

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Інженерно-технічний факультет  
кафедра електронних систем

кваліфікаційна робота бакалавра

На тему: Контролер для автоматизованої системи поливу

Студента 4 курсу

Ценкнера Дмитра Васильовича  
(прізвище та ініціали)

Ценкнер  
(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Заяць Тарас Михайлович  
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)

Заяць  
(підпис)

Голова ЕК:

Симулик В. М. д.ф.-м.н., проф. ІЕФ НАНУ  
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)

Симулик  
(підпис)

Заяць Т. М.-канд. фіз.-мат. наук, доц. кафедри ЕС  
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)

Заяць  
(підпис)

Рубіш В.М. – д.ф.-м.н., проф. кафедри ЕС  
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)

Рубіш  
(підпис)

Юркін І. М.-канд. фіз.-мат. наук, доц. кафедри ЕС  
(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)

Юркін  
(підпис)

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

Студент Ценкнер  
(підпис)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц. Зяць Т. М. (Зяць Т. М.)

“13” червня 2024 року

### ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу  
студенту Ценкнеру Дмитру Васильовичу

1. Тема роботи: Контролер для автоматизованої системи поливу.  
Затверджена на засіданні кафедри (протокол № 3 від «10» жовтня 2023 р.)
2. Термін закінчення роботи: 10 червня 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи.

1. Провести аналіз існуючих систем автоматизованого поливу та їх контролерів. Визначити вимоги до контролерів АСТ. Розробити контролер, який буде легко встановлюватися та обслуговуватися, з мінімальною кількістю необхідних дій. Забезпечити можливість розширення функціональності контролера для відповідності зростаючим потребам користувача.

1. напруга живлення ~12 В;
  2. Номінальний струм споживання, не більше А 1 А;
  3. Робоча температура, °С -35 ÷ +50
  4. Інтерфейс користувача
4. Зміст роботи (перелік питань, що підлягають розробці).

Анотація роботи.

Пояснювальна записка:

Вступ.

1. Огляд і аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування
2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання.
3. Проектно-конструкторський розділ.
  - 3.1 Синтез та аналіз структурної схеми;
  - 3.2 Синтез та аналіз електричної принципової схеми;
  - 3.3. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми, вибір елементів
4. Висновки.
5. Перелік посилань.

6. Перелік графічного матеріалу ( з точним зазначенням обов'язкових креслень):
- 6.1. Структурна (функціональна) електрична схема
  - 6.2. Електрична принципова схема.
  - 6.3. Перелік елементів.
  - 6.4. Специфікація.

5. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Н. контроль	доц. Папп О. В.		

Дата видачі завдання 10 жовтня 2023 року.

Керівник роботи  (доц. Заяць Т. М.)  
(підпис)

Завдання прийняв на виконання  (Ценкнер Д.В.)  
(підпис)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Найменування етапів виконання КБР	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2023 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2024 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2024 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2024 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.05.2024 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.06.2024 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент  (Ценкнер Д.В.)  
(підпис)

Керівник роботи  (доц. Заяць Т. М.)  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота на тему «Контролер для автоматизованої системи поливу» / УжНУ; Керівник Заяць Т. М.; Студент Ценкнер Д. В., група ЕС.

Пояснювальна записка: 59 сторінок, 16 рисунків, 7 таблиць, 17 джерел, 4 додатки.

Графічна частина: 2 листи формату А1.

Об'єкт розробки – розробка структурної та принципової схеми контролера для автоматизованої системи поливу.

Метод дослідження – аналіз прототипу та аналогів, синтез принципової структурної схеми та її реалізація у вигляді електричної принципової схеми.

При виконанні даної роботи було проведено пошук та аналіз аналогів об'єкту проектування. На основі цих даних і вимог технічного завдання було розроблено структурну та принципові схеми. Проектно-конструкторський розділ містить синтез структурної та принципової схеми, опис дії пристрою та розрахунки.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПОЛИВ, КОНТРОЛЕР, РОЗРАХУНКИ, СХЕМА

## ABSTRACT

Diploma project of the “Bachelor” degree: «Controller for an automated irrigation system» / UzhNU; Supervisor: Zayats T. M.; Student: Tsenkner D. V., ES group.

Explanatory notes: 59 pages, 16 figures, 7 table, 17 sources, 4 appendixes.

Graphic part: 2 A1 sheets.

The object os to develop the controller for an automated irrigation system.

The aim of the work is to analyze the prototype and analogues, synthesize the electrical structural diagram, and realize it in the form of an electical schematic.

During the execution of this work, a search and analysis of analogues of the design object was conducted. Based on this data and the requirements of the technical assignment, structural and schematic diagrams were developed. The design and engineering section includes the synthesis of structural and schematic diagrams, a description of device’s operation, and calculations.

### **Keywords:**

AUTOMATION, IRRIGATION, CONTROLLER, CALCULATIONS, SCHEME

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
Інженерно-технічний факультет  
Кафедра електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,  
доц. ЗТМ (Заяць Т. М.)  
«13» червня 2024 року

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну бакалаврську роботу  
на тему:

**КОНТРОЛЕР ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОЛИВУ**

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ			
Розроб.	Ценкнер Д. В.	<u>Ценкнер</u>	<u>24.06</u>		Контролер для автоматизованої системи поливу Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Заяць Т. М.	<u>ЗТМ</u>	<u>24.06</u>				6	59
Реценз.								
Н. Контр.	Папп О. В.	<u>Папп</u>	<u>24.06</u>					
Затверд.	Заяць Т.М.	<u>ЗТМ</u>	<u>24.06</u>					
						УжНУ, ІТФ група ЕС, 4 курс		

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	10
1. Огляд і аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування	11
2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання	22
3. Проектно-конструкторський розділ	31
3.1 Синтез та аналіз структурної схеми	31
3.2. Синтез та аналіз електричної принципової схеми	34
3.3. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми. Вибір елементів	46
4. Висновки	57
5. Перелік посилань	58
ДОДАТКИ	
Додаток А. структурна схема КРБ.ЕС.20050055.001.Е1	
Додаток Б. принципова схема КРБ.ЕС.20050055.001.Е3	
Додаток В. перелік елементів КРБ.ЕС.20050055.001.ПЕ	
Додаток Г. специфікація КРБ.ЕС.20050055.001.СП	

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

У сучасному світі, де ефективність використання ресурсів та екологічні питання стають все важливішими, автоматизовані системи поливу набувають значущості у різних сферах. Це стосується не тільки сільськогосподарських ділянок, а й міських зелених зон, спортивних полів, приватних садів та газонів. Рациональне використання водних ресурсів за допомогою автоматизованих систем може значно знизити витрати та підвищити продуктивність рослин, а також забезпечити зручність експлуатації та контролю за процесом поливу.

Контролер, як основний інтелектуальний елемент автоматизованої системи поливу, відіграє вирішальну роль у досягненні цих цілей. Його функціональні можливості включають збір даних з датчиків вологості, температури, опадів, та інших, на основі яких відбувається прийняття рішень про необхідність поливу, його інтенсивності та тривалості. Розробка такого контролера має на увазі не тільки створення апаратної частини, але й написання програмного забезпечення, яке забезпечує інтелектуальну обробку даних та управління актуаторами системи поливу.

У даній бакалаврській роботі ставиться за мету розробити контролер для автоматизованої системи поливу, який буде адаптований до різних умов експлуатації та забезпечуватиме економічну ефективність, екологічну безпеку та зручність використання. Для досягнення цієї мети передбачається наступні завдання: аналіз потреб користувачів та вимог до системи поливу, вибір інструментальних засобів та компонентів системи, проектування архітектури контролера, розробка програмного забезпечення для його функціонування, тестування та оптимізація роботи контролера в реальних умовах.

Промисловість автоматизації постійно розвивається, включаючи в себе інновації, такі як інтернет речей (IoT), штучний інтелект та машинне навчання, які можуть бути інтегровані у системи поливу, забезпечуючи їх більшу адаптивність та ефективність. Розгляд цих аспектів також є актуальним для обраної теми, оскільки вони відкривають ще більше можливостей для

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оптимізації процесів та розширення функціональності контролера системи поливу.

Об'єднуючи теоретичні знання та практичні навички, ця бакалаврська робота покликана стати внеском у розвиток технічних рішень для автоматизації систем поливу, які забезпечують не тільки підтримку сталого розвитку агрокультур, але й ефективне управління водними ресурсами в умовах змінювального клімату.

ЕСІТФУЖНУ

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСП – автоматизована система поливу;

GND - заземлення, земля;

VCC – живлення;

IDE – інтегроване середовище розробки;

AOUT – вихід аналогово сигналу;

USB - універсальна послідовна шина.

BMS – battery managment system.

ЕСІТФУЖНУ

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АНАЛОГІВ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

**Автоматизація** - це процес впровадження технологій і систем, які дозволяють виконувати певні завдання та процеси без значного втручання людини. Основна мета автоматизації полягає в тому, щоб зменшити людську працю, підвищити продуктивність, забезпечити точність та стабільність у виконанні завдань, а також знизити витрати на виробництво.[4, 31-32]

У різних сферах автоматизація може включати в себе використання різних технологій, таких як програмне забезпечення, сенсори, робототехніка, штучний інтелект та інші. Наприклад, в промисловості автоматизація може охоплювати автоматичні лінії виробництва, де машини та обладнання працюють безпосередньо без участі людини, а управління процесами відбувається за допомогою комп'ютерних систем. В сфері побутових технологій автоматизація може включати в себе розумний дім, де різні пристрої та системи (освітлення, опалення, безпека тощо) керуються з використанням сенсорів та програмного забезпечення для автоматичного реагування на зміни у середовищі.

**Автоматизовані системи поливу** - це системи, що призначені для автоматичного зрошення рослин, газонів або саду. Вони використовуються для забезпечення оптимального зрошення рослин без необхідності ручного поливу. Зрошення - це штучне застосування контрольованої кількості води до ґрунту через різні системи труб, насосів і розпилювачів [1]. Іригація використовується для допомоги в рості сільськогосподарських культур, поливу худоби, догляду за ландшафтами, відновлення рослинності на пошкоджених ґрунтах в сухих районах та під час періодів недостатнього опадів, захисту рослин від заморозків, підготовки боротьби з бур'янами, запобігання консолідації ґрунту, транспортування стічних вод, і гірничої діяльності.

Автоматичний полив широко використовується в різних сферах, де необхідно забезпечити регулярне та ефективне зрошення рослин або травичних

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

покривів. Ось деякі з сфер використання автоматичного поливу:

- **Сільське господарство:** У сільському господарстві автоматичний полив використовується для зрошення посівів, садів, виноградників, оранжерей, овочевих грядок тощо. Це допомагає підтримувати оптимальну вологість ґрунту для зростання та розвитку рослин, що впливає на врожайність і якість продукції.
- **Ландшафтний дизайн:** У великих парках, садах, гольф-полях та інших ландшафтних зонах автоматичний полив допомагає підтримувати здоровий стан трави, дерев, кущів і квітів, забезпечуючи їм необхідну вологу.
- **Громадські майданчики та сквери:** Автоматичний полив використовується для забезпечення оптимальної вологи для декоративних рослин у громадських місцях, таких як майданчики, сквери, бульвари, що допомагає зберегти їх здоров'я та привабливий вигляд.
- **Промислові установки:** Великі промислові об'єкти, наприклад, тепличні комплекси або заводи з вирощування рослин, також використовують автоматичний полив для забезпечення вологи вирощуваних культур.
- **Приватні ділянки та сади:** В домашньому секторі автоматичний полив дозволяє власникам ділянок та садів забезпечувати оптимальну вологість для своїх рослин без потреби постійного контролю та поливу вручну.

Ці сфери використання показують широкий спектр можливостей автоматичного поливу, які допомагають зберегти час, енергію та ресурси, а також забезпечують здоровий ріст і розвиток рослин.

Широке застосування знаходять два види автоматизованих систем:

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Напів автоматизовані:** вимагають втручання під час кожного поливу і зазвичай є простішими і менш витратними, ніж повністю автоматичні системи. Більшість півавтоматичних систем використовують механічні або електронні таймери для активації контрольних механізмів у визначений час. Оператор вирішує, коли розпочати полив, його тривалість, і вручну налаштовує або переміщує пристрої перед наступним циклом поливу. Деякі частини системи можуть бути повністю автоматичними, тоді як інші – напів автоматичними. Ефективна робота таких систем залежить від зв'язку між контролером та компонентами системи на полі.

**Автоматизовані:** зазвичай працюють без втручання оператора, за винятком періодичних перевірок та рутинного технічного обслуговування. Ірригатор може визначати, коли і на скільки триватиме полив, і включати воду в систему або запускати програмовані контролери для ініціації автоматичних функцій. Повністю автоматичні системи можуть використовувати датчики вологості ґрунту, такі як тензіометри або блоки електричного опору, для активації електричних контролів, волога ґрунту зменшується до попередньо визначених рівнів. Тривалість поливу може бути контрольована програмованими таймерами, датчиками вологості ґрунту або датчиками поверхневих вод. Повністю автоматичні системи вимагають наявності водопостачання за вимогою, такого як з криниць або резервуарів для сільськогосподарських цілей. Більшість сільськогосподарських систем, однак, не мають гнучкості, необхідної для повної автоматизації.[2]

**Поверхнєве зрошення.** Є найстарішою формою зрошення, яке використовується протягом тисяч років. У поверхневих (залівних або рівних) зрошувальних системах вода рухається поверхнею сільськогосподарських угідь, щоб зволожити їх і проникнути в ґрунт. Поверхнєве зрошення можна розділити на полив по борознах, лиманне зрошення та контурне. Його часто називають паводковим зрошенням, коли зрошення призводить до затоплення або майже затоплення оброблюваної землі. Історично це був найпоширеніший метод

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

зрошення сільськогосподарських угідь який досі використовується в більшості частин світу.

