

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра Інформаційних систем та технологій

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

**на тему: «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО
ПОЛИВУ НА ОСНОВІ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ
МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ»**

на здобуття освітнього ступеня магістра

зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології

(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

(назва)

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

(підпис)

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр. ІСДМ-61

Рева В. В.

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: Поперешняк С.В.

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент: _____

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра _____ Інформаційні системи та технології _____

Ступінь вищої освіти - _____ «Магістр» _____

Напрямок підготовки – “126-Інформаційні системи та технології”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Інформаційних систем та
технологій

_____ К.П. Сторчак
“ _____ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

_____ Рева Владислав Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської роботи: «Інтелектуальна система автоматизованого поливу на основі IoT-технологій з використанням мобільних додатків»

Керівник магістерської роботи _____ Поперешняк Світлана Володимирівна _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ _____ ” _____ 2024 року № ____.

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до магістерської роботи:

Ця система поєднує в собі передові IoT-технології та зручний мобільний інтерфейс, має на меті оптимізувати процес поливу рослин, забезпечуючи їхні потреби у воді на основі даних про вологість ґрунту, температуру навколишнього середовища та погодних умов. Ключовим аспектом роботи є створення інтелектуального алгоритму, здатного адаптуватися до різних типів ґрунту та рослин, а також надавати користувачам можливість моніторити та керувати процесом поливу через інтуїтивно зрозумілий мобільний додаток. Завдяки

використанню IoT-сенсорів та бездротових технологій система забезпечує дистанційний контроль та автоматизацію.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

4.1 Вивчення аналогів інтелектуальних систем поливу з метою аналізу їх переваг і недоліків.

4.2 . Принцип роботи розумних систем зрошення з використанням датчиків, алгоритмами та IoT.

4.3 Розробка інтелектуальної системи автоматизованого поливу з інтеграцією IoT-технологій та мобільних додатків для зручного управління.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: Презентація

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Етап виконання роботи	Термін виконання	Відповідальний
1	Затвердження теми магістерської роботи	До ____	Студент, керівник
2	Аналіз літературних джерел, формулювання проблеми	–	Студент
3	Розробка теоретичної частини роботи	–	Студент
4	Розробка практичної частини (моделі, алгоритми тощо)	–	Студент
5	Проведення експериментів, аналіз отриманих даних	–	Студент
6	Написання тексту магістерської роботи	–	Студент
7	Узгодження роботи з науковим керівником	–	Студент, керівник
8	Захист магістерської роботи	____	Студент

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Рева В.В _____
(прізвище та ініціали)
Поперешняк С.В. _____
(прізвище та ініціали)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

ПОДАННЯ

ГОЛОВІ ДЕРЖАВНОЇ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на здобуття освітнього ступеня магістра

Направляється студент Рева В.В. до захисту магістерської роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології
(шифр і назва спеціальності)

на тему: «Інтелектуальна система автоматизованого поливу на основі IoT-технологій з використанням мобільних додатків»

Магістерська робота і рецензія додаються.

Директор інституту _____ Катерина НЕСТЕРЕНКО
(підпис)

Висновок керівника магістерської роботи

Здобувач Рева Владислав Валерійович виконав магістерську роботу на тему, яка є актуальною і важливим дослідженням у сфері застосування IoT-технологій для автоматизації процесів у сільському господарстві та побуті. Тема роботи відповідає сучасним тенденціям розвитку <<розумних>> систем, спрямованих на оптимізацію використання ресурсів, зокрема води, з урахуванням принципів сталого розвитку. У роботі студент показав високу компетентність у застосуванні теоретичних знань для вирішення практичних задач. Робота виконана на високому рівні, повністю відповідає вимогам.

Все це дозволяє оцінити виконану магістерську роботу студента Рева В.В. на оцінку «_____» та присвоїти йому кваліфікацію _____.

Керівник роботи _____ Поперешняк С.В.
(підпис)

_____ 20_ року

Висновок кафедри про магістерську роботу

Магістерська робота розглянута. Студент Рева В.В. допускається до захисту даної роботи в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедрою _____

(підпис)

_____ Сторчак К.П.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської роботи: 100с., 0 табл., 21 рис., 20 джерел.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОЛИВУ НА ОСНОВІ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ.

Об'єкт дослідження – Процеси автоматизованого поливу для сільськогосподарських рослин.

Предмет дослідження – методи, технології та засоби створення інтелектуальних систем автоматизованого поливу, що базуються на ІоТ-технологіях та інтеграції з мобільними додатками.

Мета роботи - розробка інтелектуальної системи автоматизованого поливу, яка базується на зборі даних із сенсорів, їхньому аналізі через ІоТ-платформу та керуванні процесом поливу через мобільні додатки.

Методи дослідження – аналіз літератури та сучасних ІоТ-технологій, проектування та моделювання системи, експериментальні дослідження роботи сенсорів і пристроїв, інтеграція з мобільними датками.

Інтелектуальна система автоматизованого поливу на основі ІоТ-технологій із використанням мобільних додатків має великий потенціал для впровадження як у промисловому, так і в побутовому середовищі. Використання новітніх технологій, таких як Інтернет речей, Хмарні обчислення та машинне навчання, може значно підвищити ефективність зрошення. Результати цього дослідження можуть сприяти оптимізації використання водних ресурсів, підвищенню врожайності та стійкості сільського господарства до зміни клімату.

Мобільні додатки, інтегровані в цю систему, надають користувачам можливість контролювати процес поливу в режимі реального часу, отримувати сповіщення про зміну погодних умов чи потреби в поливі, а також налаштовувати графік поливу залежно від індивідуальних потреб. Це означає, що фермери і садівники можуть управляти своєю діяльністю дистанційно, економлячи час та зусилля.

Система зібрана і запрограмована на платі NodeMCU на базі модуля ESP8266WiFi, датчика температури DHT22 і вологості ґрунту, релейного модуля, водяного насоса, контролера заряду, сонячної панелі для забезпечення автономності системи.

На основі результатів проведених досліджень розроблена економічна система автоматичного зрошення за новими технологіями, яка дозволяє відстежувати отримані дані на мобільних додатках. А також підвищити ефективність вирощування сільськогосподарських рослин.

ABSTRACT

INTELLIGENT AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM BASED ON IOT TECHNOLOGIES USING MOBILE APPLICATIONS.

Object of research – Automated irrigation processes for agricultural plants.

Subject of research – methods, technologies and means of creating intelligent automated irrigation systems based on IoT technologies and integration with mobile applications.

The purpose of the work is to develop an intelligent automated irrigation system based on data collection from sensors, their analysis via the IoT platform and irrigation process management via mobile applications.

