // повідомляємо куди підключений датчик  
.equ __w1_bit = 0  
#endasm
```

Після цього за допомогою команди `w1_search (0xf0, rom_code)` ми визначаємо скільки датчиків у нас підключено і з ROM коди, які ми будемо використовувати для звернення до них. Після цього можна використовувати команду для отримання температури з датчика `ds18b20_temperature (rom_code [i] [0])`, де `i` - порядковий номер датчика. Значення температури приходить в нестандартному вигляді, тому потрібно нескладна конвертація.

Інші значення датчики використовують АЦП (при моделюванні в PROTEUS), тому необхідно розробити власну функцію, яка буде опитувати АЦП. Управління АЦП здійснюється за допомогою зміни бітів регістрів ADSCRA і ADMUX. А результат знаходиться в регістрах ADCL і ADCH. Власна функція:

```
void readAdc (unsigned char channel, unsigned char * l, unsigned char * h):
```

```
    ADMUX = MUX | channel; // Вибір каналу
    ADSCRA |= (1 << (ADSC)); // Запуск перетворення
    while ((ADSCRA & (1 << (ADIF)) == 0); // Очікування завершення
перетворення
    ADSCRA |= _ (1 << (ADIF)); // Скидання прапора переривання АЦП
    * L = ADCL;
    * H = ADCH;
```

Використовуючи цю функцію в циклі ми можемо опитати всі задіяні канали АЦП.

Управління кроковими двигунами здійснюється досить просто, так як вони використовують при підключенні або старші, або молодші розряди порту, то поставимо два масиви shl [8] = {0x01,0x03,0x02,0x06,0x04,0x0C, 0x08,0x09}, shh [8] = {0x10,0x30,0x20,0x60 , 0x40,0xC0,0x80,0x90}, для молодших і старших розрядів відповідно.

Послідовно подаючи команди з цих масивів на вихід порту можна управляти обертанням двигуна:

```
for (i = 0; i <8; i ++)
{
    PORTC = shl [i];
    delay_ms (x);
    PORTC = ~ shl [i]; }
```

Для того, що б двигун обертався у зворотний бік досить замінити shl [i] на shl [8-i].

4.2 Розробка додатка для зручнішого спостереження за параметрами теплиці на телефоні за допомогою веб інтерфейса

Спеціальне мікропрограмне та програмне забезпечення було реалізовано, щоб отримати максимальну віддачу від продуктивності пристрою. Електронний прототип призначений для отримання аналогових і цифрових сигналів, зібраних зовнішніми датчиками температури повітря, вологості, сонячного випромінювання і, швидкості повітря та CO₂вимірювання концентрації, одночасно. Згодом, після збору та обробки даних, оброблені дані передаються користувачам через з'єднання між платою та інтернет-шлюзами, ноутбуками чи смартфонами.

Концептуально програмне забезпечення можна розділити на два блоки: один призначений для завантажувача плати та мікропрограми, другий для веб-додатку для керування даними, отриманими користувачами.

Весь пакет прошивки та програмного забезпечення було реалізовано для забезпечення двонаправленого зв'язку між платою та веб-сервером. Для такого типу зв'язку, що здійснюється за допомогою модулів Ethernet і Wi-Fi, використовується стандартний протокол використовуваних дейтаграм (UDP), який дозволяє швидко передавати й отримувати рядок даних. Зокрема, з метою розробки прототипу моніторингу в реальному часі, який збирає дані з високою частотою збору даних і надсилає їх на зовнішні пристрої, було використано протокол UDP, оскільки він гарантує просту модель зв'язку без з'єднання з мінімумом механізмів протоколу. Він підходить для застосування проекту, де перевірка та виправлення помилок. Крім того, ми розглянули протокол обмеженого застосування (CoAP), щоб забезпечити надійність процесу передачі.

4.2.1 Розробка спеціальної мікропрограми

Завантажувач і вбудоване програмне забезпечення, які були розроблені на мові C, були додані під час виробництва та корисні для запуску програм користувача на платі та можуть розглядатися як програмне забезпечення, яке дозволяє працювати апаратному забезпеченню. Завантажувач запускається, коли плата ввімкнена, і він дуже схожий на BIOS комп'ютера. Це дозволяє

налаштовувати порти та контакти мікроконтролера для забезпечення зв'язку між платою та зовнішніми пристроями. З іншого боку, мікропрограма дозволяє отримувати дані від датчиків (модулі RS485 і ADC) і спілкуватися з інтернет-шлюзом (модуль Wi-Fi і порт Ethernet). Блок-схема мікропрограми представлена на малюнку 4.2. Блок налаштування призначений для налаштування модулів і протоколів і дозволяє ініціалізувати кожен раз, коли плата вмикається. На етапі проектування ми встановили на екран годинник реального часу. Але незважаючи на цей аспект, початкова синхронізація необхідна під час підключення до сервера. Крім того, було заплановано періодичну синхронізацію вузлів системи, щоб компенсувати їх зсув у часі. Отже, блок синхронізації гарантує синхронізацію з годинником реального часу з Інтернету для автоматичного прив'язування часу до отриманих даних. Якщо синхронізація не виконана, вона повторюється, поки вона буде успішною. Після завершення синхронізації плата починає отримувати дані від зовнішніх датчиків. Опрацювання даних здійснюється за допомогою послідовного фільтра Калмана, а саме фільтра (UKF), що дозволяє стабілізувати дані, отримані в попередньому блоці. Фактично, UKF використовує серію вимірювань, що спостерігаються протягом певного часу, містять статистичні шуми та інші неточності, і виробляє оцінене досягнення, яке, як правило, є більш точним, ніж ті, що базуються на одному вимірюванні. Після цієї розробки блок передачі даних дозволяє зберігати дані в стандартному форматі для зв'язку веб-сервера з протоколами UDP і CoAP.

Щоб дослідити стабільність отриманих даних і результати обробки даних за допомогою UKF, ми протестували плату протягом часу збору 30 с. Експеримент вивчався з метою моделювання типового сценарію використання плати. Резистивний потенціометр живиться від плати напругою 5 В, і його показання напруги зберігаються та обробляються платою за допомогою UKF. Ми вирішили перевірити плату на значення напруги від 500 мВ до 2000 мВ, що є типовими значеннями комерційних датчиків. На малюнку 4.3 наведено графічні результати експерименту.

Завдяки аналізу рис 4.2, ми бачимо переваги використання UKF з точки зору якості та стабільності зібраних даних. Зокрема, плата здатна збирати дані з показаннями напруги 500 мВ (рис.13а), 1000 мВ (рис13б), 1500 мВ (рис 4.3) і 2000 мВ (рис4.3), з максимальними пульсаціями приблизно 60 мВ на пік (див. сині криві на Рис 4.3, названий «No UKF»), відповідно до особливостей бортового перетворювача постійного струму. Цей етап виконується блоком збору даних на рис 4.2. Коли ці дані обробляються блоком даних Elaboration на Рис 4.2, використовуючи UKF (див. червоні криві на Рис 4.3, під назвою «UKF»), значення показань напруги мають пульсації в кілька мВ пікс. Цей результат підкреслює покращення якості та стабільності даних після етапу розробки, і він відповідає точності комерційних датчиків, які можна використовувати в моніторингу теплиць .