Там, де рівень води з джерела зрошення дозволяє, рівень контролюється дамбами, зазвичай закупореними ґрунтом. Це часто спостерігається на терасових рисових полях (рисових полях), де цей метод використовується для затоплення або контролю рівня води на кожному окремому полі. У деяких випадках вода перекачується або піднімається силою людини чи тварини до рівня землі. Ефективність використання води при поверхневому зрошенні зазвичай нижча, ніж при інших формах зрошення.[3]

**Крапельне зрошення.** Це система, в якій вода розподіляється під низьким тиском через трубопровідну мережу за заздалегідь визначеною схемою та при якому вода подається в кореневу зону рослин або поблизу неї по краплях. Цей метод може бути найбільш ефективним способом зрошення, якщо правильно керувати ним, випаровування та стік при такому методі зведені до мінімуму. Ефективність польової води при крапельному зрошенні зазвичай знаходиться в діапазоні від 80 до 90 відсотків при правильному управлінні. Традиційне крапельне зрошення з використанням окремих випромінювачів, підповерхневе крапельне зрошення (SDI), зрошення мікророзпиленням або мікророзбризкуванням, а також зрошення мінібарботером – усі вони належать до цієї категорії методів зрошення.[6]

У сучасному сільському господарстві крапельне зрошення часто поєднується з мульчуючою плівкою, що ще більше зменшує випаровування, а також є засобом доставки добрив. Процес відомий як фертигація.

**Дощування.** Суть полягає в тому, що вода, яка перекачується з каналів або безпосередньо з джерел зрошення, розподіляється за допомогою спеціальної техніки і випадає у вигляді дощу на зрошувані землі. В свою чергу цей метод поділяється на підвиди[5]:

- **звичайне:** вода подається до рослин у вигляді дощових крапель з

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтервалом у кілька днів. Цей спосіб слід здійснювати рано вранці, оскільки звичайний полив може призвести до того, що великі краплі води на листках утворюють лінзи при попаданні на них сонячних променів, які можуть обпалити рослини. Якщо полив здійснювати ввечері, вода в листі не встигає випаруватися до настання темряви, що може призвести до гниття.

- **імпульсне:** зрошення відбувається щоденно у найспекотніший період для підвищення вологості повітря. Працює циклами «зрошення-пауза». забезпечує щоденні поливи дуже малими поливними нормами, дозволяє регулювати мікроклімат, підтримувати відносну вологу в межах 70-80%. Цей спосіб застосовується для поливу багаторічних культур.
- **аерозольне:** при цьому виді волога подається у вигляді густого туману, який може поширюватися на відстань 200 метрів і більше.

**Внутрішньогрунтове зрошення.** Поливна вода подається безпосередньо в корневий шар з певної глибини за допомогою зволожувачів різної конструкції. Це забезпечує хорошу аерацію ґрунтового шару і підтримує вологість ґрунту. За напором у мережі розрізняють напірні з гравітаційно-капілярним, низьконапірні з капілярногравітаційним і адсорбційні (вакуумні) з капілярним зволоженням ґрунту. Найбільш поширені низьконапірні системи.

**Субіригація.** Метод зволоження ґрунту за рахунок капілярного підживлення шляхом підйому і підтримання необхідного рівня ґрунтових вод. Система насосних станцій, каналів, дамб і шлюзів дозволяє підвищувати або знижувати рівень води в мережі каналів і таким чином контролювати рівень ґрунтових вод.[6]

Автоматизовані системи поливу в сучасному сільському та садовому господарстві відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного використання водних ресурсів, збереженні енергії та підвищенні врожайності рослин. Ці системи включають в себе комплекс різноманітних компонентів, які спільно працюють для забезпечення точного та раціонального поливу з урахуванням

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потреб кожної рослини та умов вирощування.

У цьому розділі ми розглянемо детальну структуру автоматизованих систем поливу, включаючи компоненти, їх функції та взаємодію між ними. Розуміння цієї структури дозволить краще організувати роботу системи поливу,

### Будова системи автоматичного поливу

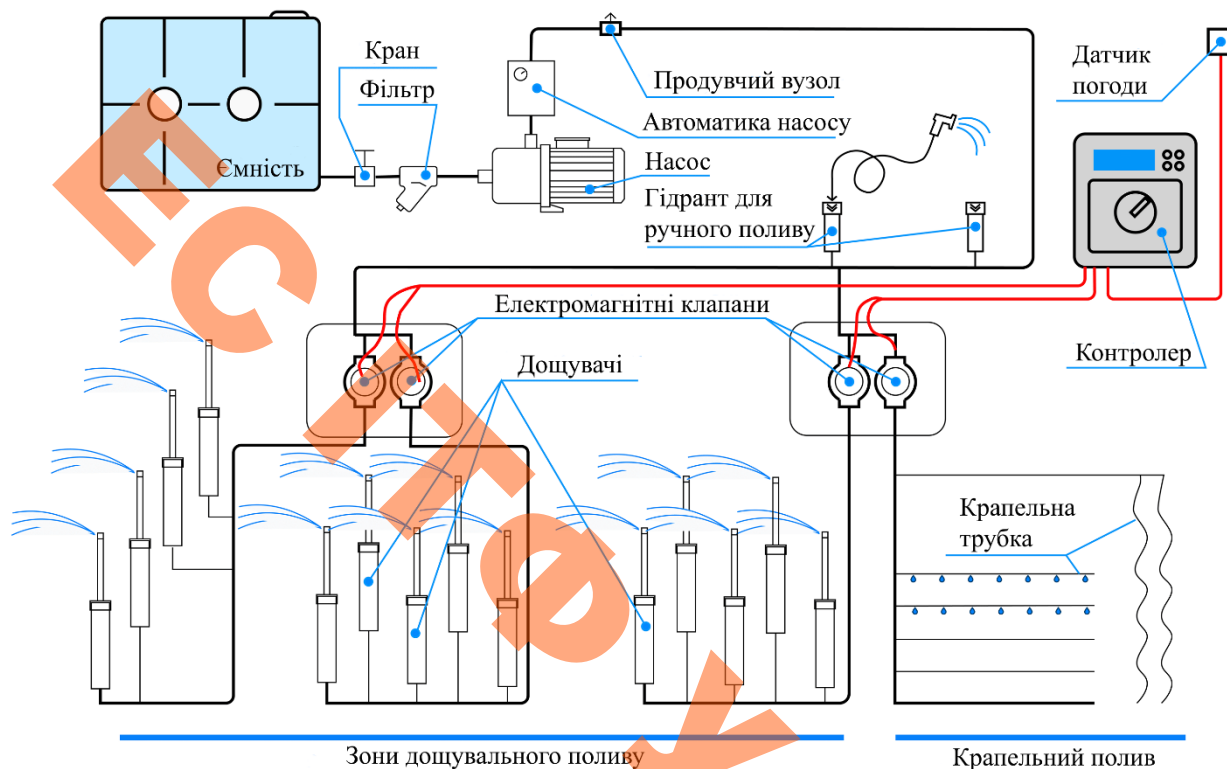


Рис. 1. Загальна структура автоматизованої системи поливу

забезпечуючи оптимальні умови для зро стання та розвитку рослин, знижуючи втрати води та оптимізуючи витрати енергії.

1. **Джерело води:** Це може бути міська водопостачальна мережа, яка постачає питну воду до будинків і споруд, або водоймище, таке як ставок, річка або озеро.

- **Міський водопровід:** Якщо система збирає воду з міського водопроводу, потрібно мати відповідний підключений водопровідний кран або спеціальні з'єднувальні пристрої для підключення до системи поливу. Це зазвичай надійне джерело води, але може бути обмежено обсягом або режимами подачі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- **Водойми:** Якщо система використовує водойми, такі як ставки, озера або водосховища, необхідно мати належну інфраструктуру для забору води з цих джерел. Це може включати насоси або гідротехнічні споруди для накопичення та розподілу води.
- **Водяний колодязь:** Іншим джерелом води може бути водяний колодязь на території, де знаходиться система поливу. Воду з колодязя можна видобувати за допомогою насосів або інших технічних засобів.
- **Джерела додаткової води:** Деякі системи можуть мати можливість підключення до джерел додаткової води, таких як дощівка, вторинна обробка стічних вод або використання конденсованої води з кондиціонерів або інших систем.

Для автоматизованих систем поливу, зазвичай, використовуються системи з фільтрацією і очищенням води, щоб запобігти пошкодженню поливальних систем та рослин.

**2. Насосна станція:** Це ключовий компонент, який забезпечує необхідний тиск води для ефективного поливу. Насосна станція може бути обладнана різними типами насосів, наприклад, центробежними, погрузними або поверхневими, залежно від потреб системи та джерела води.

**3. Фільтраційна система:** основна мета фільтраційної системи - видалення забруднень, таких як пісок, іржа, водорості, осади та інші частки, що можуть потрапляти в систему поливу. Це допомагає запобігти ущільненню трубопроводів, пошкодженню спринклерів та забрудненню кореневої зони рослин. Існує кілька типів фільтрів, які можуть використовуватися в системі поливу. Наприклад, механічні фільтри видаляють частки за допомогою сітки або фільтруючих матеріалів. Каталітичні фільтри можуть видаляти хлор і інші хімічні забруднення.

**4. Розподільча мережа:** Це система трубопроводів та поливальних елементів, таких як крапельниці, форсунки або спринклери, які розподіляють воду по зонам поливу. Крапельниці чи спринклери можуть мати різний радіус поливу та

					<b>КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ</b>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтенсивність, що дозволяє точно налаштувати полив для різних типів рослин і зон.

- Трубопроводи і мережі: Це основний спосіб транспортування води в системі поливу. Трубопроводи можуть бути розташовані наземно або підземно, а мережі - це система трубопроводів, які подають воду до різних ділянок землі.
- Крапельні лінії і спринклери: Ці компоненти розподіляють воду на землю. Крапельні лінії ефективно розподіляють воду точково, підпорядковуючи її безпосередньо до кореневої зони рослин. Спринклерні системи надають воду в широкому радіусі, покриваючи більші площі.
- Контрольні клапани і розподільчі пристрої: Ці компоненти розподіляють воду згідно з програмами поливу. Клапани відкриваються і закриваються для контролю потоку води, а розподільчі пристрої (наприклад, водяні розподільники) допомагають розподілити воду рівномірно по всій ділянці.

**5. Контролер (керуюча система):** Контролер дозволяє програмувати час початку, тривалість і інтенсивність поливу для кожної ділянки або зони поливу на основі даних з датчиків. Це дозволяє налаштувати систему поливу відповідно до потреб рослин і погодних умов. Контролери зазвичай мають інтерфейс для програмування, що дозволяє власнику системи налаштувати різні параметри поливу, створювати розклади поливу для різних ділянок і контролювати режими роботи.

**6. Датчики:** грають важливу роль у зборі та передачі даних про умови навколишнього середовища, що дозволяє системі реагувати на зміни і оптимізувати процес поливу.

- Сенсори вологості ґрунту: Ці датчики вимірюють рівень вологості в ґрунті на певній глибині. Вони можуть використовувати різні технології, такі як ємнісні, опорні або оптичні датчики, для вимірювання вологості. Інформація, отримана від сенсорів вологості ґрунту, дозволяє системі визначати, коли рослини потребують поливу, і керувати поливом

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно до цих потреб. Наприклад, якщо ґрунт вологий то, полив може бути відкладено.

- **Погодні датчики:** Ці датчики вимірюють різні параметри погоди, такі як температура повітря, опади, швидкість вітру і інші. Інформація від погодних датчиків допомагає системі поливу адаптуватися до змінних погодних умов. Наприклад, у разі дощу або прогнозу дощу система може автоматично вимкнути полив, щоб уникнути надмірного змочування ґрунту. Також, при високих температурах система може збільшити інтенсивність поливу для забезпечення оптимальної вологості.
- **Датчики рівня води:** Ці датчики вимірюють рівень води в резервуарах або басейнах, що дозволяє системі контролювати запаси води і уникати ситуацій з недостатнім або зайвим забрудненням. На основі даних від датчиків рівня води система може автоматично включати або вимикати насоси, запускати процеси фільтрації та очищення води, а також надсилати повідомлення про стан запасів води.

**7. Система дренажу:** Ця система відводить зайву воду з ґрунту, щоб уникнути пере-зволоження і проблем з корінням рослин. Вона може включати дренажні труби або дренажні шари у ґрунті, які допомагають зберігати оптимальний рівень вологості.[2]

Типи систем дренажу:

- **Поверхневий дренаж:** Цей тип дренажу використовується для відведення води з поверхні землі або забезпечення стікання води від споруд і доріжок. Він може включати стокові канали, дренажні жолоби, та інші споруди.
- **Підземний дренаж:** Цей тип дренажу використовується для відведення надмірної води з ґрунту на глибині. Він може включати дренажні труби, дренажні канали та інші підземні структури.