Research methods – analysis of literature and modern IoT technologies, system design and modeling, experimental studies of the operation of sensors and devices, integration with mobile data.

An intelligent automated irrigation system based on IoT technologies using mobile applications has great potential for implementation in both industrial and domestic environments. The use of the latest technologies, such as the Internet of Things, Cloud computing and machine learning, can significantly improve irrigation efficiency. The results of this study can contribute to optimizing the use of water resources, increasing yields and the resilience of agriculture to climate change.

Mobile applications integrated into this system allow users to control the irrigation process in real time, receive notifications about changing weather conditions or irrigation needs, and adjust the irrigation schedule depending on individual needs.

This means that farmers and gardeners can manage their activities remotely, saving time and effort.

The system is assembled and programmed on a NodeMCU board based on the ESP8266WiFi module, a DHT22 temperature sensor and soil moisture, a relay module, a water pump, a charge controller, and a solar panel to ensure the autonomy of the system.

Based on the results of the research, an economical automatic irrigation system using new technologies has been developed, which allows tracking the received data on mobile applications. As well as increasing the efficiency of growing agricultural plants.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 Вивчення аналогів інтелектуальних систем поливу з метою аналізу їх переваг і недоліків.....	11
1.1 Огляд та класифікація існуючих інтелектуальних систем поливу.....	11
1.2 Розгляд технічних характеристик та параметрів систем поливу.....	13
1.3 Розгляд переваг і недоліків аналогів системи поливу.....	15
1.4 Існуючі аналоги інтелектуальних систем поливу.....	18
1.5 Висновок першого розділу.....	21
2. Принцип роботи розумних систем зрошення з використанням датчиків, алгоритмами та IoT.....	22
2.1 Використання датчиків, алгоритмів та IoT в розумних системах зрошення....	22
2.1.1 Розподільча система.....	25
2.1.2 Застосування IoT у інтелектуальній системі зрошення.....	27
2.1.3 Контролери.....	29
2.1.4 Датчики.....	32
2.2 Аналіз технологій IoT та їх використання для системи поливу.....	34
2.3 Алгоритми для оптимального використання даних	37
2.4 Висновок другого розділу.....	39
3. Розробка інтелектуальної системи автоматизованого поливу з інтеграцією IoT-технологій та мобільних додатків для зручного управління.....	40
3.1 Вибір засобів реалізації для розробки автономного контролера поливу	41
3.1.1 Вибір платформи мікроконтролера і WiFi/Bluetooth модуля	41
3.1.2 Вибір джерела живлення.....	47
3.1.3 Вибір насоса для перекачування води.....	57
3.1.4 Модуль реле.....	59
3.1.5 Вибір датчиків.....	62

3.2 Розробка апаратної схеми системи.....	67
3.3 Вибір програмного забезпечення.....	70
3.4 Написання програмного коду і налагодження роботи.....	71
3.5 Опис роботи системи поливу.....	84
3.6 Висновок третього розділу.....	90
ВИСНОВОК.....	91
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	93
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	95

Вступ

Сучасний світ вимагає ефективних, екологічно чистих та автоматизованих рішень у різних сферах життя, включаючи сільське господарство, садівництво та догляд за територіями. Одним із ключових завдань у цій галузі є оптимізація використання водних ресурсів, які стають дедалі дефіцитнішими. У відповідь на цю потребу виникають інтелектуальні системи автоматизованого поливу, що базуються на новітніх технологіях Інтернету речей (IoT).

Інтеграція IoT-технологій у системи поливу дозволяє досягти високого рівня автоматизації процесів. Завдяки використанню датчиків для моніторингу вологості ґрунту, температури навколишнього середовища та інших параметрів, система здатна адаптуватися до умов, забезпечуючи оптимальний рівень зволоження для кожної зони. Важливим елементом таких систем є мобільні додатки, які надають користувачам зручний інструмент для управління, контролю та аналізу роботи системи в реальному часі.

Ця робота спрямована на розробку інтелектуальної системи автоматизованого поливу, яка забезпечить ефективне використання ресурсів, знизить витрати води та енергії, а також підвищить зручність для кінцевих користувачів. У дослідженні детально розглядаються апаратні компоненти, алгоритми управління, принципи інтеграції IoT-технологій та мобільних додатків, а також перспективи розвитку таких систем.

В результаті вдосконалення системи автоматичного поливу досягаються кілька важливих переваг.

По-перше, використання точного контролю вологості та оптимізації поливу дозволяє знизити витрати на воду шляхом використання її лише в необхідній кількості. Це сприяє збереженню водних ресурсів та екологічній стійкості.

По-друге, автоматична система поливу забезпечує рівномірне і точне зволоження ґрунту, що сприяє здоровому росту рослин, підвищенню врожайності та зниженню ризику захворювань.

Вирішити поставлене питання можна за рахунок постійного моніторингу вологості ґрунту. Для цього пропонується застосування автоматизованих систем, які дозволять: мінімізувати час, що витрачається на полив території в порівнянні з ручним способом поливу; розраховувати необхідний об'єм поливу в заданий (визначений) час в залежності від вологості ґрунту; виключити участь людини в процесі поливу, що робить можливим виконувати полив при відсутності господарів на території поливу; усунути механічну рутинну роботу, пов'язану з ручним перетягуванням поливних шлангів з місця на місце, включення/виключення насосу, відкриття/закриття кранів тощо); оптимізувати витрати води (що на сьогодні є актуальним питанням у зв'язку з високою вартістю води).

Мобільні додатки, що є складовою частиною цієї інтелектуальної системи, забезпечують зручний інтерфейс для управління поливом з будь-якої точки світу. Завдяки інтеграції з сучасними технологіями, такими як штучний інтелект та великі дані, агрономи можуть здійснювати точний моніторинг і керування поливом, базуючи свої дії на аналітичних даних і прогностичних моделях. Це не лише спрощує процеси, але й робить їх більш ефективними, відкриваючи перспективи для сталого розвитку аграрного сектора.

Таким чином, впровадження інтелектуальних систем автоматизованого поливу на основі IoT-технологій та мобільних додатків має потенціал не тільки для покращення аграрних практик, але й для захисту водних ресурсів, що є важливим у світлі глобальних викликів, пов'язаних зі зміною клімату та зростанням населення. Сьогодні вже можна стверджувати, що таке рішення є неодмінною складовою компоненти сучасного агробізнесу, який прагне до інновацій і ефективності.