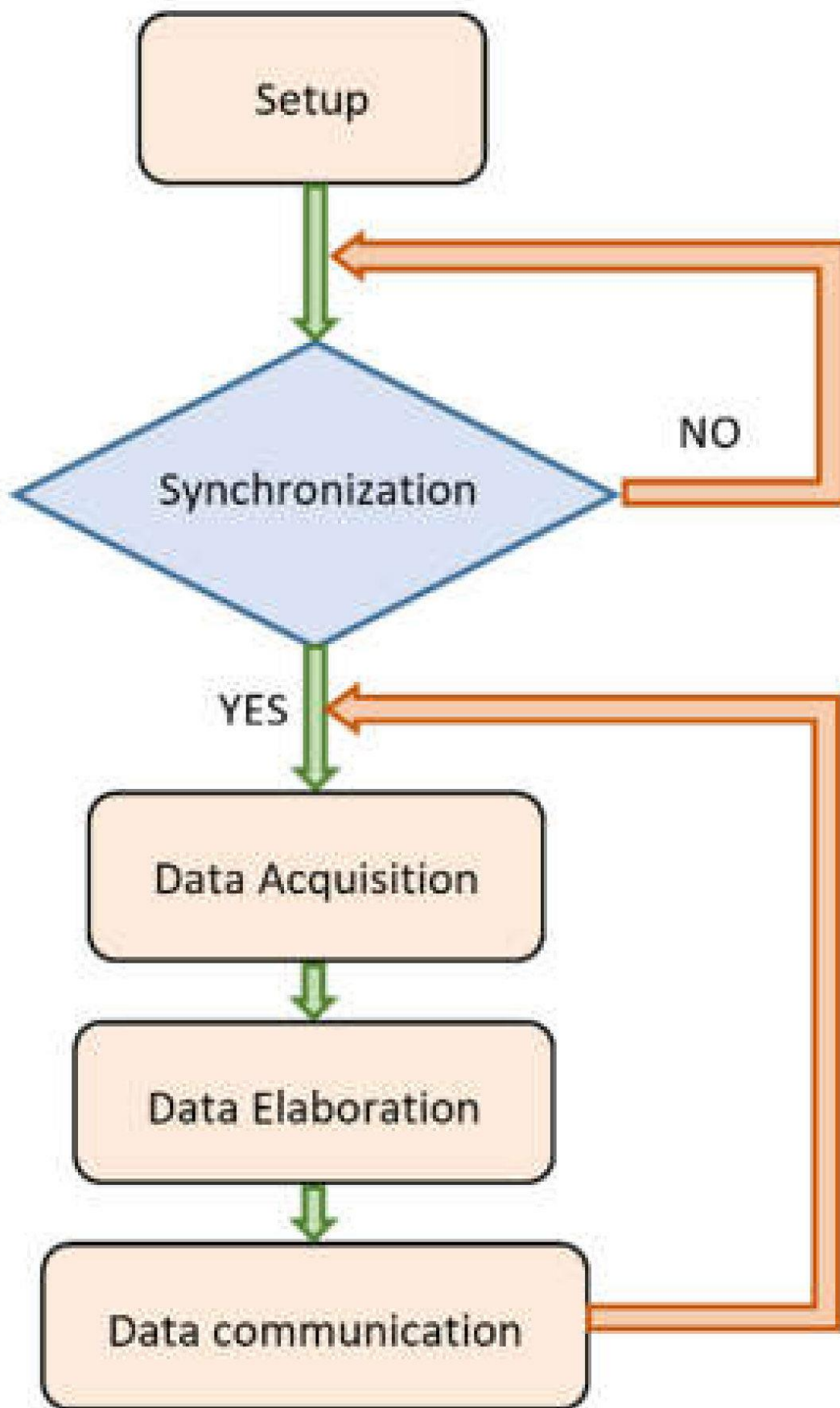
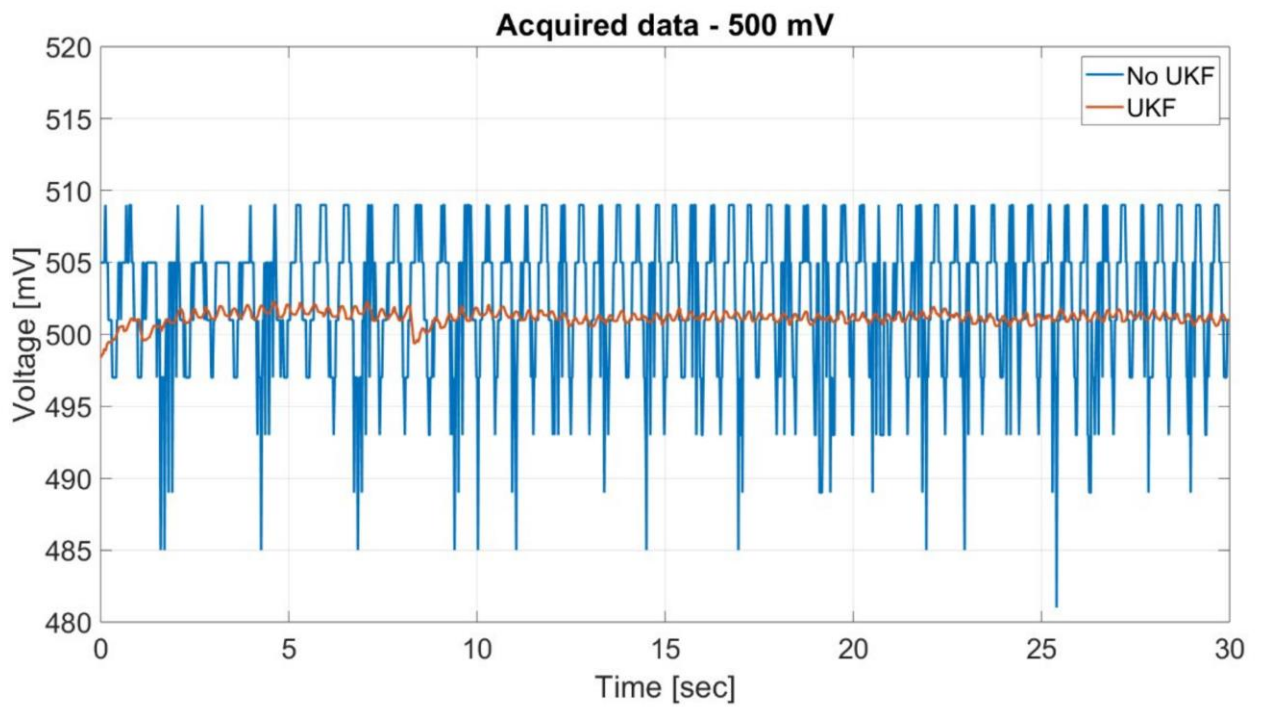
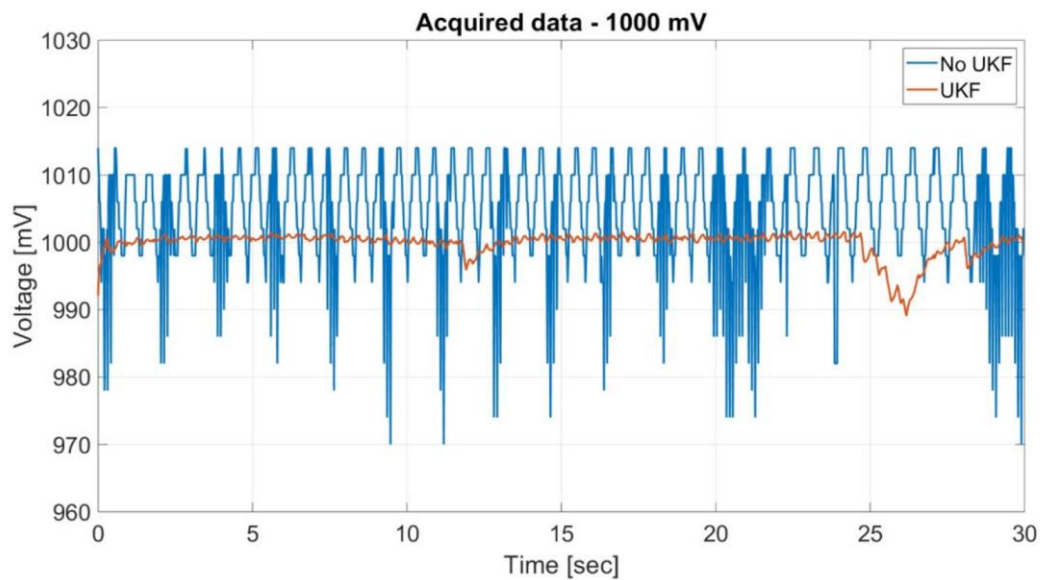


Рис 4.2.Блок-схема прошивки.

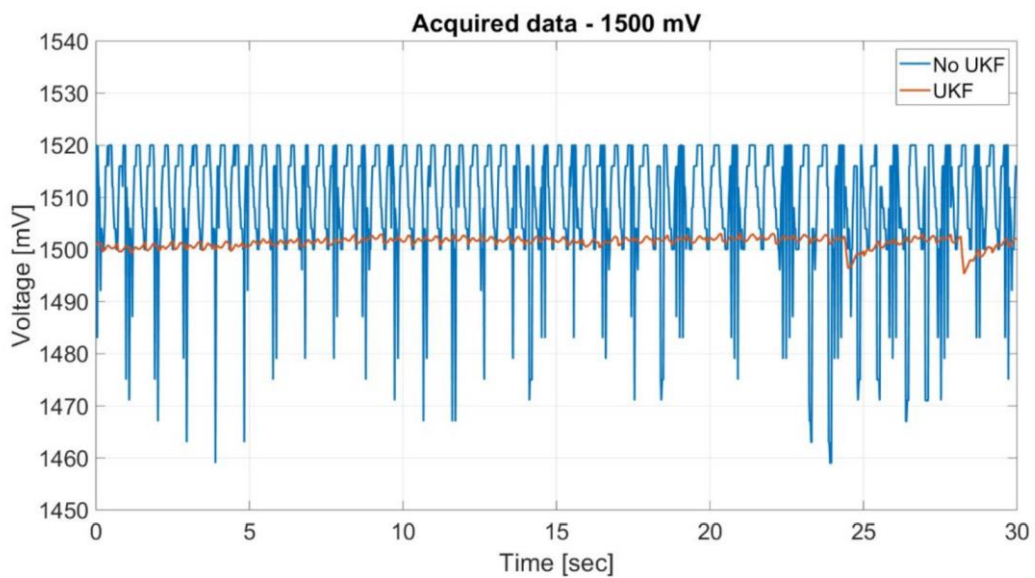


(a)

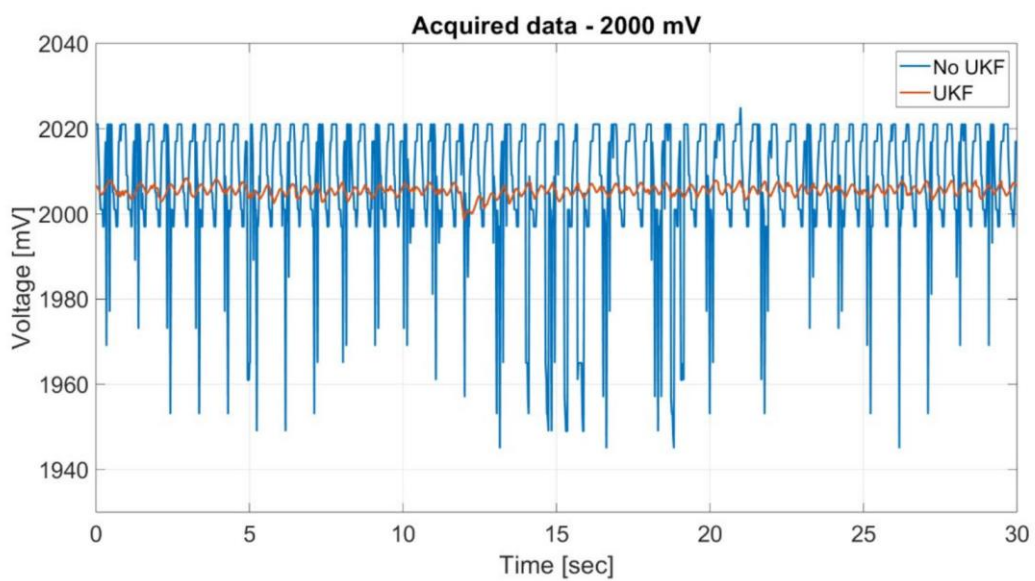
Рис 4.3.Продовження.