**8. Система живлення:** є важливою для забезпечення безперервності та ефективності роботи всієї системи. Зазвичай системи поливу живляться від електричних мереж. Це може бути підключення до основної мережі

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електропостачання або використання альтернативних джерел, таких як сонячні панелі або генератори. Напруга живлення може варіюватися від стандартної домашньої (110V або 220V) до більш високої для великих систем. Потужність системи живлення обчислюється з урахуванням потреб системи поливу, кількості споживачів енергії та інших факторів.

Автоматизовані системи поливу стали популярним рішенням для забезпечення ефективного та зручного зрошення садових ділянок, газонів, сільськогосподарських угідь тощо. Ці системи дозволяють оптимізувати використання водних ресурсів, зменшити трудовитрати та забезпечити рівномірний полив. Розглянемо основні переваги та недоліки автоматизованих систем поливу.

### Переваги:

1. Економія води. Автоматизовані системи поливу дозволяють точно контролювати кількість води, що подається, та час поливу. Це запобігає надмірному використанню води та забезпечує оптимальне зволоження ґрунту.

2. Підвищення ефективності. Автоматизовані системи забезпечують рівномірний та своєчасний полив, що сприяє кращому росту та розвитку рослин. Вони можуть бути налаштовані на оптимальні режими поливу для різних типів рослин.

3. Зручність використання. Автоматизовані системи дозволяють запрограмувати полив на певний час, що звільняє власника від необхідності постійно контролювати процес. Це особливо зручно для тих, хто часто відсутній вдома або має великі ділянки.

4. Економія часу та зусиль. Автоматизовані системи значно скорочують час та зусилля, необхідні для ручного поливу. Це дозволяє власникам приділяти більше уваги іншим садовим роботам.

5. Можливість віддаленого контролю. Сучасні автоматизовані системи поливу можна контролювати та налаштовувати дистанційно, наприклад, через

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мобільний додаток. Це дає змогу власникам стежити за поливом навіть коли вони знаходяться далеко від ділянки.

### Недоліки:

1. Початкові витрати. Встановлення автоматизованої системи поливу вимагає значних початкових інвестицій, що може бути обмежуючим фактором для деяких власників.

2. Необхідність технічного обслуговування. Автоматизовані системи потребують регулярного технічного обслуговування, ремонту та заміни окремих компонентів, що призводить до додаткових витрат.

3. Залежність від електроенергії. Автоматизовані системи поливу потребують електричного живлення, тому можуть бути непрацездатними під час відключення електроенергії.

4. Складність налаштування. Деякі автоматизовані системи можуть бути складними у налаштуванні та програмуванні, особливо для користувачів без відповідного досвіду. Це може ускладнювати їх використання.

5. Ризик несправностей. Як і будь-яка технічна система, автоматизовані системи поливу можуть виходити з ладу, що може призвести до недостатнього або надмірного поливу, що може негативно вплинути на рослини.

Отже, автоматизовані системи поливу мають як значні переваги, так і певні недоліки. Перед їх впровадженням важливо ретельно оцінити потреби та особливості конкретної ділянки, а також зважити на фінансові можливості та технічні навички користувача.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА СХЕМОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОГО ЗАВДАННЯ

На ринку України представлено різноманітні бренди контролерів, які відрізняються за функціональністю, надійністю та технологічними можливостями. У даному розділі проведено аналіз різних контролерів для автоматизованих систем поливу, враховуючи їхні переваги, недоліки та потенційні можливості в контексті українського ринку та специфіки використання в аграрному секторі та ландшафтному дизайні.

У рамках даного аналізу будуть розглянуті основні бренди контролерів для автоматизованих систем поливу, які присутні на ринку України. Основною метою цього дослідження є визначення переваг і недоліків кожного бренду, їхньої відповідності потребам українських сільськогосподарських підприємств, а також можливостей для оптимізації процесів поливу.

Серед таких брендів:

- Hunter,
- Rain Bird,
- Toro,
- Irritol,
- K-Rain,
- Berkley,
- Claber,
- Gardena,
- Greenbay,
- Aqua-Pro та інші.

Розглянемо пристрої найпопулярніших брендів, а саме Hunter, Rain Bird, Toro та K-Rain.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Основні переваги контролерів Rain Bird полягають у їхній надійності, функціональності та зручному інтерфейсі користувача. Контролери цього бренду забезпечують можливість програмування різних параметрів поливу, таких як час, частота, тривалість, а також можливість налаштування режимів поливу для різних зон з різними вимогами до вологості.

Їхні контролери відомі своєю інноваційністю та ефективністю використання води. Rain Bird пропонує такі функції, як:

- Технологія ESP-ME, яка автоматично регулює час поливу відповідно до потреб вашого газону.
- Wi-Fi управління, яке дозволяє керувати поливом зі смартфона або планшета.
- Зв'язок з датчиками погоди, який допомагає оптимізувати використання води.

Крім того, Rain Bird випускає додаткове обладнання, таке як датчики вологості, дощу, температури, які допомагають автоматично регулювати режими поливу з урахуванням погодних умов і вимог рослин. Це робить систему поливу більш ефективною та економічно обґрунтованою.

Одним з недоліків може бути висока вартість обладнання Rain Bird порівняно з деякими іншими брендами на ринку. Однак цю вартість компенсує висока якість, надійність та довговічність продукції, що робить її популярним вибором серед професіоналів у галузі сільського господарства та ландшафтного дизайну. [12]

**Toro** - один з провідних світових виробників автоматизованих систем поливу, пропонує контролери для широкого спектру потреб, від житлових до комерційних. Контролери компанії прості у використанні, надійні та доступні за ціною, що робить їх популярними серед професіоналів ландшафтного дизайну.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4. Приклади контролерів Toro. а - DDCWP-8-9V, б - EVO-4ID-EU, в - TMC-424E.

Переваги контролерів Toro: [11]

- Широкий вибір моделей: Toro пропонує широкий асортимент контролерів для будь-яких розмірів газонів і бюджетів.
- Простота використання: контролери не вимагають спеціальних знань для програмування або експлуатації, що робить їх простими у використанні для користувачів усіх рівнів.
- Надійність: виготовлені з високоякісних матеріалів, контролери Toro гарантують безперебійну роботу навіть у найсуворіших умовах.
- Доступність: пропонують відмінне співвідношення ціни та якості, що робить автоматизований полив доступним для широкого кола клієнтів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ

Арк.

26

- Функціональність: пропонують широкий спектр функцій для задоволення потреб сучасних систем поливу:
- Програмування часу доби і дня тижня
- Інтеграція з датчиками дощу та морозу
- Розширювані багатозонні моделі
- Керування через Wi-Fi (деякі моделі)
- Розумна технологія поливу, яка автоматично регулює час поливу відповідно до потреб газону
- Економія води: допомагає економити воду, використовуючи лише ту кількість, яка необхідна для підтримання оптимальної вологості газону.





**K-Rain** є відомим виробником контролерів для автоматизованих систем поливу, пропонує лінійку контролерів для автоматизованих систем поливу, що вирізняються прагматичним підходом до задач зрошення. Вони ідеально підходять для житлових ділянок, невеликих комерційних об'єктів та зон з обмеженим бюджетом.

Контролери K-Rain забезпечують надійну роботу за доступною ціною, роблячи автоматизацію зрошення економічно вигідною. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяє швидко налаштувати програми поливу навіть користувачам без технічної підготовки. Виготовлені з якісних та стійких матеріалів, контролери K-Rain гарантують безперебійну роботу протягом багатьох сезонів. Можливість програмування поливу за часом та днями тижня дозволяє забезпечити цілеспрямоване зволоження та запобігти перевитратам води. Деякі моделі K-Rain підтримують підключення до датчиків дощу для автоматичного регулювання поливу в залежності від опадів. Багатозонні моделі дозволяють індивідуально налаштувати тривалість поливу для різних ділянок. [10]

Серед основних переваг перед іншими виділяють енергоефективність: вони споживають мало енергії, що робить їх економічно вигідними у використанні.

					<b>КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ</b>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Характеристики				
Бренд	K-Rain	Rain Bird	Toro	Hunter
Назва моделі	PRO EX 2.0	ESP — 4ME	DDC-4-220	PC — 401iE
Вхід трансформатора	220 В 50/60 Гц	230 В 50/60 Гц	230-240 В 50/60 Гц	230 В 50/60 Гц
Вихід трансформатора	24 В 1,5 А	25,5 В 1 А	24 В -	24 В 1 А
Максимальний вихідний струм	24 В 1,25 А	-	0,5 А	0,625 А
Кількість програм	4	3	6	4
Робоча температура	-18+60 °С	+65 °С	-	-18+60 °С
Розміри (ШхДхВ) в см	25,4 x 12,7 x 19,6	27,2 x 11,2 x 19,5	17,8 x 8,9 x 22	12,6 x 3,2 x 12,6

Таблиця 1. Порівняння характеристик контролерів для автоматизованих систем поливу

Зробивши порівняльний аналіз конкретних пристроїв, ми можемо побачити, що всі характеристики майже однакові. Отже, вибір конкретного контролера для автоматизованої системи поливу залежить від конкретних вимог і умов експлуатації, але усі перераховані моделі мають достатньо функціональності для ефективного управління поливом.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ

Арк.

29

**Висновок:** можна зазначити, що цей сегмент ринку відзначається значним рівнем конкуренції та широким асортиментом пропозицій від різних виробників. Оцінюючи основні бренди контролерів, важливо врахувати різні аспекти, такі як технічні характеристики, функціональність, надійність, енергоефективність та вартість.

За результатами аналізу виділяються декілька ключових моментів:

- **Технічні характеристики:** Багато виробників, включаючи Hunter, Rain Bird, Toro, Galcon, Irritrol та K-Rain, пропонують контролери з розширеними технічними можливостями, що дозволяє вибрати оптимальні рішення для конкретних умов поливу.
- **Надійність і тривалість роботи:** деякі бренди, зокрема Hunter, Rain Bird та K-Rain, відзначаються високою надійністю і довговічністю своїх контролерів, що є важливим аспектом у галузі сільського господарства та ландшафтного дизайну.
- **Енергоефективність:** Багато контролерів, зокрема від Toro та K-Rain, спроектовані з урахуванням енергозбереження, що дозволяє ефективно використовувати електроенергію та зменшити витрати на експлуатацію систем поливу.
- **Вартість і економічність:** При оцінці вартості контролерів важливо враховувати не лише ціну придбання, але і економічні переваги від їхнього використання, такі як зменшення витрат на воду та електроенергію.

Загалом, вибір контролера для автоматизованої системи поливу повинен базуватися на комплексному підході, де враховуються потреби конкретного об'єкту, його технічні особливості та фінансові можливості.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.

Цей розділ має на меті розкрити процес створення та розробки нових методів і схемотехнічних рішень для поставленого завдання. Після огляду та аналізу існуючих методів і технічних рішень, які були представлені у попередньому розділі, проектно-конструкторський розділ спрямований на розробку інноваційних рішень та пошук оптимального технічного вирішення для досягнення поставленої мети. У цьому розділі буде детально розглянуто процес розробки, вибір технічних рішень, визначення параметрів системи, врахування вимог щодо продуктивності та ефективності, а також проведено аналіз можливостей впровадження отриманих рішень у практичній роботі. Крім того, у цьому розділі будуть розглянуті можливі обмеження та проблеми, з якими може стикнутися проект при реалізації, а також запропоновані шляхи їх вирішення.

#### 3.1. Синтез та аналіз структурної схеми

Для початку виділимо основні компоненти які входять до базової структурної схеми контролера для автоматизованих систем поливу.

- Мікросхема;
- LCD дисплей;
- Датчик вологості ґрунту та датчик вологості повітря;
- Живлення схеми;
- Реле;
- Насос.

**Мікросхема.** Це інтегровані схема, які містять у собі різноманітні електронні компоненти, такі як транзистори, резистори, конденсатори, діоди та інші, які використовуються для виробництва електронних пристроїв. Існує багато типів мікросхем, включаючи логічні мікросхеми (наприклад, логічні вентиля), оперативну пам'ять (ОП), програмовану логічну матрицю (ПЛМ), мікроконтролери, інтегральні схеми для зберігання даних (наприклад, флеш-

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-пам'ять), аналогові мікросхеми (наприклад, ОСІЛЯТОРИ), інтерфейсні мікросхеми та інші. Виконують різні функції, від логічних операцій та обчислень до зберігання та передачі даних, керування периферійними пристроями, генерації сигналів, забезпечення комунікації між пристроями та інше. мають складну структуру, що включає в себе шари напівпровідникових матеріалів, які містять електронні компоненти, і з'єднання між ними, що реалізовані за допомогою фотолітографії та інших технологій.

**LCD дисплей.** Це вид дисплея, який використовує технологію ліквідних кристалів для відображення зображень і інформації. Існують різні типи LCD дисплеїв, такі як пасивна матриця (Passive Matrix), активна матриця (Active Matrix), TFT (Thin Film Transistor), IPS (In-Plane Switching), OLED (Organic Light-Emitting Diode) та інші. Кожен тип має свої особливості та переваги. У LCD дисплеї рідинні кристали керуються електричними сигналами, які змінюють їхню прозорість і дозволяють світлу проходити або блокувати його, утворюючи зображення. Більшість LCD дисплеїв здатні відображати кольори, що досягається за допомогою фільтрів та підсвічування різних кольорів за допомогою світлодіодів (LED) або інших джерел світла. LCD дисплеї зазвичай споживають менше енергії порівняно з іншими типами дисплеїв.