Запропонована система автоматизованого поливу базується на використанні MQTT-сервера для зв'язку між пристроями, забезпечуючи надійну передачу даних та зручне дистанційне управління через мобільний додаток. Основними компонентами системи є мікроконтролер NodeMCU на базі ESP8266, датчики DHT22 для вимірювання температури та вологості повітря, Capacitive Soil Moisture Sensor для моніторингу вологості ґрунту, модуль реле для керування водяною помпою, а також MPPT-контролер заряду для ефективного використання акумуляторів 18650 у поєднанні з сонячною панеллю.

Робота системи полягає в автоматичному аналізі параметрів навколишнього середовища, які зчитуються датчиками. Якщо вологість ґрунту опускається нижче заданого рівня, система активує помпу для зрошення. Коли показники датчиків вказують на достатню вологість, подача води автоматично припиняється. Крім того, мобільний додаток дозволяє користувачам не лише відслідковувати стан системи, а й вручну керувати поливом у разі необхідності.

Інтеграція IoT-технологій у систему забезпечує гнучкість, надійність та високу ефективність. Таке рішення дозволяє автоматизувати процеси, адаптувати їх до умов навколишнього середовища та зменшити вплив людського фактора. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна панель, сприяє сталому розвитку та знижує залежність системи від електромережі, що особливо актуально для віддалених районів.

Розробка цієї системи спрямована на вдосконалення підходів до автоматизованого поливу, забезпечення раціонального використання ресурсів та підвищення зручності для користувачів за допомогою мобільних технологій.

1. Вивчення аналогів інтелектуальних систем поливу з метою аналізу їх переваг і недоліків

Сучасні інформаційні технології все більше проникають в різні сфери повсякденного життя і діяльності українців. Оскільки для успішного розвитку сільськогосподарського виробництва потрібна високоефективна та ефективна Сільськогосподарська система, сільськогосподарський сектор економіки не залишає осторонь новітні технології. [1]

Використання інформаційних технологій дозволяє підвищити продуктивність, продуктивність праці, ефективність управлінських рішень, раціональне використання ресурсів і захист навколишнього середовища. Вони значно допомагають у вирішенні великої кількості завдань, пов'язаних з плануванням, прогнозуванням, аналізом і моделюванням сільськогосподарських процесів.

Отже, впровадження інноваційних технологій в сільському господарстві дозволяє ефективно і раціонально управляти процесами росту рослин з урахуванням потреби у волозі, поживних речовинах та інших компонентах умов вирощування.

Останнім часом на іригаційні процеси також вплинуло впровадження ІТ-інновацій, що забезпечують комплексний контроль споживання поливної води, добрив і хімікатів.

Також українською неділею представлений найбільший виробник іригаційного обладнання, лідери галузі — Lindsay Corporation, Reinke Manufacturing Co., Inc., Valmont Industries — впроваджують новітні розробки в технології точного зрошення. Це дистанційний моніторинг і радіоуправління спринклерними системами і засобами управління зрошенням, від звичайного зрошення до зрошення зі змінною швидкістю зрошення і диференційованого внесення добрив і хімікатів разом з поливною водою.

1.1 Огляд та класифікація існуючих інтелектуальних систем поливу

Інтелектуальна система зрошення — це складна система, що використовує Інтернет речей (IoT) і технологію штучного інтелекту, яка дозволяє регулювати подачу води до рослин в залежності від безлічі факторів, таких як вологість

грунту, кліматичні умови, тип ґрунту та інші фактори, що впливають на ріст рослин. Основні компоненти таких систем включають датчики вологості, контролери зрошення та програмне забезпечення.

Це допомагає економити воду, покращує здоров'я рослин і знижує витрати на технічне обслуговування. [2]

В основному існує 2 типи інтелектуальних іригаційних систем:

1. Інтелектуальна система повітряного зрошення використовує метеостанцію для збору даних про температуру, вологість, опади та інші погодні умови. Ці дані використовуються для розрахунку кількості води, необхідної рослині.

Завдання:

За оцінками, близько 50% зрошувальної води втрачається через випаровування або стоку. Це пов'язано з тим, що більшість іригаційних систем використовують прості таймери. Незалежно від того, чи використовується крапельне зрошення або спринклерні системи, найефективнішим підходом до поливу є використання води лише за потреби, використовуючи саме ту кількість, яка вам потрібна, і переконуючись, що ваші рослини поливаються належним чином. Технологія Інтернету речей забезпечує більш ефективний підхід до управління поливною водою.

Рішення:

Завдяки інтелектуальній іригаційній системі стан ґрунту можна контролювати в режимі реального часу за допомогою бездротової сенсорної мережі Wzzard LRPV з низьким енергоспоживанням. Вузол Wzzard LRPV бездротово надсилає дані на шлюз і надсилає дані на ПК або хмарний інтернет-додаток. Найбільш практичні шлюзи можуть бути підключені як через дротові, так і через бездротові мережі, тому вузли датчиків можуть бути розміщені практично в будь-якому місці.

Потім ваше програмне забезпечення може поєднувати ваші дані зі сторонньою інформацією, такою як прогнози погоди, отримані від Національної метеорологічної служби. Це дозволяє системі приймати логічні рішення про те, де і коли випускати воду і скільки її слід використовувати. Наприклад, якщо дощ не прогнозується, система може швидко випустити воду. Якщо прогноз передбачає кількість опадів, система може почекати, виміряти результати та перерахувати необхідну кількість води.

2. Інтелектуальна система зрошення на основі вологості ґрунту, використовує датчики для вимірювання вологості ґрунту. Ці дані використовуються для визначення тривалості поливу рослини.

Інтелектуальну систему зрошення можна розділити на 3 категорії:

Базова інтелектуальна система зрошення-найдоступніший варіант. Зазвичай вони мають лише метеостанцію або датчик вологості ґрунту, і вони не мають додаткових функцій. жовтень.

Проміжні інтелектуальні зрошувальні системи мають більше функцій, ніж базова система, наприклад можливість встановлювати власний графік поливу і отримувати повідомлення про проблеми.

Удосконалена інтелектуальна система зрошення має безліч функцій, таких як функція дистанційного керування, інтеграція з іншими пристроями для розумного будинку та програмування відповідно до конкретних потреб різних рослин.

1.2 Розгляд технічних характеристик та параметрів систем поливу

Інтелектуальні зрошувальні системи стають все більш популярними як спосіб підвищення ефективності використання води, зниження витрат на робочу силу та підвищення врожайності. Ці системи використовують датчики та інші технології для збору даних про навколишнє середовище, таких як вологість ґрунту, температура та опади. Ці дані використовуються для складання графіка поливу, адаптованого до конкретних потреб зрошуваних культур або рослин. При проектуванні та впровадженні інтелектуальної системи зрошення необхідно враховувати кілька різних технічних характеристик і параметрів.