(b)



(c)



(d)

Рис 4.4.Продовження.

Рис 4.3 .Графічні результати експерименту для збору та обробки даних: (а) отримані дані при напрузі близько 500 мВ; (b) отримані дані при напрузі близько 1000 мВ; (в) отримані дані при напрузі близько 1500 мВ; (d) отримані дані при напрузі близько 2000 мВ.

4.2. Розробка спеціального програмного забезпечення та веб-додатку

Завдяки можливостям підключення нашої плати зібрані набори даних одразу стають доступними, наприклад, для інших пристроїв Інтернету речей, які можуть працювати в теплиці. Таким чином, процес сільськогосподарського виробництва в теплиці може здійснюватися за допомогою системи автоматизації, яка підвищує продуктивність за рахунок зменшення потреби в робочій силі, гарантуючи розумне управління теплицею. З іншого боку, ми впровадили веб-додаток, щоб дозволити користувачам також консультуватися щодо стану навколишнього середовища в теплицях через зручний графічний інтерфейс простим і швидким способом.

Веб-програма (тобто клієнт-серверна комп'ютерна програма, яку клієнт запускає у веб-браузері) була розроблена за допомогою Java-сервлету та Java Server Pages (JSP). Сервлет Java — це компонент програмного забезпечення Java, який реалізує веб-контейнери для розміщення веб-додатків на веб-серверах і, таким чином, кваліфікується як веб-додаток сервлета на стороні сервера. JSP — це технологія серверного програмування, яка дозволяє створювати динамічний, незалежний від платформи метод створення веб-додатків мовою HTML.

Веб-додаток (див. Рис 4.4) дозволяє користувачам синхронізувати плату з Інтернету, отримувати інформацію про дані, зібрану платою, зберігати ці дані в спеціалізованій базі даних в режимі онлайн і показувати їх через веб-браузер.

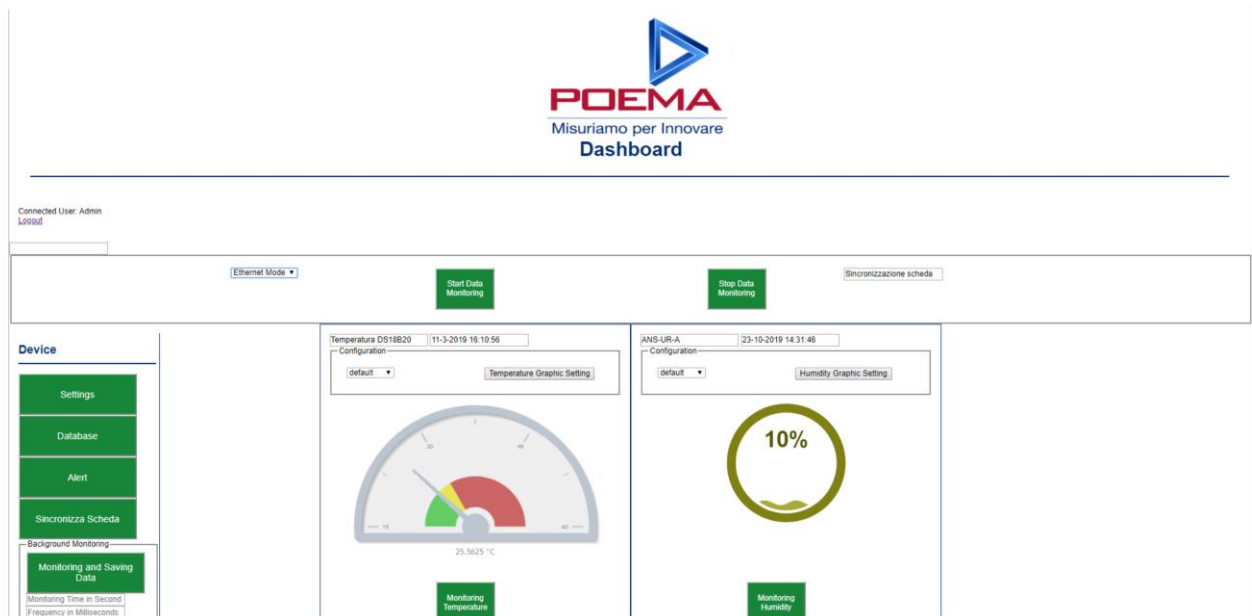


Рис 4.4.Знімок екрана спеціальної веб-програми.

4.2.2 Перспективи викорасання веб програм

Пристрій представляє перспективу і його використання в теплицях сприятиме покращенню та задоволенню реальних потреб фермерів та систему оновленго моніторингу цього середовища. Апаратне забезпечення було розроблено за модульним принципом з метою тестування кількох комбінацій з оптимізованою спеціалізованою мікропрограмою та програмним забезпеченням на основі сценарію, де може бути задіяний пристрій. Система є прототипом, що складається з Green House Core, модуля Wi-Fi, модуля RS485, модуля ADC і модуля USB, які розміщені на головній платі.

Плата забезпечує зв'язок на основі Wi-Fi, Ethernet, інтерфейсу USB, RS485, SPI, UART і I2C. Оскільки плата використовуватиметься для створення прототипів вбудованого програмного забезпечення та програмного забезпечення, головна плата розроблена без будь-якого суворого електричного з'єднання між різними розміщеними модулями. Таким чином можна підключати різні модулі за потреби до розробника прошивки та програмного забезпечення. Прототип, який гарантує максимальну гнучкість щодо застосовуваних сценаріїв, можна розробити нову інтегровану прошивку, компактну та надійну плату, яка включає лише бажані модулі для конкретного застосування (рис.4.1). Електронна платформа дозволяє збирати дані із

зовнішніх датчиків, опрацьовувати та надсилати їх на зовнішні електронні пристрої. Щоб дослідити продуктивність пристрою, зокрема стабільність отриманих даних і результати обробки даних за допомогою UKF, прошивка була протестована протягом часу збору часу 30 с. Зібрані дані стосуються основних параметрів тепличного середовища, таких як температура повітря, вологість, сонячне випромінювання, швидкість повітря та CO₂концентрація. Впроваджено веб-додаток, який дозволяє користувачам просто та швидко консультуватись щодо екологічного стану теплиці.

Також систему можна запрограмувати на вивід інформації на телефон про нестандартні випадки цю теплиці

В даному розділі був розроблений основний алгоритм, а так само реалізовані приватні рішення типових алгоритмів з управління системою управління мікрокліматом в тепличних комплексах. Були розглянуті особливості реалізації програми на мові програмування C. Що дозволило нам скопіювати програмний код (який наведено в додатку), який ми можемо використовувати при моделюванні роботи системи в Proteus, перш ніж приступати до макетування.

Розділ 5 Розробка схемотехніки і моделювання в середовищі Proteus

5.1 Моделювання в середовищі Proteus

Перш ніж приступати до макетування, необхідно налагодити програму. Для цього зручно використовувати комп'ютерне моделювання системи в Proteus.