**Датчик вологості ґрунту та датчик вологості повітря.** Пристрій, призначений для вимірювання вологості в повітрі або в інших середовищах. Є велика різноманітність типів датчиків вологості, включаючи резистивні, капацитивні, оптичні та конденсаційні датчики. Точність і чутливість датчиків вологості визначають їхню здатність до точного вимірювання навколишньої вологості. Деякі датчики мають високу точність і здатні працювати в широкому діапазоні температур. Використовуються у багатьох галузях, таких як метеорологія, сільське господарство, промисловість, будівництво, медицина, автомобільна та побутова техніка.

**Живлення схеми.** Схеми можуть бути живлені від постійного струму (DC) або змінного струму (AC), залежно від вимог конкретної схеми та її

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функціональних особливостей. Джерело живлення може бути внутрішнім (наприклад, вбудованим блоком живлення у мікроконтролері) або зовнішнім (наприклад, адаптер живлення або батарея). Деякі схеми вимагають стабільного живлення з мінімальними коливаннями напруги та струму. Для цього можуть застосовуватися спеціальні стабілізатори напруги та фільтри для згладжування сигналу.

**Реле.** Електромагнітний комутаційний прилад для замикання або розмикання електричного кола. При подачі струму на котушку реле, вона створює магнітне поле, яке приводить до перемикання контактів в реле. Реле використовуються для керування електричними навантаженнями, такими як лампи, мотори, клапани, соленоїди та інші пристрої. Вони також використовуються для збору даних (наприклад, терміналів), автоматизації процесів та захисту електричних систем від перевантажень та коротких замикань.

**Насоси.** Відіграють важливу роль у забезпеченні подачі води від джерела до системи поливу, такої як крапельний полив або спринклерної системи. Існують різні типи насосів, такі як центробежні насоси, діафрагмові насоси, перистальтичні насоси та інші. У системах автоматичного поливу часто використовують центробежні насоси. Насоси можуть живитися від електричної мережі, вбудованих акумуляторів або сонячних батарей, що робить їх гнучкими в застосуванні для різних типів систем поливу. Потребують регулярного обслуговування, такого як перевірка стану фільтрів, масла (у випадку насосів з мастильною системою), усунення засмічень та перевірка на наявність витоків для забезпечення надійності та тривалості роботи.

Взаємодія цих компонентів виглядає наступним чином: мікроконтролер отримує дані від датчика вологості, вирішує, коли потрібно включити насос для поливу, вмикає реле для керування напругою на насосі, а LCD дисплей відображає інформацію про стан системи та дозволяє користувачеві взаємодіяти з контролером.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також цю взаємодію ми можемо зобразити у вигляді структурної схеми:

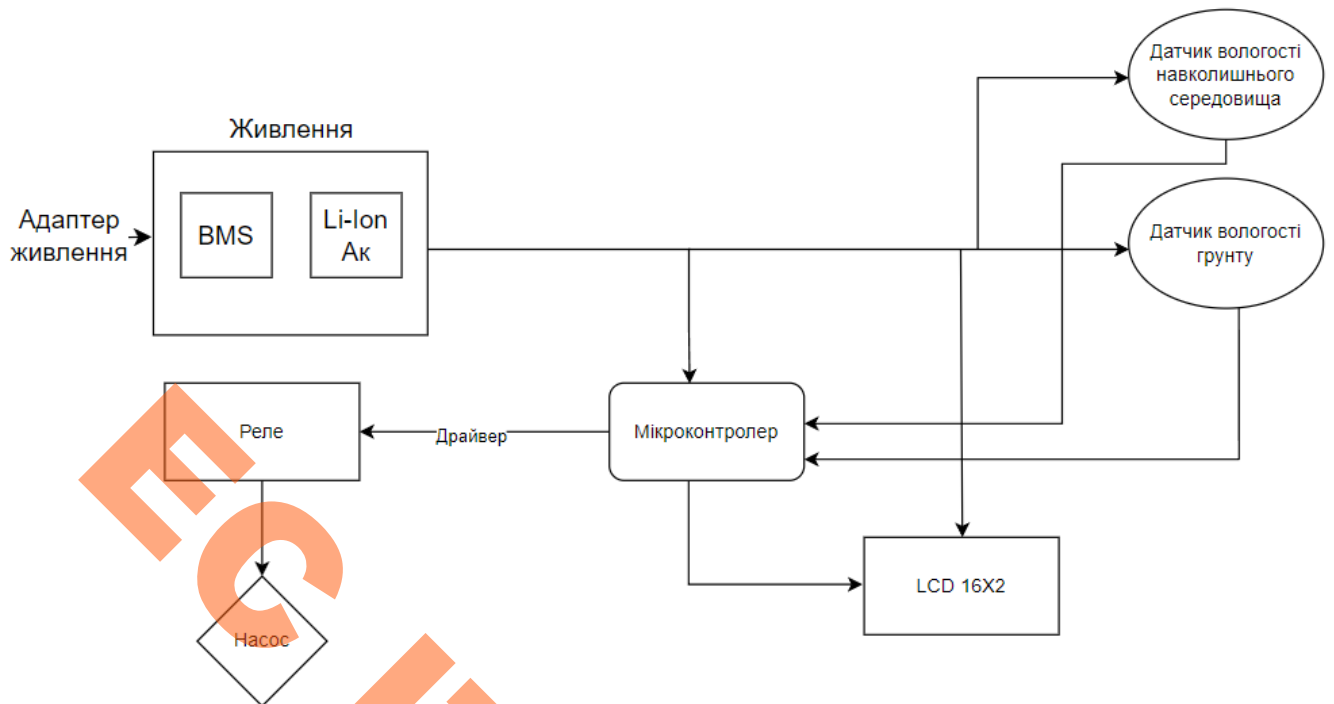


Рисунок 6. Структурна схема пристрою

### 3.2. Синтез та аналіз електричної принципової схеми

#### Вибір мікроконтролера.

У якості “мозку” системи було обрано мікросхему Atmega16. На це є декілька вагомих причин:

- **Відомий та надійний бренд:** Мікросхеми від Microchip, до якої належить ATmega16, відомі своєю високою якістю та надійністю. Це важливо для системи, яка має працювати безперебійно із високою стабільністю.
- **Доступність і популярність:** є досить поширеною мікросхемою, що спрощує доступність необхідного обладнання для проекту та забезпечує підтримку та розвиток програмного забезпечення.
- **Можливості та функціональність:** має достатньо великий обсяг пам'яті та ресурсів, що дозволяє реалізувати потрібні функції для контролера системи поливу, такі як керування датчиками, LCD дисплеєм, реле та насосом.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Легкість програмування:** Ця мікросхема підтримує популярні мови програмування, такі як C та C++, що спрощує розробку програмного забезпечення для контролера.
- **Низька вартість:** є відносно доступною мікросхемою, що дозволяє знизити витрати на розробку та виготовлення контролера.



Рисунок 7. ATmega 16

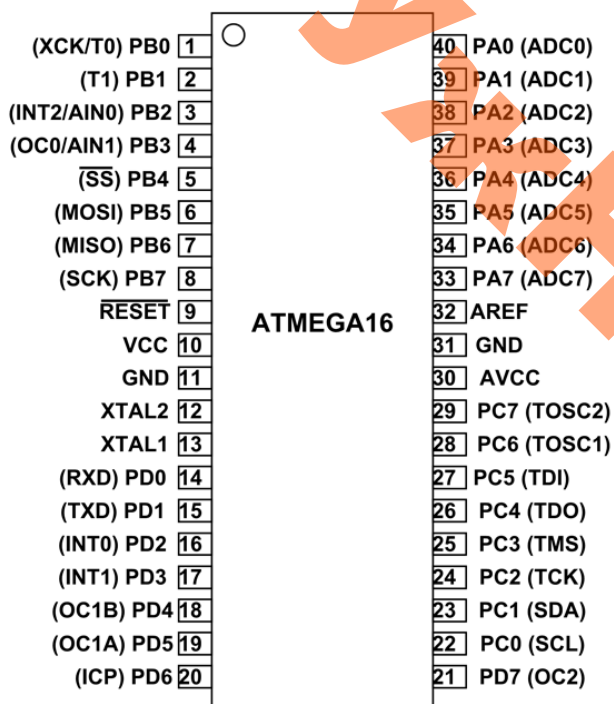


Рисунок 8. Вивід ніг ATmega16

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Мікроконтролер	ATmega 16
Ядро	AVR
Максимальна тактова частота	16 МГц
Тип пам'яті програм	Flash
Кількість входів/виходів I/O	32
Тип ОЗП даних	SRAM
Тип інтерфейсу	I2C, JTAG, SPI, USART
Вхідна/вихідна напруга	2,7 ... 5,5 В
Напруга живлення	4,5 ... 5,5 В
Робоча температура	- 40 ~ +85 °С

Таблиця 2. Характеристики ATmega16

ATmega16 - це мікроконтролер з родини AVR від компанії Atmel/Microchip. Це 8-бітний мікроконтролер, який широко використовується в еMBEDованих системах для різноманітних застосувань. Ось кілька ключових особливостей:

- ґрунтується на архітектурі модифікованого Гарварду, яка поєднує елементи обох архітектур Гарварду та фон Неймана. У нього є окремі області пам'яті для програм та даних.
- вбудована Flash-пам'ять використовується для зберігання програмного коду мікроконтролера. Розмір Flash-пам'яті може варіюватися.
- є певна кількість SRAM для зберігання даних під час виконання програми.
- в мікроконтролері є вбудовані таймери/лічильники, які використовуються для створення точних затримок, генерації сигналів ШІМ та інших функцій, пов'язаних з часом.
- є модуль АЦП, який дозволяє мікроконтролеру перетворювати аналогові сигнали в цифрові дані для подальшої обробки.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таким чином, обрання мікросхеми ATmega16 для цього проекту є обґрунтованим з погляду якості, доступності, функціональності та вартості реалізації.

### Вибір дисплея.

У якості пристрою для виведення інформації та взаємодії з мікросхемою було обрано дисплей LCD1602.

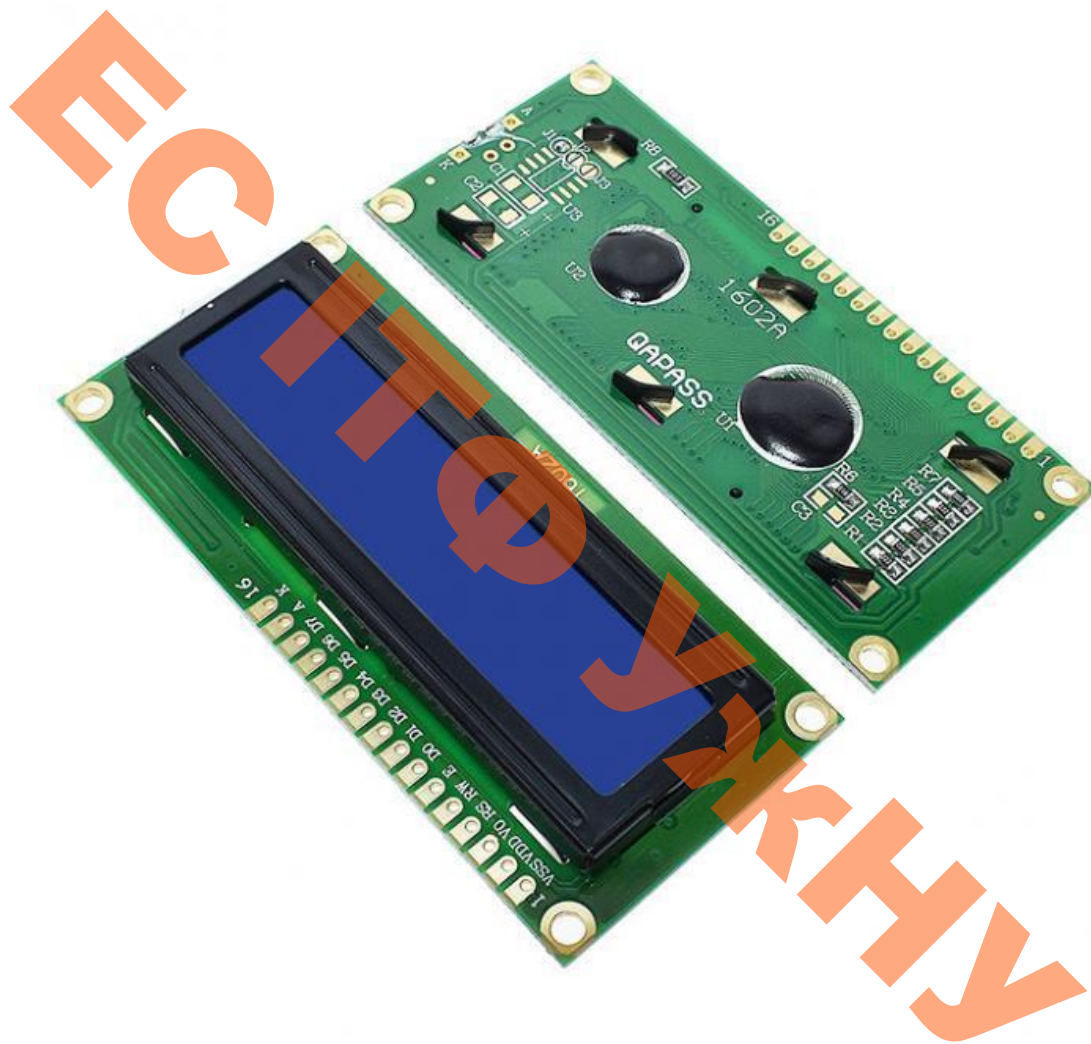


Рисунок 9. Дисплей LCD1602

Вибір цього дисплея для проекту обґрунтований кількома важливими факторами:

- **Інформативність:** Забезпечує достатньо великий екран для відображення важливої інформації про стан системи поливу, такої як рівень вологості, статус насоса, розклад поливу та інші параметри.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ

Арк.