До них відносяться:

- Джерело води – тип джерела води, яке використовуватиметься для зрошення, наприклад ґрунтова вода, поверхнева вода або дощова вода. Якість води: якість джерела води, наприклад рівень рН, солоність і каламутність.
- Клімат – клімат місцевості, де буде встановлена зрошувальна система, наприклад середня температура, кількість опадів і вологість.
- Тип ґрунту – тип ґрунту на ділянці, де буде встановлено зрошувальну систему, наприклад глина, пісок або суглинок.
- Тип культури – тип культури або рослин, які будуть зрошуватися.

- Водний бюджет – кількість води, яка доступна для поливу.
- Витрати на оплату праці – вартість праці на експлуатацію та обслуговування зрошувальної системи.

Важливі конкретні характеристики та параметри змінюються залежно від конкретних потреб проекту. Тільки беручи до уваги всі відповідні фактори, можна розробити і впровадити ефективну, дієву і доступну інтелектуальну систему зрошення. Деякі переваги використання інтелектуальної системи зрошення включають [14]:

- Економія води: інтелектуальна система зрошення може економити воду, поливаючи тільки при необхідності і використовуючи необхідну кількість води.
- Підвищення врожайності: інтелектуальна система зрошення може допомогти вам підвищити врожайність, забезпечуючи потрібну кількість води в потрібний час.
- Зниження витрат на робочу силу: інтелектуальна система зрошення може допомогти знизити витрати на робочу силу за рахунок автоматизації процесу зрошення.
- Покращена якість врожаю: інтелектуальна система зрошення може допомогти поліпшити якість врожаю, забезпечуючи потрібну кількість води і поживних речовин в потрібний час.
- Зменшення впливу на навколишнє середовище: інтелектуальні зрошувальні системи зменшують вплив зрошення на навколишнє середовище, використовуючи менше води та зменшуючи кількість необхідних добрив та пестицидів.

Якщо ви плануєте встановити розумну систему поливу, слід пам'ятати про декілька речей.

По-перше, ви повинні переконатися, що система сумісна з вашим джерелом води, кліматом і типом ґрунту.

По-друге, система повинна бути простою у використанні та обслуговуванні.

По-третє, ви повинні переконатися, що система доступна за ціною. Якщо ви шукаєте способи підвищити ефективність, результативність і доступність вашої зрошувальної системи, розумні зрошувальні системи можуть стати хорошим вибором.

У цьому розділі обговорюються деякі проблеми, пов'язані з використанням розумних систем зрошення:

Початкові витрати: Придбання та встановлення розумної системи зрошення може бути дорогим. Збір та аналіз даних: Щоб система розумного зрошення

працювала належним чином, необхідно зібрати та проаналізувати дані. Це вимагає часу і зусиль. Безпека: розумні системи зрошення вразливі до загроз безпеки. Важливо вжити заходів для захисту системи від несанкціонованого доступу. Незважаючи на виклики, розумні системи зрошення мають багато переваг, і в них варто інвестувати.

1.3 Розгляд переваг і недоліків аналогів системи поливу

Розглянемо системи поливу різної конструкції та призначення, включаючи крапельний полив, полив з садового шланга та автоматичний підземний полив.

Крапельний полив



Рисунок 1.1 – Полив рослин за допомогою крапельного зрошення

Це дуже ефективний і водозберігаючий метод поливу, на рисунку 1.1 показано систему, як відбувається крапельний полив. Уздовж грядок, де висаджені рослини, прокладають крапельну стрічку або краплинні трубки. Вода повільно капає безпосередньо під кореневу систему. На листя і стебла не потрапляє надлишок води, що знижує ризик виникнення таких захворювань, як фітофтороз. При цьому коренева система завжди залишається вологою, але не затопленою.

Існує в основному два різних методи крапельного поливу:

1. Краплинні стрічки (емітери або щілинні крапельниці) з фіксованою відстанню між крапельницями. Це дуже тонкостінні стрічки діаметром

близько 16 мм, які продаються в бобінах або котушках. Крапельниці хитромудрої форми розміщені по всій довжині стрічки на заводі і мають невелике потовщення в трубці. Краплинні стрічки можна придбати відповідно до рівня крапельниці: 10 см, 20 см або 30 см.

Тип крапельниці також має важливе значення:

- щілинна - дешеві, але швидко засмічуються;
- емітерна - дорогі, але надійні та довговічні.

Витрата води крапельної стрічки також важлива і завжди вказується на упаковці, наприклад, 2,4 або 2,7 л/год. Це залежить від продукту.

2. Крапельні трубки з крапельницями. Це більш дорогий, але і більш просунутий варіант. Для реалізації потрібно купити окремо трубки, і окремо крапельниці. Трубки набагато жорсткіші, міцніші і довговічніші, в них немає отворів. Після укладання в потрібних місцях проколюють отвори і в них вставляються крапельниці. Перевагою такого способу є можливість поставити крапельницю там, де потрібно — це особливо важливо при крапельному поливі ожини, малини та інших багаторічних ягід. А якщо крапельниця заб'ється, то просто замінити її на нову, чого не зробиш з крапельної стрічкою.

Крім звичайних крапельниць, які пропускають певну кількість води за годину, можна придбати крапельниці-павутинки. Мікрозрошувальний пристрій поміщається в трубку діаметром 16 мм, від якої в чотирьох напрямках відходить менша трубка діаметром від 3 до 3,5 мм. Таким чином можна зрошувати більшу площу, що важливо для деяких рослин, які ростуть у вигляді квітів і чагарників. Мікротрубки діаметром 3-3,5 мм також використовуються для внутрішнього поливу.

Шланги з мікроскопічними отворами, через які вода просочується краплями або тонкими струменями, також можна вважати крапельним зрошенням, але робити це слід обережно. Витрата води в таких системах значно вища, а запас води нетривалий. З іншого боку, такі шланги можна переміщати по полю, поливаючи по черзі овочі, квіти і газони.

Джерелом води для крапельного поливу зазвичай є велика бочка або інший резервуар. Щоб забезпечити достатній гравітаційний тиск, пластикові бочки піднімають на висоту 1,5-2 метри.

Системи крапельного зрошення потребують фільтрів, оскільки отвори для води дуже малі, а швидкість, з якою вода проходить по трубах, низька. Крім того, навіть дуже чиста водопровідна вода містить достатньо домішок, щоб забити краплинні канали. Тому купити мікрофільтр для крапельного поливу - насправді дуже продумане і економічне рішення.