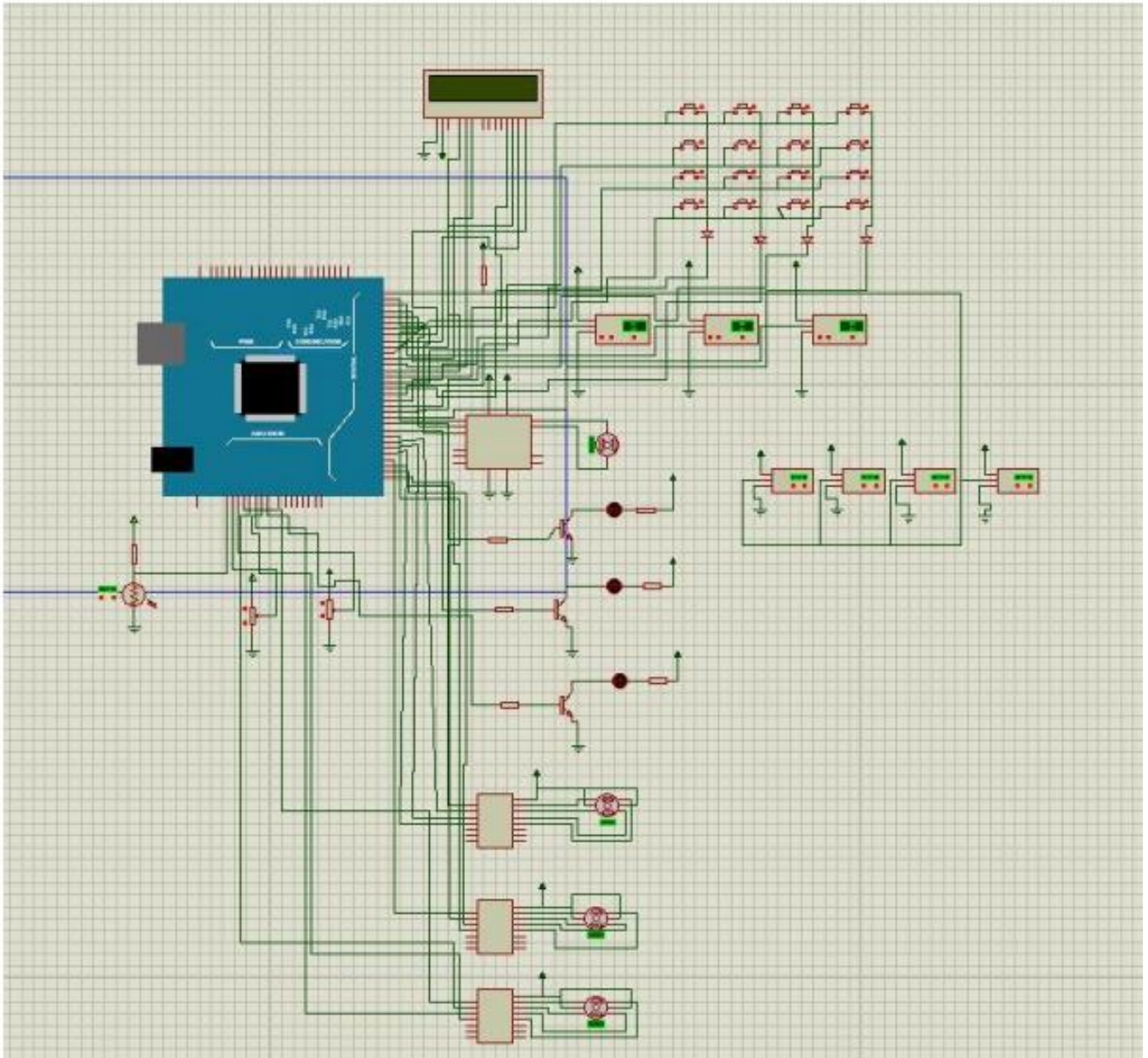


Рис.4.5 Загальний вигляд

Для початку необхідно скласти модель, де кожен елемент буде відповідати за реальний об'єкт.

Загальний вигляд представлений на рис. 4.5. З нього можна побачити, що ні всі елементи підключаються безпосередньо до мікроконтролера. А так же, що ні всі елементи реалізовані в початковому вигляді.

Матрична клавіатура. Реалізація матричноїклавіатури представлена на рис. 4.5, де D1, D2, D3 і D4 позначені діоди. Як видно з малюнка, вона реалізована не єдиним блоком, а набором кнопок. Таке з'єднання є типовим, для нього існують випробувані алгоритми роботи, які дозволяють зручно зчитувати значення з такої клавіатури.

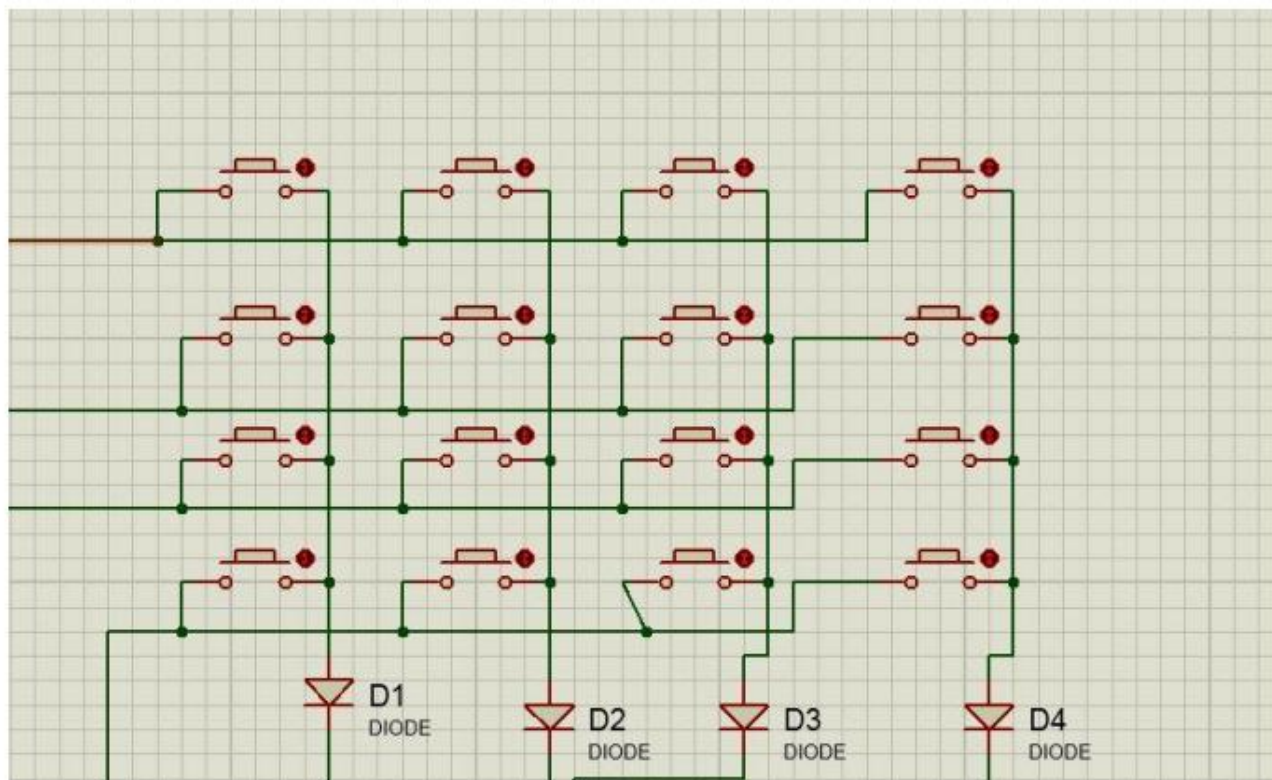


Рис 4.5 Матрична клавіатура

Підключення датчиків температури і вологості. Датчики DHT 11 не використовують 1 - wire протокол, тому підключаються до різних входів мікроконтролера. Представлені на рис. 4.5, вони позначені U8, U9 і U10. У Proteus вони реалізовані таким чином, що під час моделювання роботи системи зручно змінювати їх показання, для перевірки програми в різних ситуаціях.

Використовується кілька датчиків для того, що б брати середнє значення між ними.

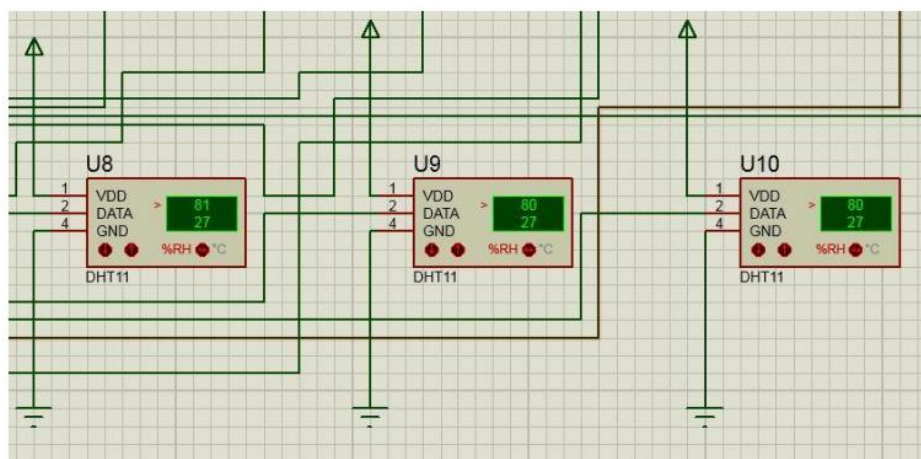


Рис. 4.5 - Датчики DHT 11

Датчики температури. Представлені на рис. 4.6. Використовують 1 wire протокол тому підключаються до одного входу мікроконтролера. Датчики використовуються для визначення температури ґрунту і води, якої виробляється полив.

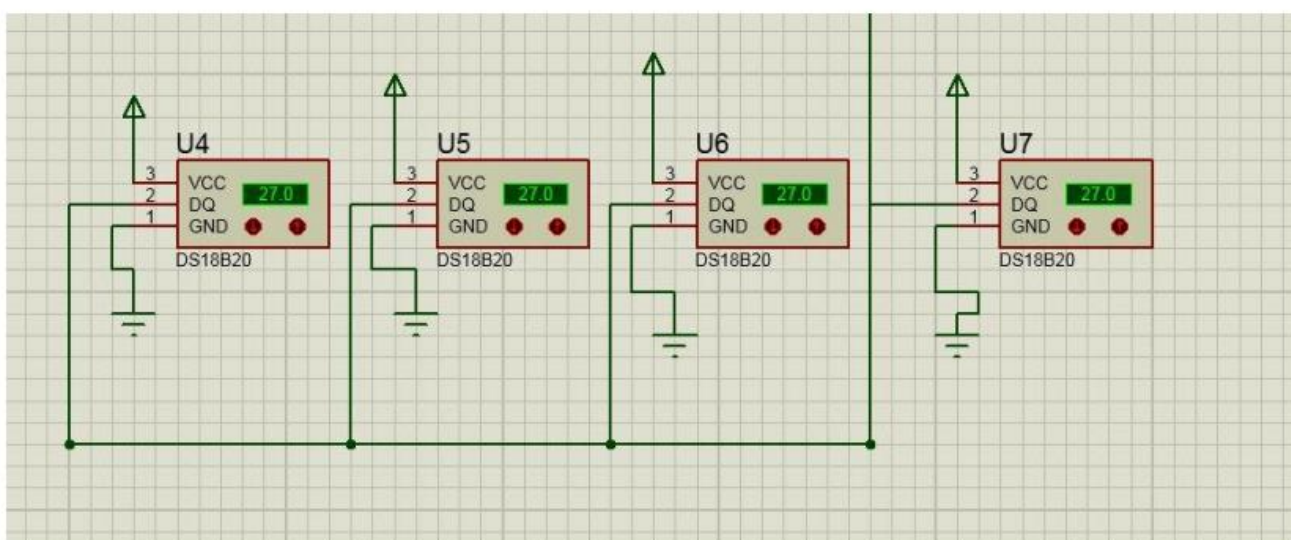


Рис 4.6 - Датчики DS18B20

Для визначення температури ґрунту використовується три датчики, а для визначення температури води, тільки один, так як вода більш теплопровідящая среда, ніж повітря або ґрунт.