37

- **Простота використання:** LCD1602 має простий і зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко виводити текстову та числову інформацію на дисплей без складних налаштувань.
- **Сумісність:** Цей дисплей є досить поширеним у проектах з електроніки та мікроконтролерами, що забезпечує сумісність з багатьма платформами та мікроконтролерами, включаючи ATmega16.
- **Надійність:** відомий своєю надійністю та довговічністю роботи, що є важливим аспектом для системи поливу, яка працює безперервно на відкритому повітрі.
- **Вартість:** Даний дисплей є відносно доступним у вартості, що дозволяє знизити загальні витрати на проект без втрати якості та функціональності.

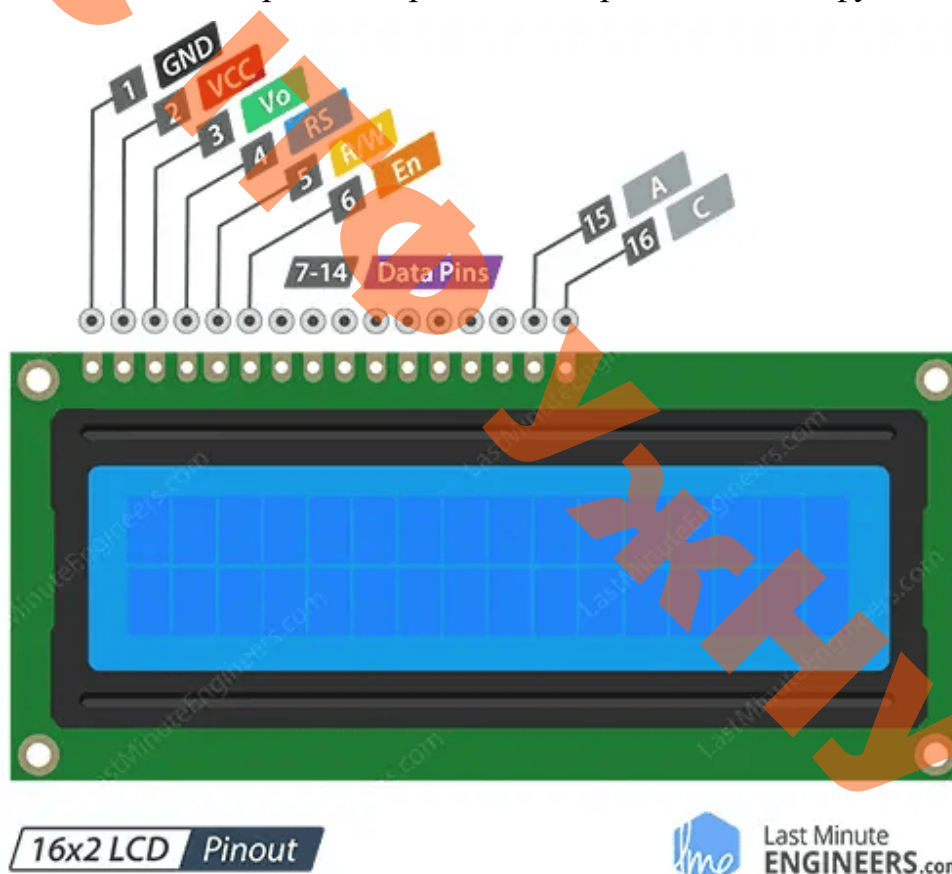


Рисунок 10. Виводи LCD1602

Таким чином, вибір LCD1602 є логічним та обґрунтованим з погляду його характеристик, зручності використання, сумісності з мікроконтролерами та вартості, що робить його ідеальним варіантом для виведення інформації на контролері для автоматизованої системи поливу.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Розміри	80 x 36 мм
Робоча температура	0 ~ 50 °С
Живлення	5 В
Підсвітка	блакитна
Формат	16 x 2
Інтерфейс	HD44780
Колір символів	білий
Розмір символу	4,35 x 2,95 мм
Розміри точки	0,5 x 0,5 мм

Таблиця 3. Характеристика LCD1602

### Вибір датчиків.

Датчик вологості повітря та температури:

DHT11 це недорогий цифровий датчик температури і вологості. Він використовує ємнісний датчик вологості і терморезистор для вимірювання температури навколишнього повітря.

Серед основних переваг:

- **Вимірювання вологості та температури:** DHT11 є надійним датчиком, який може точно вимірювати як вологість повітря, так і температуру, що є важливим для контролю умов росту рослин.
- **Низька вартість:** DHT11 є доступним з точки зору вартості, що дозволяє знизити загальні витрати на проект без втрати якості та функціональності.
- **Простота використання:** Цей датчик має простий інтерфейс з мікроконтролером, що дозволяє легко отримувати дані та використовувати їх для прийняття рішень щодо поливу рослин.
- **Доступність та популярність:** DHT11 є одним із найпоширеніших датчиків в світі електроніки, що забезпечує доступність документації, підтримки та прикладних програм для його використання.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- **Стабільність роботи:** Датчик DHT11 відомий своєю стабільністю та надійністю роботи, що є важливим для безперебійної роботи системи поливу.

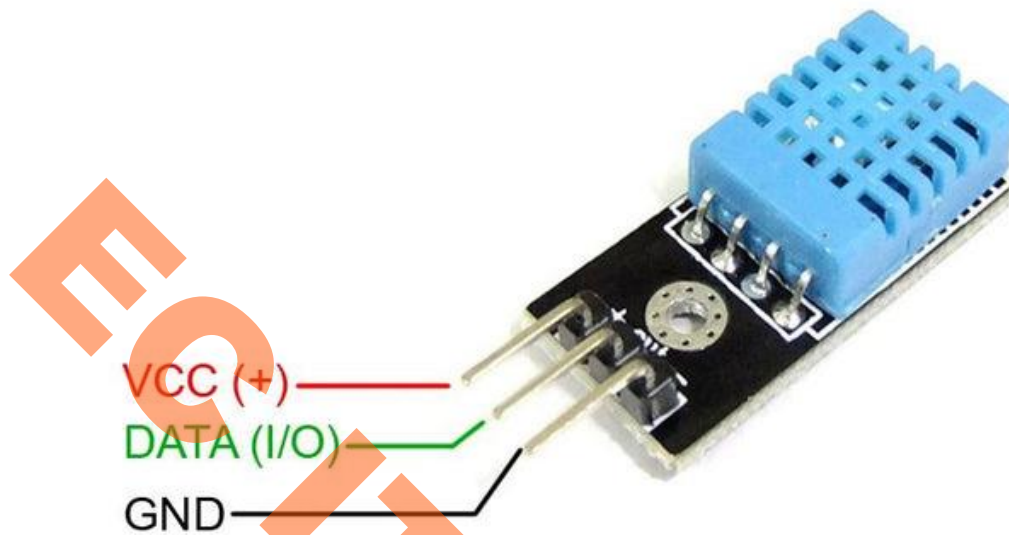


Рисунок 11. Вигляд та вивід ніг DHT11

Ємнісний датчик вологості:

- **Точність вимірювань:** Ємнісний датчик вологості здатний точно вимірювати рівень вологості ґрунту, що є критичним для забезпечення оптимального поливу рослин.
- **Широкий діапазон вимірювань:** Цей тип датчика може вимірювати вологість ґрунту у широкому діапазоні значень, що дозволяє ефективно контролювати стан ґрунту в різних умовах.
- **Надійність та стійкість:** Ємнісні датчики вологості зазвичай мають довгий термін служби і стабільність в роботі навіть при довготривалому використанні.
- **Аналоговий вихід:** Багато ємнісних датчиків мають аналоговий вихід, що спрощує їх інтеграцію з мікроконтролерами та обробку отриманих даних.

Найбільша проблема резистивних датчиків вологості ґрунту - малий термін експлуатації, обумовлений схильністю корозії контактів вимірювача.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ємнісні датчики вільні від цього недоліку, а корозійностійке покриття електродів робить їх практично вічними. Ще це позитивно впливає на стабільність показань та точність вимірювання датчика. Так само на стабільність показань позитивно впливає наявність на платі датчика стабілізатора напруги живлення, що дає можливість жити датчик напругою від 3,3 до 5,5В.



*Рисунок 12. Ємнісний датчик вологості ґрунту*

Основний принцип роботи полягає в тому, що вологе середовище змінює діелектричні властивості матеріалів, з яких виготовлений конденсатор датчика. Коли вологість змінюється, змінюється і ємність конденсатора. Зазвичай, електроди конденсатора розташовані так, щоб утворювати паралельні пластини, і між ними є діелектрик, який взаємодіє з вологою.

Загалом, обрані датчики вологості мають всі необхідні характеристики для успішної реалізації автоматизованої системи поливу та забезпечення оптимальних умов для росту рослин.

### **Вибір реле.**

Реле - це електромеханічний пристрій, який служить для замикання та розмикання електричного кола за допомогою електромагніту. Принцип роботи

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

силового реле дуже простий. Для цього проекту були вибране реле Songle SRD-12VDC-SL-C.

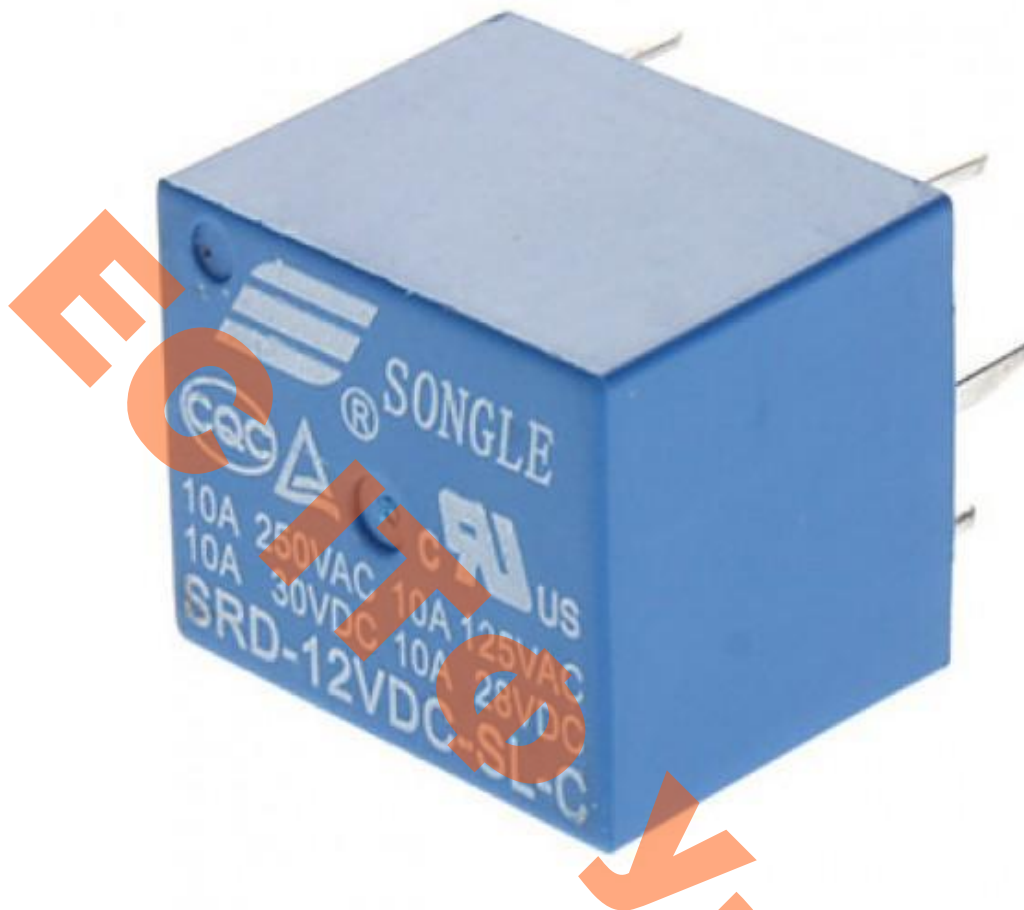


Рисунок 13. Реле Songle SRD-12VDC-SL-C

Напруга котушки	12В постійного струму
Опір котушки	400 Ом
Кількість контактів перемикачання	2 (NO і NC)
Номінальне навантаження	10 А 250 В
Механічний термін служби	10,000,000
Потужність котушки	0,36 Вт
Температура навкол. середовища	-25 до +70 °С

Таблиця 4. Характеристики реле Songle SRD-12VDC-SL-C

При подачі керуючої напруги на електромагнітну котушку, в ній виникає електромагнітне поле, яке притягує металеву лапку, і контакти потужного навантаження замикаються.[4]

Серед основних переваг реле:

- **Надійність та довговічність:** Реле Songle відоме своєю надійністю і довговічністю, що важливо для безперебійної роботи системи поливу протягом тривалого часу без несправностей.
- **Спрощена схема керування:** Це реле має просту схему керування, що дозволяє легко інтегрувати його з мікроконтролером та іншими компонентами системи.
- **Низьке споживання енергії:** має низьке споживання енергії, що дозволяє економити електроенергію та забезпечує довгий термін роботи від джерела живлення.
- **Великий термін служби:** Це реле володіє довгим терміном служби і може працювати стабільно протягом тривалого часу без необхідності частої заміни або обслуговування.
- **Доступність та вартість:** є широко доступним на ринку та має прийнятну вартість, що дозволяє знизити загальні витрати на реалізацію проекту.