Переваги крапельного поливу:

1. Зростання врожаю на 25-40% без перевитрати води.
2. Мінімальний час використання. Після того, як система обладнана та встановлена, її можна використовувати з мінімальними витратами часу та зусиль до кінця сезону.
3. Вода подається точно до кореневої системи. Ґрунт залишається пухким і проникним і не утворює кірки, як це могло б статися, якби велика кількість води інтенсивно вносилося зверху.
4. Вода не потрапляє на листя — немає ризику розвитку фітофторозу і т.д.
5. Крім води, добрива можна подавати через системи крапельного зрошення.

Недоліки крапельного поливу:

1. Високі вимоги до чистоти води.
2. Ціна обладнання досить висока. Продаються дешеві набори для крапельного поливу, яких достатньо для невеликих клумб. Але для великих садів і теплиць ціни на краплинні трубки та інші аксесуари досить високі.

Автоматичні системи поливу



Рисунок 1.2 – Автоматичні системи поливу рослин

Підземні системи поливу для газонів, дитячих майданчиків і полів для гольфу. Системи автоматичного поливу складаються з труб, прокладених під землею, а також :

1. Зрошувачів (дощувальників). Обертові або віялоподібні дощувачі, які використовують тиск води, щоб виходити з землі і обприскувати навколишню територію. До них відносяться кругові та секторні (регульовані) дощувачі. Вони часто, але не завжди, оснащені змінними насадками..
2. Вентилі, інша запірна арматура та регулювальні клапани. Зазвичай електромагнітні (соленоїдні), відкриваються і закриваються за сигналом від зовнішнього контролера..
3. Таймери та контролери з реле, які дозволяють програмувати роботу систем автоматичного поливу. Наприклад, система поливу може вмикатися вночі або в інший час (вільний від матчів або відвідувачів).

Автоматичні системи поливу - найдорожчі та найспеціалізованіші системи. Вони використовуються для поливу газонів і трав'яних покриттів (рисунок 1.2). Якщо, звичайно, ми не говоримо про автоматичні системи зрошення полів для великих фермерських господарств і сільськогосподарських угідь, які мають зовсім інший рівень.

До переваг автоматичної системи можна віднести:

1. Надійне і просте програмування графік роботи.
2. Непомітність коли вимкнена, не потрібен ні догляд, ні місця для зберігання обладнання для поливу.

Але є суттєві недоліки:

1. Висока вартість як обладнання, так і встановлення системи.
2. Підходить тільки для стабільних ділянок.

1.4 Існуючі аналоги інтелектуальних систем поливу

Системи поливу – комплекс різних інженерних засобів і технологій, що забезпечують зрошення на одній ділянці. Сьогодні найбільшим попитом на системи автоматичного поливу користуються такі компанії (АСП):

- «Hunter»;
- «Rain Bird»;
- «Irritec»;
- «Полив-плюс»;

- «АкваБуд».

Розглянемо кожну компанію окремо.

«**Hunter**» пропонує автоматичну систему поливу для зрошення будинків, парків та приватних земельних ділянок у теплу пору року. Частоту і тривалість поливу можна налаштувати за допомогою блоку управління. Система не працюватиме, якщо піде дощ або температура знизиться до мінімуму. [3]

Для управління системою використовуються пульти керування на корпусі контролера. Датчики та клапани можуть бути з'єднані контролером за допомогою дротів, GPRS або GSM (стільниковий оператор зв'язку). Один контролер може керувати однією або кількома зонами поливу. Також управляти системою можна з комп'ютера. Спеціально розроблена програма дозволяє керувати всіма налаштуваннями контролера, отримувати перелік помилок, переглядати вхідні дані, статус обладнання, зони поливу у вигляді схематичної карти місцевості.

Тому системи Hunter призначені для великих територій, де потрібна постійна присутність оператора; використання GPRS або GSM є непотрібним і дуже дорогим в обслуговуванні на невеликих територіях. Використовувати такі потужні системи в будинках не має сенсу.

«**Rain Bird**» Виробляє системи зрошення для присадибних ділянок, спортивних майданчиків та сільськогосподарських угідь. Пропонується широкий асортимент контролерів та допоміжних систем. Залежно від установки, струмені води можуть управлятися електромагнітними клапанами або насосами. [19]

Для моніторингу погоди використовуються метеостанції або датчики дощу з термометрами. Також можна налаштувати систему без погодних датчиків. Найпростіші моделі контролерів керують лише однією зоною поливу в певний момент часу. Найскладніші моделі можуть контролювати до восьми зон поливу за чотирма попередньо встановленими програмами.

Всі датчики, клапани і насоси з'єднані кабелями. У більшості випадків система налаштовується з панелі управління контролера. У найпотужніших моделях контролерів є можливість підключення смартфона через Wi-Fi. Таким чином, Rainbird пропонує широкий асортимент контролерів, датчиків і засобів керування потоком води.

Один контролер може використовуватися для декількох зон поливу, що дозволяє використовувати систему для поливу городів, присадибних ділянок і газонів. Можливість вибору декількох програм доступна лише в найдорожчих моделях контролерів, і окремі програми не можуть бути встановлені для кожної зони поливу. Найдешевші моделі контролерів дозволяють здійснювати полив лише за допомогою таймера без датчика погоди. Ці особливості роблять систему

автоматичного поливу Rain Bird придатною для невеликих ділянок з меншою кількістю видів рослин.

«**Irritec**» постачає системи автоматичного зрошення для сільськогосподарських угідь та теплиць. Системи призначені для покриття великих площ та використання води з природних водойм. Зрошувальні струмені управляються насосами, а споживання води можна регулювати незалежно. Погодні умови відстежуються за допомогою метеорологічних станцій і декількох термометрів.

Контролер можна розташовувати у будь-якому зручному місці. Він з'єднується з блоками управління за допомогою дротів або радіохвиль та охоплює до 20 зон поливу. Також контролер має функцію змішування добрива для поливу і вибору резервуарів з готовим добривом для кожної ділянки. Повне налаштування та керування системою здійснюється через програмне забезпечення комп'ютера, під'єданого до контролера радіохвилями чи дротами.

Тому Iritec призначена для великих фермерських господарств, таких як поля та сади. Система не підходить для домашнього використання, оскільки зони контролю занадто великі для присадибних ділянок, а використання насосів з централізованим водопостачанням є незручним і надмірним.