Вентиляція. Так як Proteus не має готового елемента, обраного витяжного вентилятора, то для моделювання використовується простий електромотор. Схема його підключення представлена на рис. 4.7, де U1 мікросхема L293d.

Як видно з малюнка, для підключення електродвигуна використовується, які раніше не описана мікросхема L293d. L293d це драйвер двигунів, який

перетворює сигнали малої потужності в струми, достатні для управління моторами.

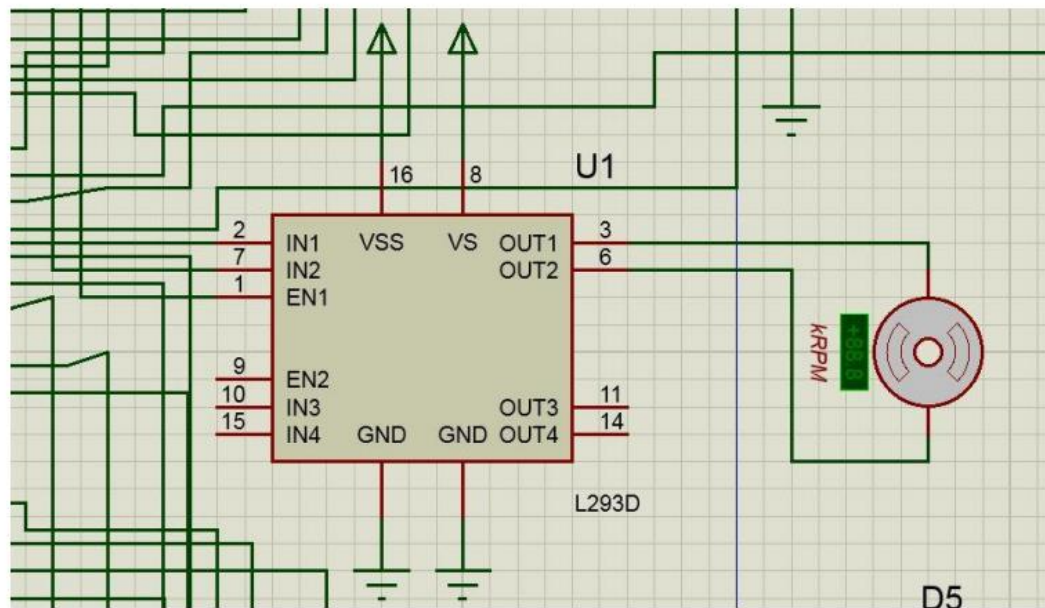


Рис. 4.7 - Підключення двигуна постійного струму

L293D містить відразу два драйвера для управління електродвигунами невеликої потужності (чотири незалежні канали, об'єднаних в дві пари). Має дві пари входів для керуючих сигналів і дві пари виходів для підключення електромоторів. Крім того, у L293D є два входи для включення кожного з драйверів. Ці входи використовуються для управління швидкістю обертання електромоторів за допомогою широтно модульованого сигналу (ШІМ).

L293D забезпечує поділ електроживлення для мікросхеми і для керованих нею двигунів, що дозволяє підключити електродвигуни з великою напругою живлення, ніж у мікросхеми. поділ електроживлення мікросхем і електродвигунів може бути також необхідно для зменшення перешкод, викликаних кидками напруги, пов'язаними з роботою моторів.

Характеристики мікросхеми L293D: напруга живлення двигунів (V_s) - 4,5 ... 36V; напруга живлення мікросхеми (V_{ss}) - 5V; допустимий струм навантаження - 600mA (на кожен канал); піковий (максимальний) струм на виході - 1,2A (на кожен канал); логічний "0" вхідного напруги - до 1,5V; логічна "1" вхідного напруги - 2,3 ... 7V; швидкість перемикачів до 5 kHz; захист від перегріву.

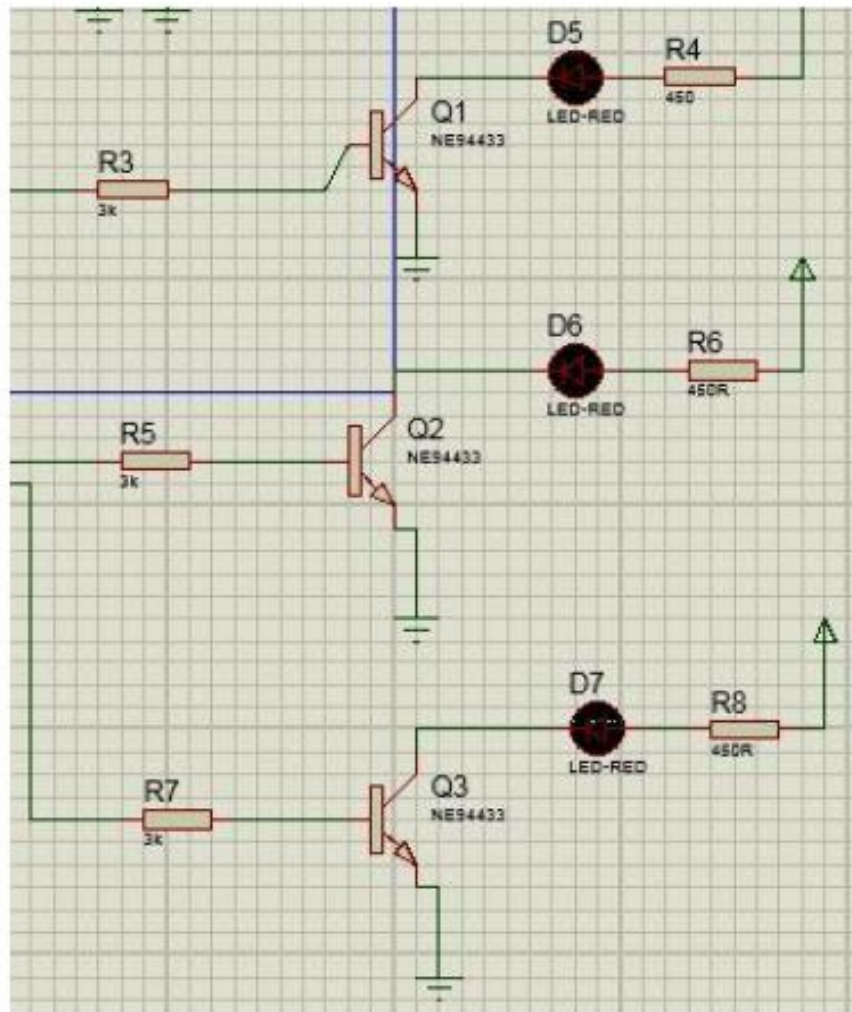


Рис. 4.8- Підключення світлодіодів

Підключення нагрівальних елементів і управління світлом. Так як Proteus не має готових елементів, які моделюють роботу нагрівальних

елементів, то використовуються діоди підключені через NPN транзистор, який використовується в якості ключа. Таким чином моделюється подача живлення на ці елементи, за допомогою слабкострумових сигналів.

Так як управляти кожною лампочкою неефективно, а ефективно вмикати і вимикати весь світ відразу, то управління світлом моделюється так, як і управління нагрівальними елементами. В результаті є три світлодіода, підключені до мікроконтролеру через ключовий транзистор.

Схема підключення показана на рис. 4.8.