Обрання реле Songle SRD-12VDC-SL-C обґрунтоване його надійністю, ефективністю, низьким споживанням енергії та доступністю на ринку, що робить його відмінним варіантом для використання в системі поливу.

### Вибір насосу.

У якості насосу було обрано модель 365 DC 12V. Вибір здійснювався на основі наступних властивостей:

- **Ефективність:** 365 DC 12V насос відомий своєю ефективністю та продуктивністю у відкачуванні води, що є важливим для забезпечення потрібної кількості води для поливу рослин.
- **Компактні розміри:** має компактні розміри, що дозволяє легко

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впроваджувати його в систему поливу без зайвих зусиль.

- **Низький рівень шуму:** насос відомий своєю тихою роботою, що є важливим для забезпечення комфортного робочого середовища та мінімізації впливу на навколишнє середовище.



Рисунок 14. Мембранний насос 365 DC 12V

Робоча напруга	12 В постійного струму
Мінімальна напруга	6 В
Робочий струм	0,5 – 0,7 А
Холостий струм	0,18 А
Вага	106 г
Продуктивність	1,5 – 2 л/хв (приблизно)
Максимальна висота всмоктування	2 м
Розмір	90 мм x 40 мм x 35 мм

Таблиця 5. Характеристики насосу

Самовсмоктуючий мембранний насос з 12 В двигуном для подачі і перекачування води і не агресивних рідин. Досить тихий і продуктивний. Характерною особливістю даних насосів є те, що вони самі засмоктують рідину

і можуть знаходитися над поверхнею води, що сприятливо позначається на їх надійності і довговічності. Мінімальна напруга, при якому насос починає працювати становить 6-7В. При меншій напрузі двигун перестає обертатися і може згоріти.

### Вибір живлення.

Згідно з техзавданням живлення має відбуватися від джерела з напругою 12В. Отримати таку напругу можна з'єднавши послідовно Li-Ion батареї.

Серед переваг акумуляторних батарей:

- **Портативність:** Можливість встановити контролер в будь-якому місці, незалежно від наявності розетки.
- **Безпека:** Низька напруга акумулятора робить систему безпечнішою.
- **Автономність:** Система може працювати безперебійно навіть при перебоях з електропостачанням.

Серед недоліків:

- **Обмежена потужність:** Необхідно підбирати акумулятор та електромагнітні клапани відповідної потужності.
- **Необхідність регулярної зарядки:** Акумулятор потребує зарядки, час автономної роботи залежить від його ємності.
- **Додаткові витрати:** Потрібно придбати акумулятор та зарядний пристрій.

У нашому випадку було обрано акумуляторні батареї Panasonic NCR 18650.

Серед їхніх переваг:

- **Ємність:** має значну ємність, що дозволяє забезпечити тривалий час автономної роботи системи поливу без необхідності частого заряджання.
- **Напруга та стабільність:** Цей акумулятор працює з напругою 4.2 В, що відповідає вимогам живлення багатьох електронних компонентів, таких як мікроконтролер, дисплей і датчики.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Надійність та довговічність:** Panasonic є відомим виробником високоякісних акумуляторів з довгим терміном служби і стійкістю до зношення.
- **Безпека:** Panasonic NCR 18650 відомий своєю високою безпекою в експлуатації, що є важливим фактором при роботі з електричним живленням.



*Рисунок 15. Акумулятор 18650 Panasonic NCR*

### 3.3. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми, вибір елементів

#### Джерело живлення контролера та інших компонентів.

Літій-іонні акумулятори зараз дуже популярні. Сьогодні ці акумулятори використовуються в більшості пристроїв. Але на відміну від інших типів

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аккумуляторів, наприклад, свинцево-кислотних або нікелевих, літій-іонні дуже вимогливі до параметрів зарядного пристрою. Тому система управління аккумулятором (BMS) є дуже важливою. Якщо не контролювати процес зарядки та розрядки літій-іонних аккумуляторів, вони скоро вийдуть з ладу.

Ідеальний зарядний пристрій для літій-іонних аккумуляторів має блок стабілізації напруги і струму, а також мати систему балансування напруги для аккумуляторів. Напруга повністю зарядженої банки літій-іонного аккумулятора становить 4,2 Вольта. Як тільки аккумулятор досягне цієї напруги, процес зарядки повинен припинитися.

Схема складається з регульованого стабілітрона на основі мікросхеми TL431. При заданому напрузі відкривається силовий транзистор. З резистором 10 Ом потужністю 1-2 Вт в колекторному ланцюзі він утворює еквівалент навантаження. Надлишкова потужність буде розсіюватися у вигляді тепла на цих елементах, тому транзистору потрібен радіатор.

Для розрахунку сумарної напруги джерела живлення, що складається з трьох послідовно з'єднаних батарей 3.7V, використовується наступна формула:

$$V_{3AG} = V_1 + V_2 + V_3, \quad (1)$$

Де  $V_1$  – напруга першої батареї,  $V_2$  – напруга другої батареї,  $V_3$  – напруга третьої батареї.

Підставимо значення для кожної батареї, тоді сумарна напруга джерела живлення:

$$V_{3AG} = 4,2V + 4,2V + 4,2V = 12,6V, \quad (2)$$

LM7805 забезпечує стабільну вихідну напругу 5V при широкому діапазоні вхідних напруг (від 7V до 35V). Це важливо для живлення компонентів схеми, таких як ATmega16, LCD1602 та інші, які потребують стабільного живлення.

Конденсатори C1 і C2 біля лінійного регулятора напруги LM7805 використовуються для фільтрації і стабілізації вихідної напруги.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конденсатор C1 є вхідним, він розміщується між входом регулятора  $V_{вх}$  і землею GND. Його мета – згладжувати вхідну напругу та зменшувати вплив високочастотних шумів, які можуть надходити від джерела живлення.

Зазвичай, вхідний конденсатор вибирається на основі рекомендацій виробника регулятора напруги. Для LM7805 виробник зазвичай рекомендує використовувати конденсатор ємністю 0.33  $\mu\text{F}$  на вході для стабільної роботи регулятора. Однак у нашій схемі використовується конденсатор номіналом 470  $\mu\text{F}$ . Вибір більшої ємності для вхідного конденсатора обумовлений наступними причинами: покращення фільтрації (більша ємність допомагає краще згладжувати коливання напруги та зменшувати високочастотний шум), стабільність при змінному навантаженні (більша ємність забезпечує кращу стабільність вхідної напруги при раптових змінах навантаження).

Конденсатор C2 є вихідним, він розміщується між виходом регулятора  $V_{вих}$  і землею GND. Його мета – згладжувати вихідну напругу та зменшувати коливання напруги, які можуть виникати через зміни навантаження.

Для вихідного конденсатора виробник LM7805 зазвичай рекомендує використовувати конденсатор ємністю 0.1  $\mu\text{F}$ . Саме тому такий номінал і було обрано.

#### Обмеження струму через світлодіод

У якості індикатора роботи лінійного регулятора використовується світлодіод HL4. Світлодіоди потребують обмеження струму для запобігання їх пошкодженню. Значення резистора обчислюється з використанням закону Ома:

$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}}, \quad (3)$$

де  $V_{CC}$  – напруга живлення,  $V_{LED}$  – падіння напруги на світлодіоді,  $I_{LED}$  – робочий струм світлодіода. Припустимо, що напруга живлення  $V_{CC}$  дорівнює 5V, падіння напруги на світлодіоді  $V_{LED}$  дорівнює 2V, а бажаний робочий струм світлодіода  $I_{LED}$  дорівнює 20mA (0,02A):

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{19} = \frac{5V - 2V}{0,02A} = \frac{3V}{0,02A} = 150\Omega, \quad (4)$$

### Підключення дисплея.

Використовує технологію рідкокристалічних дисплеїв (LCD), де рідкі кристали використовуються для контролю пропускання світла через екран. Зазвичай, кожен символ складається з 5x8 (5 пікселів у ширину і 8 пікселів у висоту) точок. Вимагає живлення зазвичай від 5V. Деякі моделі можуть мати підсвічування (backlight), що полегшує використання в умовах слабого освітлення. Зазвичай, вони підключаються до мікроконтролерів або інших пристроїв за допомогою протоколу HD44780 або сумісного з ним.[13]

Існує кілька методів підключення дисплея LCD1602 до мікроконтролера. У нашому випадку лінії даних дисплея (DB4 - DB7) підключаються безпосередньо до чотирьох цифрових виводів ATmega 16. Також при підключенні дисплею використовують два додаткових елементи – це резистор R23 і потенціометр R22.

Номінал R22 обрано таким чином, що він створює потрібний поділ напруги між VCC (5V) і GND, щоб забезпечити оптимальну напругу для контрасту (зазвичай близько 0-1V для V0). Тому було обрано потенціометр з номіналом 10кОм.

LED підсвічування LCD1602 зазвичай працює при струмі близько 10-20mA. Для обмеження струму через підсвічування використовується резистор R23. Оберемо номінал R23, виходячи з напруги живлення (VCC = 5V) і типового падіння напруги на світлодіодах підсвічування (припустимо, 3V):

$$V_R = V_{CC} - V_{LED}, \quad (5)$$

де:  $V_R$  – напруга на резисторі,  $V_{CC}$  – напруга живлення (5V),  $V_{LED}$  – падіння напруги на світлодіодах підсвічування (припустимо, 3V).

Підставимо значення:

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_R = 5V - 3V = 2V, \quad (6)$$

Для обмеження струму до 15mA (середнє значення між 10 і 20mA), обчислимо номінал резистора за формулою:

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{2V}{15mA} = 133,33\Omega, \quad (7)$$

Таким чином, резистор з номіналом близько 130 Ом може бути обраний для обмеження струму через підсвічування до безпечного рівня.

Підсумовуючи резистори R23 та потенціометр R22 обрані відповідно до їх функцій:

- R22 (10k Ом) для налаштування контрасту дисплея.
- R23 (220 Ом) для обмеження струму через підсвічування, що забезпечує безпеку роботи світлодіодів та достатню яскравість підсвічування.

### Підключення реле.

#### Розрахунок пускового струму реле

Підставимо значення для обчислення пускового струму:

$$I_{\text{пуск}} = \frac{V}{R}, \quad (8)$$

де:  $V$  – напруга живлення реле,  $R$  – опір котушки реле.

$$I_{\text{пуск}} = \frac{12V}{400\Omega} = 0.03A \text{ або } 30mA, \quad (9)$$

На основі цього можна зробити вибір транзистора n-p-n типу BC548.

#### Розрахунок базового струму транзистора

Для забезпечення насичення транзистора (переведення його в режим повного відкриття), базовий струм повинен бути достатнім. Для NPN-транзистора (BC548) коефіцієнт підсилення струму ( $h_{fe}$ ) зазвичай становить від 110 до 800.

Для розрахунків візьмемо середнє значення 200 (це типове значення

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для розрахунків, щоб забезпечити надійну роботу).

Базовий струм  $I_B$  можна розрахувати за формулою:

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}}, \quad (10)$$

де  $I_C$  – колекторний струм,  $h_{FE}$  – коефіцієнт підсилення струму (припустимо 200).