«**Полив-плюс**» забезпечує мінімальну функціональність і максимальну видимість для поливу газонів, садів і різних ландшафтних дизайнів. Струмінь води контролюється електромагнітним клапаном. Датчик дощу відстежує погодні умови. [18]

Кожний контролер розрахований на одну зону поливу і розміщений біля неї. До контролера підключені висувні зрошувачі, які розташовані на ділянці для того, аби система поливу була непомітною. Усі модулі підключені дротами до контролера. Налаштування контролера, а саме часу та критичної вологості поливу, здійснюється безпосередньо з панелі керування на корпусі.

Отже, автоматизована система поливу компанії «Полив-плюс» спрямована на обробку газонів та невеликих садів. Оскільки налаштувати температуру поливу неможливо, виникає необхідність власноруч корегувати систему в залежності від погодних умов. Цей факт, а також необхідність окремого контролера для кожної зони поливу, використання специфічних зрошувачів роблять АСП виробництва «Полив-плюс» не вигідними для городу і саду з різними видами рослин.

«**АкваБуд**» автоматичні системи поливу для садів і газонів з різними джерелами водопостачання, такими як забір води з резервуара, перекачування зі свердловини або централізоване водопостачання. Залежно від джерела

водопостачання, електромагнітний клапан або струмінь насоса контролює потік води.

Для контролю погодних умов застосовуються термометри та датчики світла і дощу. Один контролер керує кількома зонами поливу, що є достатнім для обробки газону та саду. Управління контролером здійснюється за допомогою панелі керування на його корпусі. Усі з'єднання проводяться дротами. Отже, «АкваБуд» спеціалізується на АСП для садів та галявин із газоном. Оскільки система орієнтована на малу кількість зон поливу і використовує холодну воду із свердловини без нагрівача, вона є неприйнятною для городів та плодкових садів.

Можна зробити висновок, що найбільші компанії, Hunter та Iritec, орієнтуються на великі зрошувальні площі (парки та поля). Це виправдовує використання дорогих і надмірних технологій GSM і GPRS для присадибних ділянок. Всі інші компанії виробляють зрошувальні системи для невеликих земельних ділянок. Більшість з них орієнтовані на полив не тільки газонів і садів, і тому пропонують відкриті і закриті дощувальні установки («Полив-плюс») для збереження ландшафтного дизайну і можливості використання холодної води.

Доцільним буде використання Wi-Fi. Додаток для смартфона повинен дозволяти повне налаштування та контроль системи. Пропонована система зрошення використовуватиме датчики температури та вологості ґрунту. Інформації, отриманої від них, достатньо для визначення необхідних погодних умов. Впорскування води контролюється насосами та електромагнітними клапанами. Система налаштовується за допомогою даних про температуру, вологість ґрунту та час.

1.5 Висновок першого розділу

Підсумовуючи цей розділ, можна зробити висновки про переваги та недоліки кожного з них. Розумні системи зрошення забезпечують точний контроль і регулювання поливу, забезпечуючи оптимальне використання водних ресурсів і підвищення врожайності. Автоматизація розумних систем зрошення також зменшує потребу в ручному управлінні зрошенням і виконанні рутинних завдань, дозволяючи фермерам сконцентруватися на інших аспектах свого бізнесу.

Ми вивчили класифікацію та параметри подібних автоматизованих систем зрошення, які вже були розроблені. Це дозволяє нам розуміти і мати концепцію автоматизованих систем зрошення.

2. Принцип роботи розумних систем зрошення з використанням датчиків, алгоритмами та IoT

Розумні системи зрошення є автоматизованими комплексами, які забезпечують ефективний полив рослин із використанням сучасних технологій, таких як датчики, алгоритми оптимізації та Інтернет речей (IoT). Їх головною метою є забезпечення оптимального використання водних ресурсів, підвищення врожайності рослин та мінімізація впливу людського фактора.

2.1 Використання датчиків, алгоритмів та IoT в розумних системах зрошення

Автоматичні системи зрошення використовують датчики, алгоритми та Інтернет речей (IoT), щоб автоматично коригувати графіки поливу на основі умов у реальному часі, таких як погода, вологість ґрунту та потреби рослин. Це може допомогти заощадити воду, покращити здоров'я рослин і зменшити витрати на обслуговування. [4]

Системи автоматичного зрошення складаються з ряду різних компонентів, кожен з яких відіграє важливу роль у загальній системі. Ці компоненти включають: контролери, клапани, труби, датчики, приводи, дисплей.

Кожен із цих компонентів важливий для правильного функціонування автоматизованої системи поливу. Розуміючи роль кожного компонента, ви зможете краще зрозуміти, як працює система та як її підтримувати.

Датчики

Датчики є основними компонентами, які забезпечують збір даних про навколишнє середовище та стан рослин. Вони використовуються для моніторингу та визначення необхідних умов для поливу. Ось основні типи датчиків, що використовуються в розумних системах зрошення:

- **Датчики вологості ґрунту:** Ці датчики вимірюють вологість ґрунту в реальному часі, що дозволяє системі оцінити, коли рослини потребують поливу. Зазвичай використовуються два типи датчиків вологості: ємнісні та резистивні. Ємнісні датчики вимірюють зміни ємності між електродами в

ґрунті, а резистивні — зміни опору. Чим більше вологи в ґрунті, тим менший опір або більша ємність.

- **Датчики температури та клімату:** Ці датчики фіксують температуру повітря та вологості, що допомагає точно коригувати графіки поливу, оскільки змінні температури і вологість можуть значно вплинути на потреби рослин.
- **Датчики опадів:** Визначають кількість опадів, що випали за певний період часу. Якщо дощить, система зрошення автоматично припиняє полив.
- **Сонячні датчики:** Діагностують рівень сонячного випромінювання, що допомагає визначити, скільки води потрібно для зрошення, враховуючи інтенсивність сонячного світла, яке може швидко висушити ґрунт.

Датчики використовуються для збору даних про погодні умови, вологість ґрунту та інші фактори, які можуть вплинути на потреби рослин у поливі. Деякі поширені датчики, які використовуються в розумних зрошувальних системах, включають:

Метеостанції: метеостанції можуть збирати дані про температуру, вологість, кількість опадів та інші погодні умови.

Датчики вологості ґрунту: датчики вологості ґрунту можуть вимірювати вміст вологи в ґрунті.

Датчики для рослин можуть вимірювати стан рослин, наприклад їх температуру, вологість і рівень поживних речовин

Контролери

Контролери зрошення є інтелектуальними пристроями, які отримують дані від датчиків і керують поливом. Вони можуть бути як автономними, так і підключеними до Інтернету для дистанційного управління. Контролери обробляють інформацію, надану датчиками, і визначають, коли і скільки води потрібно подати.