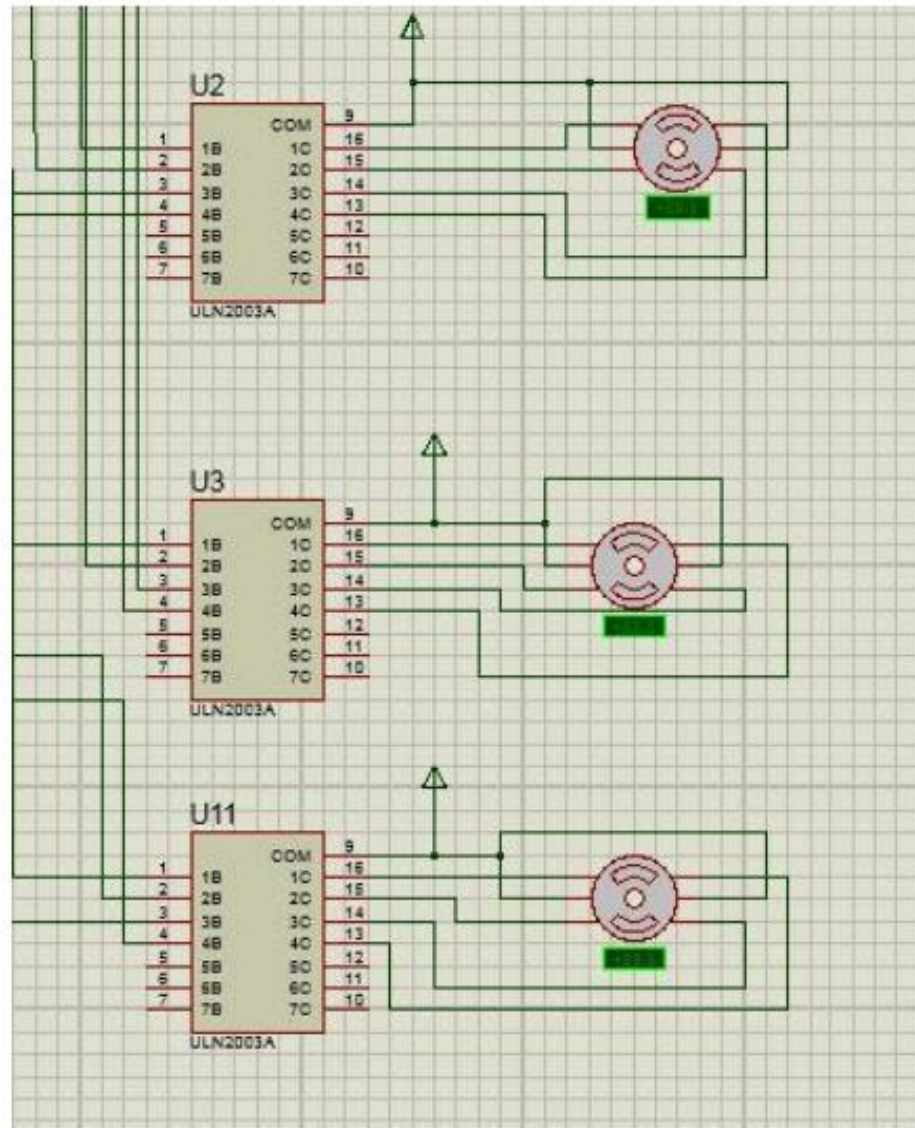


Рис 4.9 - Підключення крокових двигунів

Управління провітрюванням, подачею води і. Так як в Proteus немає пневмоциліндрів і електроклапанів, то необхідно використовувати адекватну заміну для моделювання управління провітрюванням, подачею води і CO₂. Ці процеси об'єднані, так як виконуючі пристрої відповідають за них мають схожий принцип управління.

У даній роботі в якості заміни будуть використовувати крокові двигуни, так як принцип управління ними в цілому схожий на управління пневмоциліндрами і електроклапанами. Схема підключення представлена на рис. 3.8.

Як видно з рис. 4.9 для управління кроковим двигуном додатково використовується мікросхема ULN 2003A.

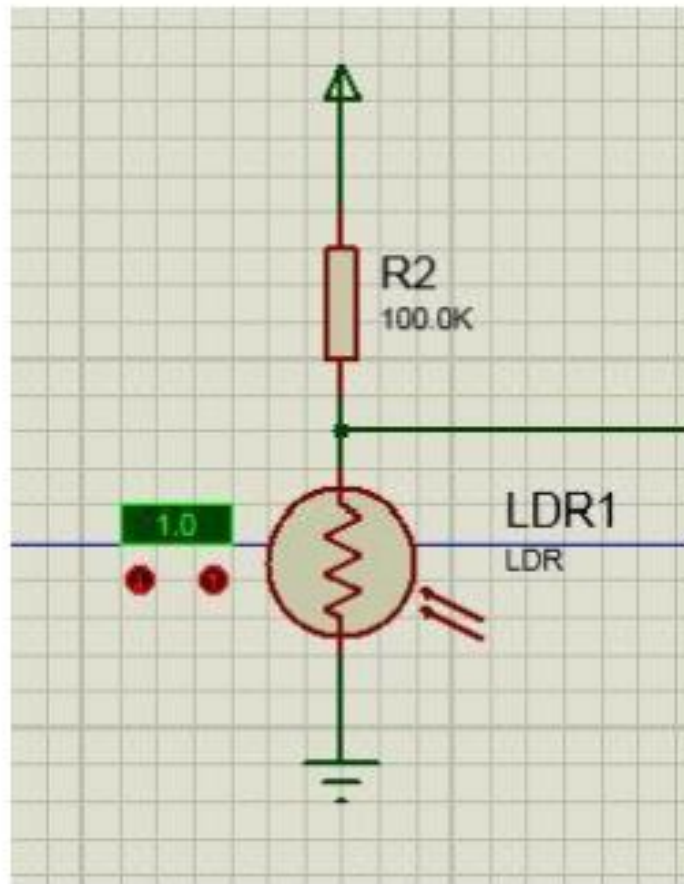


Рис. 4.10 - Підключення фоторезистора

Мікросхема ULN2003A це транзисторна збірка Дарлінгтона з вихідними ключами підвищеної потужності, що має на виходах захисні діоди, які призначені для захисту керуючих електричних ланцюгів від зворотного викиду напруги від індуктивного навантаження.

Характеристики: Номінальний струм колектора одного ключа - 0,5А; Максимальна напруга на виході до 50 В; Захисні діоди на виходах; Вхід адаптований до всілякими видами логіки; можливість застосування для управління реле.

Датчик освітлення. Як датчик освітлення використовується фоторезистор, підключений через дільник напруги. Схема підключення приведена на рис. 3.9.

Як видно з рис. 4.10, коли освітлення немає опору фото резистора максимально і струм через нього не тече, а повністю потрапляє в мікроконтролер, коли ж освітлення максимально опору фото резистора падає і

ток повністю стікає на землю. Так само Proteus дозволяє змінювати показання на фоторезистори під час моделювання.

Датчики вологості ґрунту і. Так як Proteus не має готових датчиків вологості і, то необхідно використовувати адекватну заміну. Обидва датчика змінюють напруги на виході в залежності від кількості вологи в ґрунті або концентрації в повітрі. Тому для моделювання доцільно використовувати потенціометри, у яких так само змінюється напруга на виході в залежності від того яке опору у них виставлено в даний момент. Схема включення представлена на рис. 4.11.

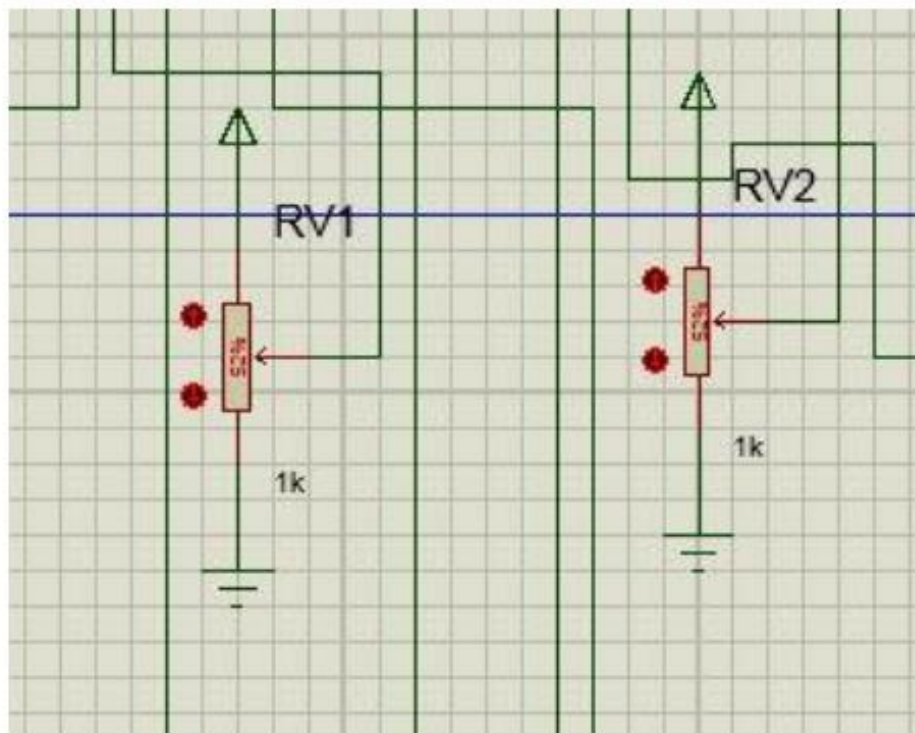


Рис. 4.11 Підключення потенціометра

Як видно з малюнка Proteus дозволяє змінювати опору потенціометрів безпосередньо під час моделювання.