Підставимо значення:

$$I_B = \frac{30mA}{200} = 0,15mA, \quad (11)$$

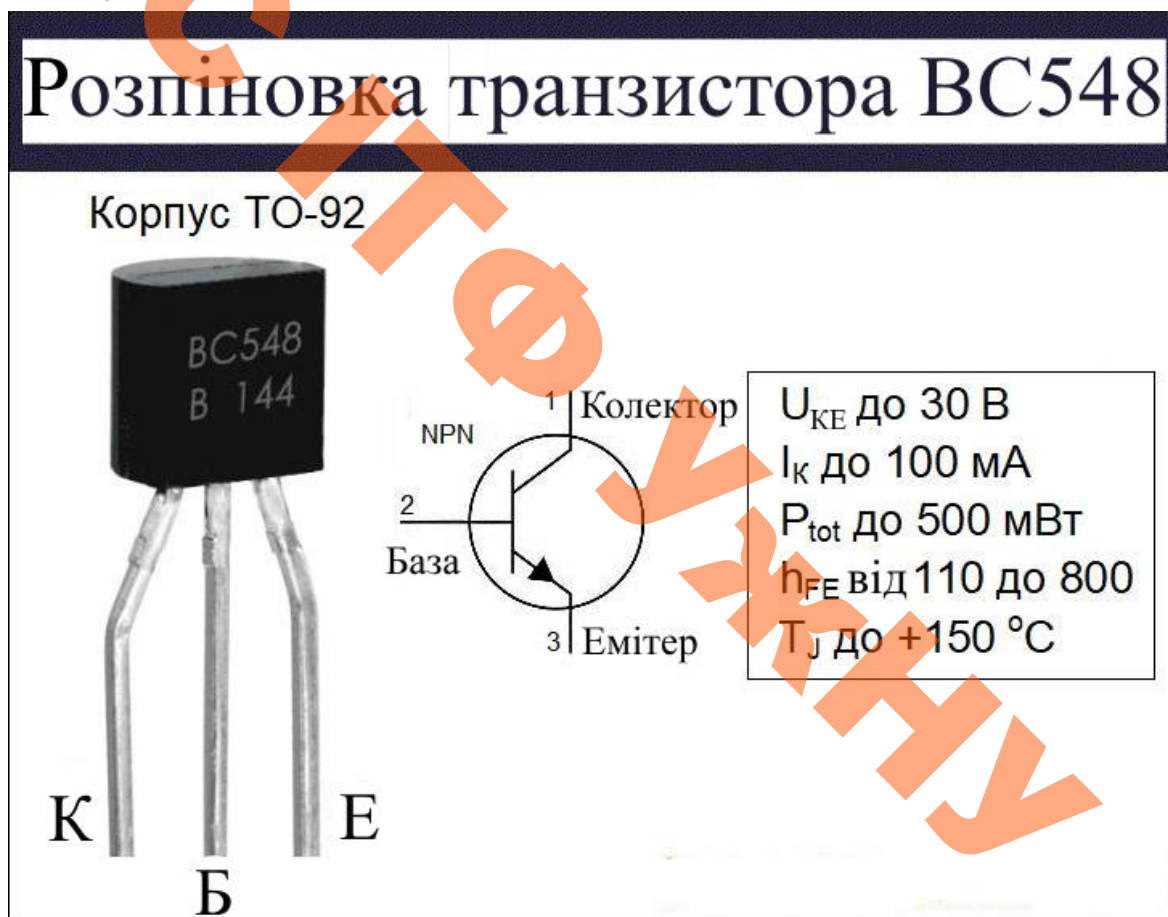


Рисунок 16. Вигляд та характеристики транзистора BC548

### Вибір резистора бази

Для керування базовим струмом необхідно використовувати резистор. Якщо мікроконтролер працює при напрузі 5V, то базовий резистор  $R_B$  можна розрахувати за формулою:

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}, \quad (12)$$

де  $V_{CC}$  – напруга живлення мікроконтролера,  $V_{BE}$  – напруга база-емітер (звичайно близько 0.7V для кремнієвих транзисторів),  $I_B$  – базовий струм.

Підставимо значення:

$$R_B = \frac{5V - 0,7V}{0,15mA} = \frac{4,3V}{0.15mA} \approx 28.67k\Omega, \quad (13)$$

Перевірка параметрів транзистора BC548:

1. Максимальна напруга колектор-емітер  $V_{CE}$ : 30V – достатньо для 12V реле.
2. Максимальний колекторний струм  $I_C$ : 100mA – достатньо для струму реле 30mA.
3. Розсіювана потужність  $P_D$ : 500mW.

Максимальна потужність, що розсіюється на транзисторі:

$$P = V_{CE} \times I_C = 12V \times 30mA = 360mW, \quad (14)$$

Транзистор BC548 може працювати в даній схемі, оскільки його потужність розсіювання і струм колектора відповідають вимогам реле Songle SRD-12VDC-SL-C.

### Скидання (Reset) для мікроконтролера

У багатьох схемах резистор і конденсатор використовуються для формування скидання (Reset) мікроконтролера при включенні живлення. У нашому випадку це резистор R21 та конденсатор C3. Це дозволяє забезпечити надійний запуск мікроконтролера з правильного стану.

Розрахунок значень для скидання:

Для забезпечення надійного скидання мікроконтролера при включенні живлення, часто використовують RC-ланцюг, який затримує сигнал Reset на певний час після подачі живлення.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок RC-ланцюга:

Час зарядки конденсатора визначається постійною часу  $\tau$ , яка обчислюється як:

$$\tau = R \times C, \quad (15)$$

де  $R$  – опір резистора (в Омах),  $C$  – ємність конденсатора (в Фарадах).

Типовий час затримки скидання становить декілька мілісекунд. Для прикладу, якщо ми виберемо  $R = 10 \text{ кОм}$  і  $C = 10 \text{ мкФ}$ :

$$\tau = 10 \text{ к}\Omega \times 10 \text{ мкФ} = 0,1 \text{ с}, \quad (16)$$

### Загальне споживання струму.

Розрахуємо споживання струму для всіх компонентів схеми. Для кожного компонента визначимо приблизний струм, який він споживає.

- Мікроконтролер ATmega16 - має споживання струму приблизно 10 мА в активному режимі.
- Дисплей LCD1602 - зазвичай споживає близько 2 мА в режимі роботи без підсвічування. Якщо підсвічування увімкнене, споживання може збільшитися до 15-20 мА.
- Датчик DHT11 споживає близько 0.5 мА в активному режимі.
- Датчик вологості ґрунту - але зазвичай це близько 5-10 мА.
- Реле Songle SRD12VDCSLC - споживання струму котушки реле залежить від номіналу напруги та опору котушки. Для Songle SRD12VDCSLC при 12 В споживання струму складає 30 мА.
- Транзистори BD140 - споживання струму через них залежить від навантаження, яке вони обслуговують. Врахуємо незначне споживання для керування базою ( $\approx 5 \text{ мА}$ ).
- Транзистор BC548 - споживання струму через базу транзистора для керування реле зазвичай незначне, близько 1 мА.
- Лінійний регулятор LM7805 - споживає незначний струм, але потрібно врахувати струм навантаження.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Світлодіоди - споживають струм в залежності від опору обмежуючих резисторів. Припустимо, що кожен світлодіод споживає приблизно 20 мА.

$$4 * 20\text{мА} = 80\text{мА}, \quad (17)$$

**Загальне споживання:**

$$10\text{ мА} + 20\text{ мА} + 0.5\text{ мА} + 10\text{ мА} + 30\text{ мА} + 5\text{ мА} + 1\text{ мА} + 80\text{ мА} = 156,5\text{ мА}$$

**Висновок:** Після проведення розрахунків споживання струму для всіх компонентів схеми, визначено, що загальне споживання струму складає приблизно 156,5 мА. Загальне споживання струму знаходиться в межах допустимих значень для забезпечення стабільної роботи всієї системи.

Для розрахунку надійності всієї схеми з урахуванням умов експлуатації, використаємо формулу для інтенсивності відмов елементів:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot a(T, k_n), \quad (18)$$

де:

- $\lambda_{0i}$  — номінальна інтенсивність відмов і-го елемента, обирається з довідника;
- $k_1$  і  $k_2$  — поправочні коефіцієнти в залежності від дії механічних факторів (удари, вібрації);
- $k_3$  — поправочний коефіцієнт в залежності від дії температури та вологості;
- $k_4$  — поправочний коефіцієнт в залежності від дії атмосферного тиску;
- $a(T, k_n)$  — поправочний коефіцієнт в залежності від температури  $T$  та коефіцієнта навантаження  $k_n$ .

Для кожного елемента розглянемо наступні значення поправочних коефіцієнтів:

- $k_1 = 1.2$  (удари);
- $k_2 = 1.1$  (вібрації);
- $k_3 = 1.3$  (температура та вологість);

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

-  $k_4 = 1.05$  (атмосферний тиск);

-  $a(T, k_n) = 1.4$  (температура 25°C та коефіцієнт навантаження).

Компонент	$\lambda_{0i}$ (год <sup>-1</sup> )
Atmega16	$2 \cdot 10^{-6}$
LCD1602	$2 \cdot 10^{-6}$
DHT11	$2 \cdot 10^{-6}$
Soil Moisture sensor	$2 \cdot 10^{-6}$
LM7805	$2 \cdot 10^{-6}$
BC548	$2 \cdot 10^{-7}$
Songle SRD-12VDC-SL-C	$2 \cdot 10^{-6}$
Насос	$2 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 6. Номінальні інтенсивності відмов  $\lambda_{0i}$  для кожного компонента:

Розрахунок інтенсивності відмов  $\lambda_i$  для кожного компонента:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot 1.2 \cdot 1.1 \cdot 1.3 \cdot 1.05 \cdot 1.4, \quad (19)$$

Компонент	$\lambda_i$ (год <sup>-1</sup> )
Atmega16	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,99 \approx 5,88 \cdot 10^{-6}$
LCD1602	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,99 \approx 5,88 \cdot 10^{-6}$
DHT11	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,99 \approx 5,88 \cdot 10^{-6}$
Soil Moisture sensor	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,99 \approx 5,88 \cdot 10^{-6}$
LM7805	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,99 \approx 5,88 \cdot 10^{-6}$
BC548	$2 \cdot 10^{-7} \cdot 2,99 \approx 5,88 \cdot 10^{-7}$
Songle SRD-12VDC-SL-C	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,99 \approx 5,88 \cdot 10^{-6}$
Насос	$2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,99 \approx 5,88 \cdot 10^{-6}$

Таблиця 7. інтенсивності відмов  $\lambda_i$  для кожного компонента

Загальна інтенсивність відмов  $\tau$  :

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$\tau = \sum_i \lambda_i = 5.88 \times 10^{-6} + 5.88 \times 10^{-6} + 5.88 \times 10^{-6} +$$

$$5.88 \times 10^{-6} + 2.94 \times 10^{-6} + 2.94 \times 10^{-7} + 5.88 \times 10^{-6} + 5.88 \times 10^{-6} \\ \approx 4.11 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Середній час напрацювання на відмову  $T$  :

$$T = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{4.11 \times 10^{-5}} \approx 24335, \quad (21)$$

**Висновки:**

- Загальна інтенсивність відмов схеми:  $4.11 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$ .
- Середній час напрацювання на відмову: приблизно 24335 годин
- Таким чином, середній час напрацювання на відмову системи становить приблизно 24335 годин, що еквівалентно приблизно 2.8 рокам безвідмовної роботи за умови цілодобової експлуатації.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. ВИСНОВОК

У даній бакалаврській роботі було проведено ретельний аналіз існуючих методів та технологій в області автоматизованих систем поливу. На основі цього аналізу була розроблена структурна схема контролера, яка включає в себе мікроконтролер, LCD дисплей, датчики вологості ґрунту, живлення, реле та насос.

Було обрано компоненти, що найкраще відповідають вимогам проекту, зокрема мікроконтролер для контролю системи, дисплей для відображення інформації, датчики для виміру вологості ґрунту, реле для керування насосом та насос для постачання води до системи поливу. Також було обрано акумулятор як джерело живлення для системи. Цей вибір обґрунтований його ємністю, стабільністю та надійністю в роботі.

Загальна структура контролера була синтезована на основі відомих моделей контролерів від брендів K-Rain PRO EX 2.0, Rain Bird ESP — 4ME та Toro DDC-4-220, з урахуванням найкращих практик і технологій.

Також я брав участь у міжнародній конференції, де виступав з доповіддю на тему, пов'язану з моєю бакалаврською роботою. Сертифікат учасника додається до роботи. В результаті розробки контролера для автоматизованої системи поливу було досягнуто високого рівня функціональності, надійності та ефективності, що дозволяє ефективно керувати процесом поливу рослин, забезпечуючи їм необхідну кількість води та підтримуючи оптимальні умови для зростання і розвитку.