- **Програмовані контролери** дозволяють задавати графік поливу на основі заздалегідь визначених параметрів (наприклад, поливати в певний час або на певну кількість хвилин).
- **Інтелектуальні контролери** використовують дані в реальному часі і автоматично регулюють час і кількість води, яку подають в залежності від погодних умов, рівня вологості та інших змінних.

IoT та хмарні технології

IoT (Інтернет речей) забезпечує зв'язок між всіма компонентами системи, дозволяючи їм взаємодіяти через мережу Інтернет. Збір даних, їх обробка та прийняття рішень відбувається через платформу, яка може бути локальною або хмарною.

- **Мікроконтролери** (наприклад, ESP8266 або ESP32) використовуються для підключення датчиків до мережі Інтернет.

- **Хмарні платформи** (таких як ThingSpeak, Blynk або Google Cloud) дозволяють зберігати дані з датчиків, аналізувати їх за допомогою алгоритмів та навіть надають можливість дистанційного моніторингу та управління системою через мобільні додатки або веб-інтерфейси. [15]

IoT використовується для підключення датчиків, алгоритмів і контролера зрошення до Інтернету. Це дозволяє контролеру поливу отримувати доступ до даних у реальному часі з датчиків і відповідно коригувати графік поливу.

Алгоритми

Алгоритми використовуються для обробки даних, зібраних датчиками, і розрахунку оптимального графіка поливу для рослин. Алгоритми можуть враховувати різноманітні фактори, такі як тип рослини, клімат, тип ґрунту та прогноз погоди. [12]

Алгоритми є серцем "розумної" системи зрошення. Вони обробляють вхідні дані, отримані з датчиків, і використовують їх для прийняття рішень щодо поливу рослин.

2.1.1 Розподільча система

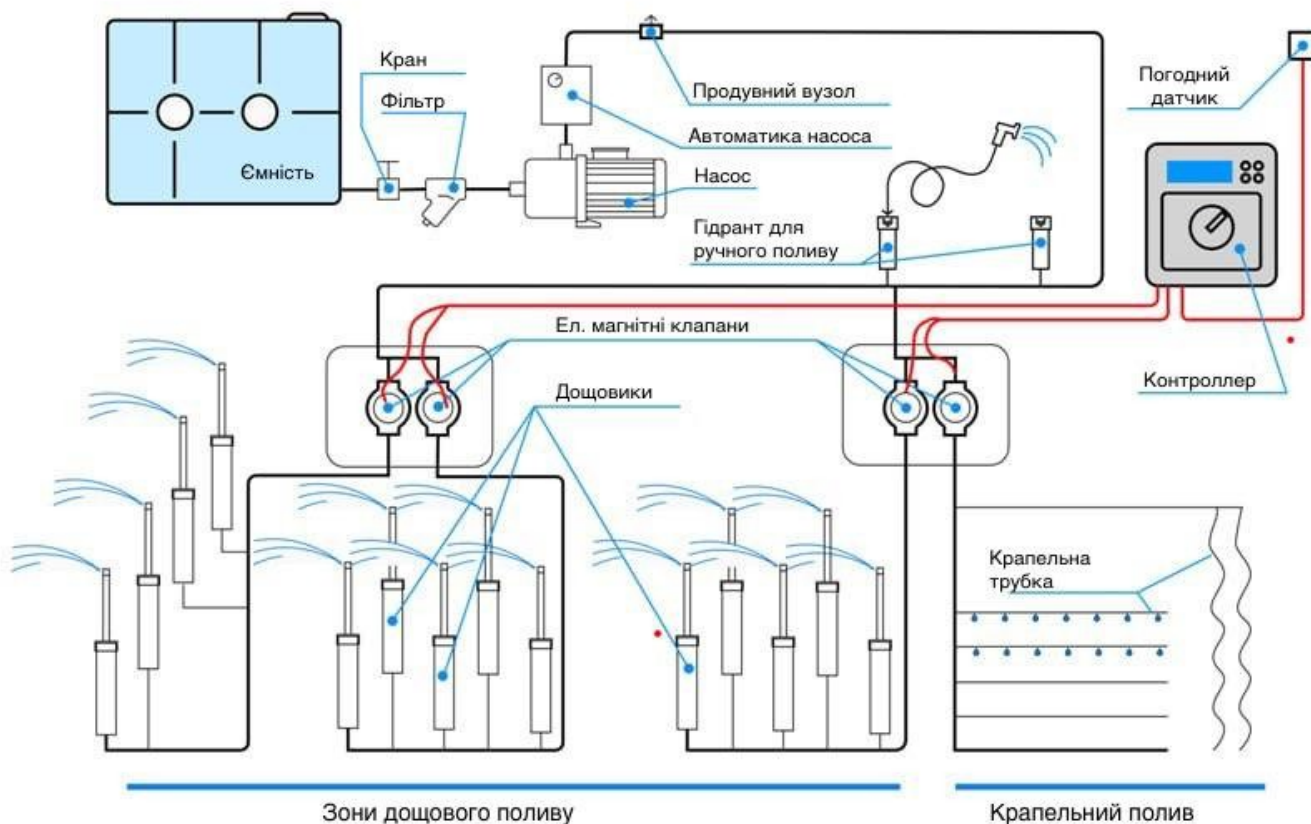


Рисунок 1.3 – Розподільча система інтелектуального поливу

Автоматична зрошувальна система розподілу — це тип зрошувальної системи, яка використовує автоматичне керування для розподілу води між рослинами. На рисунку 1.3 показано, як виглядає подібна інтелектуальна система зрошення. Ці системи зазвичай використовують контролер для планування часу та тривалості поливу, а також датчики для моніторингу рівня вологості ґрунту. Системи автоматичного розподілу поливу можна використовувати для поливу газонів, садів та інших ділянок з рослинами.

Розподільча система інтелектуальної системи поливу є ключовим елементом сучасного агрономічного підходу, що покликаний оптимізувати використання водних ресурсів. Ця система використовує багато різноманітних технологій, які забезпечують автоматизацію процесу поливу, зокрема, інтеграцію сенсорних даних, аналітику на основі штучного інтелекту та передові системи управління.

Перш за все, сенсори, встановлені в ґрунті, дозволяють постійно моніторити вологість, температуру та інші критично важливі параметри. Отримані дані

передаються в центральну систему, що обробляє інформацію в реальному часі. На основі аналітичних моделей система може визначити оптимальний обсяг води, необхідний для конкретних умов, що дозволяє уникнути як пересихання, так і перезволоження рослин.