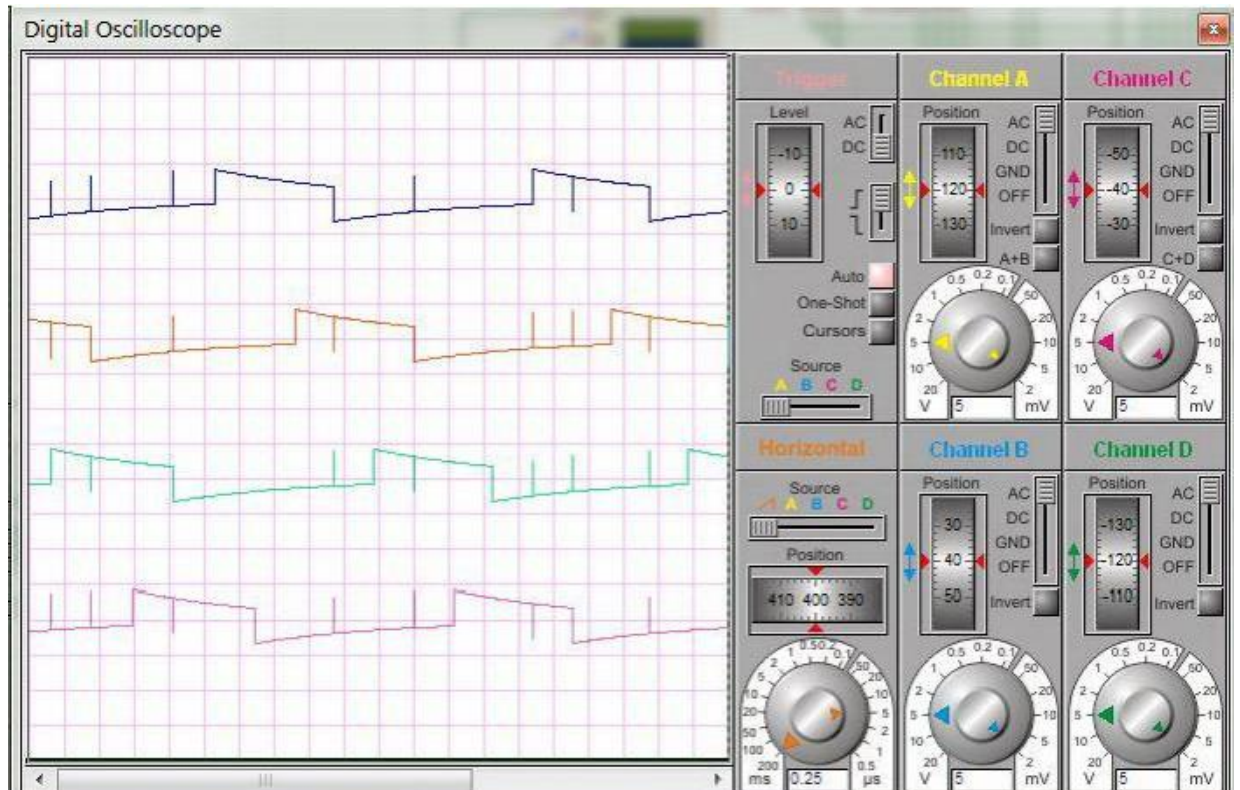


Рис.4.12 - Графік осцилографа з Proteus

Для того щоб зрозуміти чи виконання програми згідно розробленим алгоритмом, ми можемо зняти осциллографом в Proteus свідчення з висновків виконавчих механізмів. Графік наведено на рис. 4.12.

Як видно з графіка на рис. 4.12 керуючі впливу кроковим двигуном генерується згідно з розробленим алгоритмом, решта виконавчі механізми пройшли відповідну перевірку, а значить програма розроблена і моделюється коректно.

Розділ 6 Техніко-економічне обґрунтування

Техніко економічне обґрунтування виконано для впровадження автоматизації штучного підтримання мікроклімату в теплиці

Підвищення продуктивності теплиці завдяки впровадженню системи автоматичного контролю мікроклімату теплиці.

Впровадження системи автоматизації мікроклімату в теплиці є економічно вигідним рішенням завдяки значному скороченню витрат на вирощування продукції. Автоматизація дозволяє оптимізувати використання ресурсів (енергії, води, добрив), що призводить до зменшення витрат на 20-30% та прискорення росту культур на 15-20%. Крім того, автоматизовані системи забезпечують більш стабільний мікроклімат, що підвищує якість продукції та дозволяє збільшити кількість циклів вирощування за рік.

Незважаючи на початкові інвестиції в обладнання та монтаж системи, вона швидко окупається за рахунок економії енергоресурсів а також трудових затрат Термін окупності капітальних вкладень на автоматизацію можна розрахувати за формулою:

$$T_0 = K / E_{річ}.$$

де K - капітальні вкладення на автоматизацію

$E_{річ}$ - річна економія, гривень в рік

Термін окупності системи автоматизації може суттєво варіюватися залежно від ступеня автоматизації. На практиці він становить становить:

- 1-1,5 року для часткової автоматизації, коли встановлюються додаткові прилади на вже існуюче обладнання. Саме до цього типу належить наш проект.
- 2-3 роки для автоматизації окремих процесів із частковою заміною обладнання.
- 4-5 років для комплексної автоматизації окремих процесів без зміни технологічної схеми.

- 6 років і більше для повної автоматизації об'єкта, яка потребує значних змін у технологічному процесі.

Вихідні дані для розрахунку терміну окупності:

- 1) Збільшення капітальних витрат для варіанту з автоматизацією доціно порівняно з варіантом без автоматизації

$K = 62\,770$ грн значення додається всі елементами

Підстава:

- 2) калькуляція вартості приладів і пристроїв автоматики, витрат на кабель-ні проводки, підключення, налагодження, введення в експлуатацію
- 3) Очікуваний річний економічний ефект за рахунок збільшення врожайності зменшення витрат на обслуговування культур раціональне використання ресурсів

$$E_{річ} = E_{обсл} - E_{ел} = 96000 - 18000 = 78000 \text{ грн}$$

де, $E_{річ}$ - річна економія на автоматизації теплиці = 96000 грн

$E_{ел}$ - додаткові річні витрати на електроенергію = 18000 грн

Термін окупажності теплиці з системою автоматизації:

$$T_0 = K / E_{річ}. 62770/96000 = 0,65 \text{ роки.}$$

Вихідні дані для розрахунку наведені на наступний сторінці.

Згідно з нашими розрахунками, термін окупності для даного проекту становить лише 0,65 року, що значно нижче за середній показник для часткової автоматизації. Це свідчить про високу ефективність запропонованого рішення.

Підстава:

- технічне завдання на автоматизацію, основні технологічні характеристики об'єкта автоматизації.

Витрати на автоматизацію	грн
витрати на монтаж	10 000
витрати на системи автоматизації	32 770
Витрати на будівництво теплиці	20 000

Всього 62770 грн

Калькуляція загальної вартості приладів і пристроїв автоматики

Пристрій	Кількість	Ціна грн	Сума грн
Arduino	1	650	650
A4988	3	50	150
Блок живлення	1	600	600
Кроковий двигун	3	800	2400
Датчики DHT 11	3	50	150
DS18B20	3	50	150
Насос 10л	1	1000	1000
Система Управління Arduino	1	150	150
Монітор	1	420	420
Нагрівальний мат Grayhot	3	8200	24 600
Провода 30м	1	2000	2000
Шланг 20м	1	500	500

Висновок

Проект, що розглядається, охоплює всебічний аналіз та розробку інноваційної, автоматизованої системи управління мікрокліматом, спеціально адаптованої для сучасних тепличних комплексів. В рамках дослідження було проведено ретельний відбір найдоцільніших інструментів розробки, включаючи середовища програмування, засоби проектування та налагодження, що забезпечують максимальну ефективність та надійність розробки.

Здійснено детальний підбір елементної бази, складено чітку принципову електричну схему та розроблено високопродуктивне програмне забезпечення для управління системою. Функціональність розробленої системи та взаємодія її елементів були успішно змодельовані в середовищі Proteus, що дозволило перевірити її працездатність та оптимізувати параметри.

Результати проведених досліджень однозначно свідчать про те, що розроблена система повністю відповідає поставленим завданням, забезпечуючи точне підтримання кліматичних параметрів у заданому користувачем діапазоні.

Однією з ключових переваг розробленої системи є використання легкодоступних на ринку компонентів, що значно спрощує процес її виробництва та обслуговування. Крім того, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та модульна конструкція системи забезпечують легкість в установці та експлуатації.

На основі отриманих результатів відкриваються широкі перспективи для комерціалізації розробки. Враховуючи високу актуальність та попит на автоматизовані системи управління мікрокліматом у сфері тепличного господарства, даний проект має значний потенціал для успішної реалізації на ринку.

Гнучка архітектура системи дозволяє легко адаптувати її конфігурацію як на апаратному, так і на програмному рівні, що відкриває можливості для

створення різноманітних модифікацій, розрахованих на потреби різних груп користувачів. Це дозволить розширити сферу застосування розробленої системи та задовольнити потреби широкого кола споживачів.