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Handbook of Irrigation Technology. Vol. 1 Herman J. Finkel, CRC Press, Year: 1983;
2. Irrigation pump handbook, Crundfos
3. Irrigation Engineering, N. N. Basak, McGraw-Hill, Year: 1999
4. Irrigation system design. An Engineering Approach, Richard H. Cuenca, PRENTICE HALL, Englewood Cliffs
5. Савосько В. М. Меліорація та фіторекультивациа земель навчальний посібник / В. М. Савосько. – Кривий Ріг : Видавництво «Діоніс», 2011. – 288 с.
6. Основи меліорації і ландшафтознавства : посібник. Серія: Землепорядкування. Видавництво: ІНКОС, 2005 г.
7. American Journal of Engineering Research (AJER), e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936 Volume-11, Issue-05, pp-144-154
8. International Journal Water Resources Management and Irrigation Engineering Research Vol 2, No.1, pp.11-27, September 2019
9. Hunter Industries official site [Products by Category | Hunter Industries](#)
10. K-Rain official site <https://www.krain.com/>
11. Toro official site <https://www.toro.com/en/irrigation>
12. Rain Bird official site <https://www.rainbird.com/>
13. Бакало О.О. Дослідження автоматизованого контролю вологості ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур в теплиці / О.О. Бакало, Ю.М. Пилипенко // Технології та дизайн. – 2018. – № 3. – С. 1-9.
14. Xiaofei Hu, Xia Sun, Qinghong Li, Qianqian He, and Yajun Li School of Electrical and Information Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China, DOI:10.1051/e3sconf/202126003010
15. Automatic Irrigation System: Design and Implementation 2021 IEEE 11th IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE) | 978-1-6654-0338-2

					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Бойко, П.П. "Основи автоматизації процесів поливу: навчальний посібник." Одеса: Одеський державний аграрний університет. 2020 р.
17. Reddy, K., et al. "Development of an Automatic Irrigation System Using IoT." International Journal of Advanced Research in Computer Science. Year: 2018

ЕСІТФУЖНУ

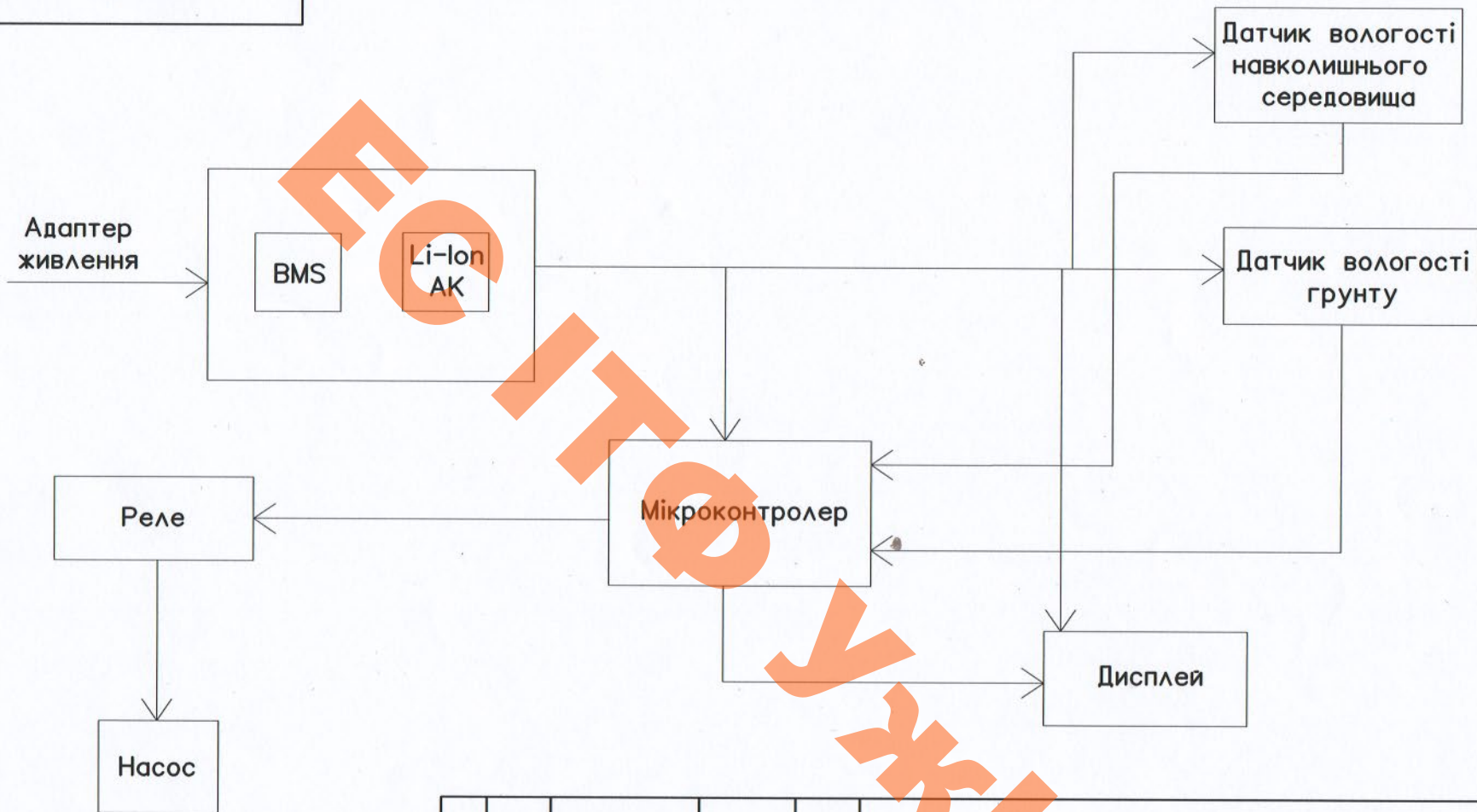
					КРБ.ЕС.20050055.001.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
<b><u>Резистори</u></b>			
R21	Yageo. 10kΩ ±5%, 0.25Wm AXL	1	
R1,R7,R13	Yageo. 20kΩ ±5%, 0.25 Wm AXL	3	
R2,R5,R8	3296W-10K±10%, 0,5Wm	3	
R11,R14	3296W-10K±10%, 0,5Wm	2	
R17,R22	3296W-10K±10%, 0,5Wm	2	
R6,R12,R1	Yageo. 1kΩ ±5%, 0.25 Wm AXL	3	
R3,R9,R15	Yageo. 10Ω ±5%, 0.25 Wm AXL	3	
R4,R10,R1	Yageo. 150Ω ±5%, 0.25 Wm AXL	3	
R19	Yageo. 680Ω ±5%, 0.2 Wm W AXL	1	
R20,R23	Yageo. 220Ω ±5%, 0.25 Wm AXL	2	
<b><u>Конденсатори</u></b>			
C1	Nichicon. 470μF 16V ±20% (Radial)	1	
C2	WIMA. 0.1μF 50V ±10% (Film Capacitor)	1	
C3	Nichicon. 10μF 16V ±20% (Radial)	1	
<b><u>Аналогові мікросхеми</u></b>			
DA1-DA3	TL431. Texas Instruments. (TO-92 package)	3	
DA4	LM7805. Texas Instruments. (TO-220 package)	1	
<b><u>Цифрові мікросхеми</u></b>			
DD1	Atmega16. Microchip Technology.	1	
<b><u>Діоди</u></b>			
VD1	1N4007. Taiwan Semiconductor. 1000 V, 1 A	1	
<b><u>З'єднання контактні</u></b>			
X1,X2	XH2.54 2pin	2	

КРБ.ЕС.20050055.001.ПЕ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Ценкнер Д. В.	<i>Ценкнер</i>	24.06
Перевір.		Зяць Т. М.	<i>Зяць</i>	24.06
Реценз.				
Н. Контр.		Папп О. В.	<i>Папп</i>	24.06
Затверд.		Зяць Т. М.	<i>Зяць</i>	24.06
Контролер для автоматизованої системи поливу				
Перелік елементів				
		Лім.	Арк.	Аркушів
			2	2
УжНУ, ІТФ група ЕС, 4 курс				







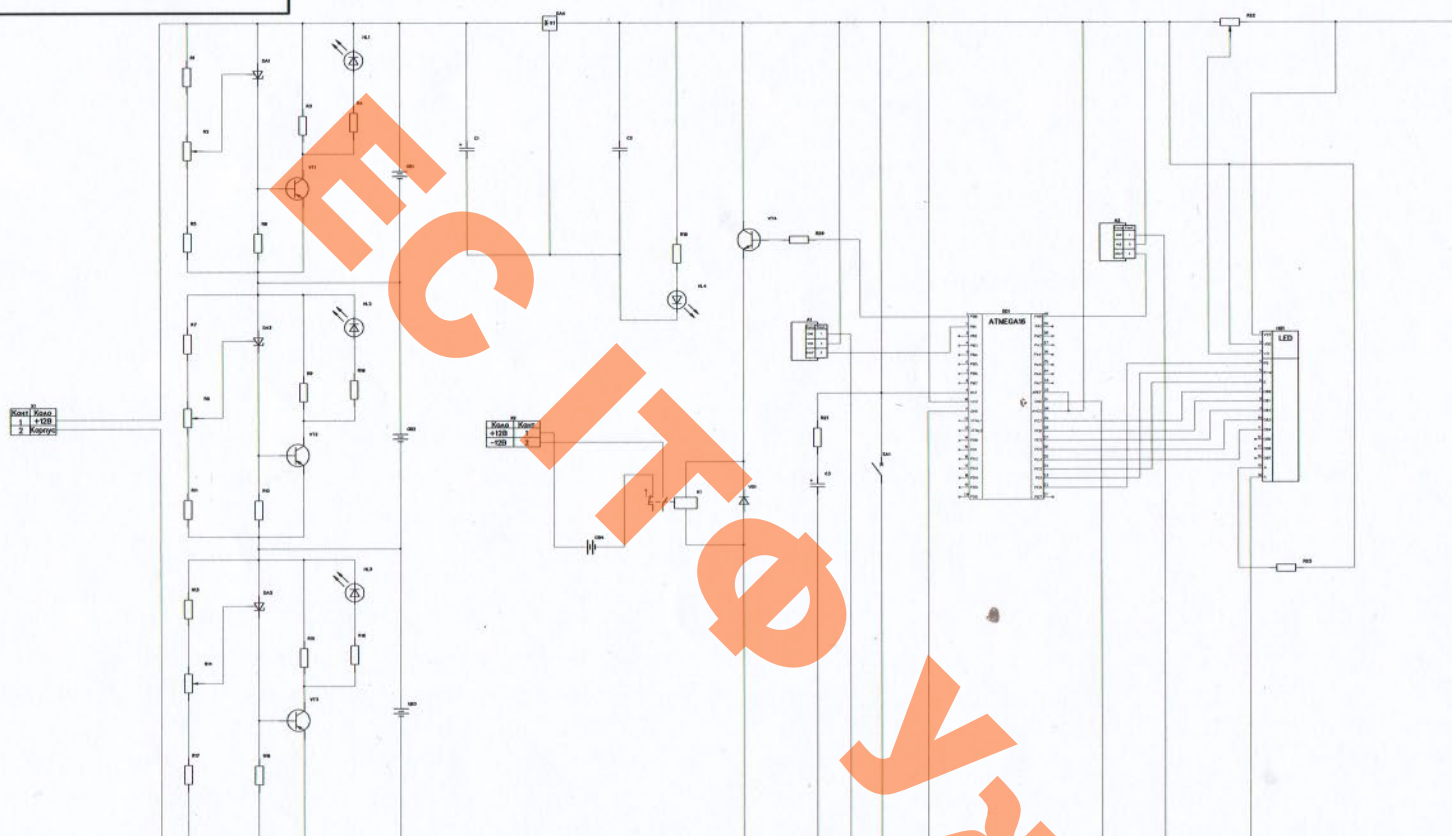
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розробив		Ценкнер Д. В.	<i>Ценкнер</i>	24.06
Перевірів		Заяць Т. М.	<i>Заяць</i>	24.06
Т. контр.				
Н. контр.		Папп О. В.	<i>Папп</i>	24.06
Затвердив		Заяць Т. М.	<i>Заяць</i>	24.06

Контролер для автоматизованої системи поливу

Структурна схема

Літ	Маса	Масштаб
у		
Аркуш	1	Аркушів 1

УжНУ, ІТФ,  
гр ЕС. 4 курс



					КРБ.ЕС.20050055.001.Е3		
					Контролер для автоматизованої системи поливу		
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
					у		1 : 1
Розробив		Ценкнер Д. В.	<i>Ценкнер</i>	24.06	Аркуш		1 Аркушів
Перевірив		Зяць Т. М.	<i>Зяць</i>	24.06			
Т. контр.							
					Принципова електрична схема		
Н. контр.		Пап О. В.	<i>Пап</i>	24.06	УжНУ, ІТФ, гр ЕС. 4 курс		
Затвердив		Зяць Т. М.	<i>Зяць</i>	24.06			

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

к.ф.-м.н. Заець Тарас Михайлович

Студента (-ки) 4-го курсу  
спеціальності 171 Електроніка  
Ценкнер Д.В.  
(прізвище, ініціали)

## ЗАЯВА

щодо самостійного виконання  
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Ценкнер Дмитро Васильович  
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) денна, інженерно-технічний, 4  
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Контролер для автоматизованої системи поливу

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

18.06.2024  
Дата

Ценкнер  
Підпис

Додаток 2.

**ДОВІДКА**  
**про результати перевірки на унікальність**  
**кваліфікаційної, навчальної (курсної) роботи**

Автор роботи	Ценкнер Дмитро Васильович
Назва роботи	Контролер для автоматизованої системи поливу
Спеціальність	171 Електроніка
Курс	4
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронних систем
Керівник роботи	Заєць Тарас Михайлович
Роботу перевірено в програмі	ANTIPLA
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	2024-КРБ-Ценкнер, Дмитро, Васильович
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	94%

Відповідальна особа/  
Науковий керівник роботи

Заєць Т. М.  
(прізвище, ініціали)

18.06.2024  
Дата

  
Підпис



Автентифіковано засобом перевірки на плагіат ANTIPLA  
Дата видачі: вівторок, 18 червня 2024, 07:05  
Доступно через [www.antip.la](http://www.antip.la)

# Плагіатограма

Результат (відсоток плагіату)	6%
Назва документу	2024-КРБ-Ценкнер,Дмитро,Васильович.pdf
Кількість символів	37,438
Кількість спеціальних символів	346
Кількість слів	4,895
Унікальна кількість слів	2,196
Кількість речень	689
Найпоширеніші слова	та, для, Арк., •, що
Середня довжина слова	6.6
Середня кількість слів у реченні	7.1
Всього посилань	0
Кількість слів із плагіатом	291

18.06.2024

(дата)

Дмитро

(перевірив)

# CERTIFICATE

is awarded to

**Tsenkner Dmytro**

for being an active participant in  
X International Scientific and Practical Conference

## “MODERN RESEARCH IN SCIENCE AND EDUCATION”

24 Hours of Participation  
(0,8 ECTS credits)

**CHICAGO**

29-31 May 2024

[sci-conf.com.ua](http://sci-conf.com.ua)