Список використаних джерел

1. Е.И Юревич. Теория автоматического управления. Л. Энергия, 1969
2. Кириченко В.Н. Охрана труда. М. 1990
3. Однокристалльные 8 розрядные FLASH CMOS мікроконтролери компанії Microchip. Перевод ООО “ Мікро-чип”. М,2002
4. В.И Гостев. Системы управлння с цифровими регуляторами Справочнык.К Техныка. 1990
5. Е.П. Стефани. Сборник задач по основам автоматического регулировани тепло-енергетических процесов. М.Энергия. 1973
6. Технічна Документація DS30292C компанії Microchip Technology Incorporated. USA.2002
7. Техначна документація DS21490B DS30292C компанії Microchip Technology Incorporated. USA.2002
8. Технічна документація HT1621 компанії Holtek Semiconductor Incorporated. Taiwan.2001
9. Автоматика для теплиці збереже урожай від спеки та холоду // [Електроний ресурс]. URL <https://valest.com.ua/avtomatika-dlja-teplici-suchasni-tehnologii/>
10. Розрахунок теплої підлоги і кроку укладення кабелю // [Електроний ресурс]. URL <https://polcity.com.ua/ua/blog-news/shag-ukladki-teplogo-pola#:~:text=%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%83%D1%94%D0%BC%D0%BE%20%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%83%3A,%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B6%D0%B8%D0%BD%D0%B0%20%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%85%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%8E%20%D0%B2%20%D0%BC.>
11. Удосконалення системи забезпечення мікроклімату у теплиці // [Електроний ресурс]. URL <https://pgasa.dp.ua/wp-content/uploads/2019/10/Udoskonalennya-system-zabezpechennya-mikroklimatu.pdf>

12. Автоматичний полив – системи автоматичного поливу //

[Електроний ресурс]. URL <https://www.aquaprice.com.ua/ua/kak-sdelat-avtopoliv>

13. Комплекс управління мікроконтролером теплиці, і обладнанням електропостачання //

[Електроний ресурс]. URL http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/40534/1/%D0%93%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%83%D0%BB%D1%8F%D0%BA_%D0%9A%D0%A0_2020.pdf

14. Температура в теплиці- автоматичний терморегулятор //

[Електроний ресурс]. URL <https://teplitca.kiev.ua/ua/a384849-termoregulyator-dlya-teplitsy.html>

15. Автоматичне управління вологістю повітря і ґрунту температурою поливної води //

[Електроний ресурс]. URL <http://www.um.co.ua/8/8-17/8-17660.html>

16. Система автоматичного керування мікрокліматом теплиці //

[Електроний ресурс]. URL <https://buklib.net/books/35508/>

17. Автоматичне управління температурним режимом у теплицях теплиці //

[Електроний ресурс]. URL http://4ua.co.ua/manufacture/tb3ad78b4c43a89421206d37_0.html

18. Автомат для провітрювання теплиці //

[Електроний ресурс]. URL <https://oscar-group.com.ua/ua/teplici-ua/avtomat-v-teplicyu-dlya-provitryuvannya-thermovent/#:~:text=%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%20%D0%B2%20%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8E%20%E2%80%93%20%D1%86%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%80%D1%96%D0%B9,%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%96%2C%20%D0%BD%D1%96%D0%B6%20%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B8%D1%82%D0%B8%20%D0%B2%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D0%B9>

19. Система вентиляції з рекуперацією //

[Електроний ресурс]. URL <https://termal.ua/ua/systema-ventyliatsii-z-rekuperatsiieiu-vydy-osoblyvosti-perevahy/>

20 Про Arduino Mega 2560 [Електроний ресурс]. URL <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>

21 Прототип недорогої електронної платформи для моніторингу тепличного середовища в режимі реального часу

[Електроний ресурс]. URL <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/5/726>

Додаток 1

Код програми:

```
#include <mega2560.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#asm
.equ __lcd_port = 0x05; PORTB ПКІ дисплей підключили до порту I / O D
#endasm
#include <lcd.h>
#asm
.equ __w1_port = 0x05; PORTC повідомляємо куди підключений датчик
.equ __w1_bit = 3
#endasm
#include <1wire.h>
#include <ds18b20.h>
#define _BV (b) (1 << (b))
#define BIT_IS_CLEAR (Reg, b) ((Reg & _BV (b)) == 0)
#define BIT_IS_SET (Reg, b) ((Reg & _BV (b)) != 0)
#define MUX_BV (REFS0)
void readAdc (unsigned char channel, unsigned char * l, unsigned char * h)
    вибір каналу
    ADMUX = MUX | channel;
    запуск перетворення
    ADCSRA |= _BV (ADSC);
    Очікування завершення перетворення
    while (BIT_IS_CLEAR (ADCSRA, ADIF));
    Скидання прапора переривання АЦП
    ADCSRA |= _BV (ADIF);
    * L = ADCL;
    * H = ADCH;
unsigned char rom_code [16] [9];
#define RS 0 // вибір регістру
#define E 1 // стрибає передачі
підказки
DDRC = 0xFF; // всі висновки порту PORTC - виходи
PORTC = 0x00; // погасити всі світлодіоди
PORTC = PORTC | 1 << 0; // запалити світлодіод 1
DDRD = 0; // настройка всіх висновків порту D як входів
i = PIND; // прочитати 8 висновків порту
PORTA &= ~((1 << 1) | (1 << 2) | (1 << 3));
delay_ms (1);
a = PINA & 0xF0;
delay_ms (20);
a = PINA & 0xF0;
```

```
if (a! = 0)
if (a == 0x10)
return (1);
if (a == 0x20)
return (2);
if (a == 0x40)
return (3);
if (a == 0x80)
return (10);
delay_ms (1);
PORTA |= (1 << 1);
PORTA &= ~((1 << 0) | (1 << 2) | (1 << 3));
delay_ms (1);
a = PINA & 0xF0;
delay_ms (20);
a = PINA & 0xF0;
if (a! = 0)
if (a == 0x10)
return (4);
if (a == 0x20)
return (5);
if (a == 0x40)
return (6);
if (a == 0x80)
return (11);
delay_ms (1);
PORTA |= (1 << 2);
PORTA &= ~((1 << 0) | (1 << 1) | (1 << 3));
delay_ms (1);
a = PINA & 0xF0;
delay_ms (20);
a = PINA & 0xF0;
if (a! = 0)
if (a == 0x10)
return (7);
if (a == 0x20)
return (8);
if (a == 0x40)
return (9);
if (a == 0x80)
return (12);
delay_ms (1);
PORTA |= (1 << 3);
PORTA &= ~((1 << 0) | (1 << 1) | (1 << 2));
delay_ms (1);
```

```

a = PINA & 0xF0;
delay_ms (20);
a = PINA & 0xF0;
if (a != 0)
if (a == 0x10)
return (14);
if (a == 0x20)
return (0);
if (a == 0x40)
return (15);
if (a == 0x80)
return (13);
delay_ms (1);
void main () {основна програма
unsigned char a, b, val, c, hug, hugmin, hugmax, co2, co2min, co2max, svet,
svetmin;
unsigned char
l, h, x = 0, i = 0, shl [8] = {0x01,0x03,0x02,0x06,0x04,0x0C, 0x08,0x09}, shh
[8] = {0x10,0x30,0x20,0x60,0x40 , 0xC0,0x8
0,0x90};
unsigned long int r [3];
unsigned char t, tmin, tmax, hu, humin, humax;
char lcd_buffer [16];
unsigned char rom_code [16] [9];
unsigned char devices = 4, iw = 0;
int temp;
lcd_init (16); ініціалізація на 16 символів
lcd_clear (); очищення дисплея
lcd_gotoxy (0,0); верхній рядок, 0 позиція
lcd_putsf ("Vibor rezima rab"); виводимо напис в зазначених координатах
lcd_gotoxy (0,1); нижня рядок, 0 позиція
lcd_putsf ("oty press 1 or 2");
delay_ms (100);
DDRE = _BV (3) | _BV (4) | _BV (5);
TCCR3A = _BV (COM3A1) | _BV (COM3B1) | _BV (COM3C1) | _BV
(WGM31) | _BV (WGM30);
TCCR3B = _BV (WGM32) | _BV (CS30);
ADCSRA = _BV (ADEN);
l = 0;
h = 0;
hugmin = 50;
hugmax = 70;
co2min = 8;
co2max = 10;
svetmin = 50;

```

```

{If (a == 1) {
lcd_clear ();
lcd_gotoxy (0,0);
lcd_putsf ("Vvod parametrov");
delay_ms (100);
lcd_clear ();
for (i = 0; i <3; i ++) {опитування датчиків на АЦП
readAdc (i, & l, & h);
r [i] = (h << 8 | 1);
r [i] = (r [i] * 100) / 1023;
hug = r [0];
co2 = r [1];
svet = r [2];
sprintf (lcd_buffer, "hug%u co2%u", hug, co2);
lcd_puts (lcd_buffer);
lcd_gotoxy (0,1);
sprintf (lcd_buffer, "svet%u", svet);
lcd_puts (lcd_buffer);
delay_ms (100);
if (svet <svetmin)
DDRE = DDRE | ((1 << 0));
PORTE = PORTE | (1 << 0);
if ((hug <hugmin) || (hug > hugmax))
DDRC = 0x0F;
if ((hug <hugmin))
for (x = 40; x > 5; x--)
for (i = 0; i <8; i ++)
PORTC = shl [i]; сформувати фронт імпульсу
delay_ms (x); тривалість імпульсу
PORTC = ~ shl [i]; сформувати зріз імпульсу
else
for (x = 40; x > 5; x--)
for (i = 0; i <8; i ++)
PORTC = shl [8-i]; сформувати фронт імпульсу
delay_ms (x); тривалість імпульсу
96
PORTC = ~ shl [8-i]; сформувати зріз імпульсу
if ((hu <humin) || (hu > humax))
DDRE = DDRE | ((1 << 3) | (1 << 5));
DDRE = 0xFF;
if (hu > humax)
PORTE = 0x28;
PORTE = PORTE | ((1 << 3) | (1 << 5));
PORTE &= ~ (1 << 4);
delay_ms (1000); }}

```

```
DDRE = 0xFF;
PORTE.3 = 1;
PORTE.4 = 0;
PORTE.5 = 1;
delay_ms (1000);
a = opros (); // на завершення
if (a == 12)
    {Delay_ms (1000);
a = opros ();
if (a == 12)
    {Lcd_clear ();
lcd_gotoxy (0,0);
lcd_putsf ( "Prervat vipolnie");
delay_ms(1000)
```