Далі, розподільча система забезпечує автоматичне управління насосами і клапанами, які контролюють подачу води до різних частин поливного поля. Це забезпечує не лише точність поливу, але і значне зниження витрат на зрошення, а також підвищення врожайності культур. Завдяки можливості дистанційного моніторингу та управління через мобільні додатки або веб-платформи, фермери можуть реагувати на зміни в погодних умовах та потребах рослин без необхідності фізичного присутності на полі.

Крім того, інтелектуальна система поливу може взаємодіяти з іншими агрономічними технологіями, такими як системи прогнозування погоди та управління добривами. Це дозволяє створити комплексний підхід до управління агросистемами, що веде до більш стійкого ведення господарства. Використання таких систем не тільки підвищує ефективність водокористування, але і зменшує екологічний вплив на навколишнє середовище, що є критично важливим в умовах глобальних змін клімату і світових викликів у сфері продовольчої безпеки.

Система автоматичного поливу, що відповідає за розподіл води, є однією зі складових автоматизованого поливу і призначена для рівномірного забезпечення вологою усієї ділянки. В центрі цієї системи знаходяться трійники, які забезпечують розподіл води по різних зонах поливу.

Розподільча система може бути класифікована на наземну та підземну. Наземна версія системи складається з трійників, шлангів і розпилювачів, які розміщені на поверхні ґрунту. Натомість, підземна система включає поліетиленові труби, закопані в землю, з вихідними розпилювачами, які постачають воду на поверхню.

В рамках сучасних іригаційних систем, управління розподілом води здійснюється за допомогою комп'ютера. Він аналізує дані, отримані від датчиків, щоб визначити оптимальний час і обсяги водопостачання для рослин. Ця інформація може включати дані про вологість ґрунту, погодні умови та вид зрошуваної культури.

Завдяки застосуванню датчиків та комп'ютера, фермери можуть гарантовано надавати своїм культурам необхідну кількість води у відповідний момент. Це не лише сприяє економії води, але й допомагає підвищити врожайність.

Серед основних переваг розподільчої системи слід відзначити можливість регулювання обсягу води, що подається до кожної зони поливу, що забезпечує

Інтернет речей (IoT) — це система фізичних об'єктів, які обладнані датчиками, програмним забезпеченням та іншими технологіями. Завдяки підключенню до Інтернету ці «речі» здатні обмінюватися даними в реальному часі з іншими пристроями та системами через мережі (рисунок 1.4). Ці підключені пристрої інтегруються з автоматизованими системами для збору даних IoT, які можна аналізувати для виконання завдань або для покращення процесів. Платформа також проводить аналіз даних, щоб надати бізнесу корисну інформацію та персоналізувати обслуговування клієнтів.[5]

Технології IoT все частіше використовуються в різних сферах, включаючи промисловість, що робить концепцію розумного дому реальністю та сприяє розвитку інфраструктури розумних міст. Інтернет речей охоплює мільярди фізичних пристроїв по всьому світу, які наразі підключені до Інтернету, збираючи та обмінюючись даними. Завдяки появі недорогих комп'ютерних чіпів і широкому розповсюдженню бездротових мереж стало можливим перетворення на частину IoT що завгодно. [11]

Об'єднання всіх цих різних елементів та оснащення їх датчиками надає пристроям, які інакше залишалися б простими, рівень цифрового інтелекту, що дозволяє їм передавати дані в реальному часі без втручання людини. Інтернет речей перетворює навколишній світ на більш розумний і ефективний, об'єднуючи цифрову та фізичну реальності. Практично будь-який фізичний об'єкт може стати пристроєм IoT, якщо його можна підключити до Інтернету для управління або обміну інформацією.

IoT можна використовувати для автоматизації та контролю зрошувальних систем, що може допомогти заощадити воду та підвищити врожайність. Існує багато способів впровадження IoT в розумні зрошувальні системи.

Один із методів полягає у застосуванні датчиків для збору інформації про навколишнє середовище, зокрема, щодо вологості ґрунту, температури та кількості опадів. Ці дані можуть бути використані для управління системою зрошення.

Наприклад, якщо датчик вологості ґрунту фіксує, що ґрунт є сухим, можна активувати полив. Іншим способом інтеграції IoT у розумні системи зрошення є використання приводів.

Актуатори — це пристрої, які можна використовувати для керування фізичними об'єктами. У контексті зрошення приводи можна використовувати для керування клапанами, насосами та іншими пристроями. Наприклад, якщо активована зрошувальна система, за допомогою приводів можна відкрити клапани та дозволити воді надходити до рослин.

IoT можна використовувати для збору та аналізу даних про зрошувальні системи. Ці дані допомагають підвищити ефективність системи та вирішити існуючі проблеми. Наприклад, якщо зрошувальна система не забезпечує рівномірний полив рослин, зібрані дані можуть допомогти виявити причину та усунути її.

IoT є цінним інструментом для покращення ефективності та результативності зрошувальних систем.

Система розумного поливу може бути організована так, що сенсори збирають дані і передають їх до хмарного сервісу для обробки та аналізу. На основі отриманої інформації можна створити алгоритми для автоматичного управління поливом. Наприклад, якщо сенсори зафіксують, що ґрунт вже достатньо зволожений, система може призупинити полив. Це дозволить заощадити воду та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Крім того, впровадження IoT може сприяти зниженню витрат на обслуговування системи поливу. Система здатна моніторити стан обладнання та надсилати сповіщення про необхідність обслуговування або заміни компонентів.

Використання IoT у системах розумного поливу може бути вигідним не лише для фермерів, а й для власників приватних ділянок. Такі системи можуть бути встановлені в садах, городах і парках, допомагаючи зберегти красу рослин і ландшафту при мінімальних витратах води та ресурсів.

2.1.3 Контролери

Контролер зрошувальної системи — це пристрій, який забезпечує управління роботою системи зрошення. Він зазвичай використовується для планування часу поливу та визначення тривалості водозабезпечення, а також для регулювання потоку води до різних зон системи. Контролери можуть бути як ручного, так і автоматичного типу.

Ручні контролери вимагають, щоб користувач самостійно налаштовував час та тривалість поливу. Натомість автоматичні контролери обладнані вбудованим таймером або датчиком погоди, що дозволяє здійснювати автоматичний полив у заздалегідь заплановані години або інтервали, спрощуючи процес зрошення.

На ринку доступно багато різних типів контролерів систем поливу. Деякі з найпоширеніших типів включають:

- Програмовані контролери: ці контролери дозволяють користувачеві вручну встановлювати час і тривалість поливу. Їх можна запрограмувати на полив різних зон системи в різний час, а також використовувати для створення індивідуальних графіків поливу.
- Контролери на основі погоди: ці контролери використовують вбудований датчик погоди для автоматичного коригування графіка поливу на основі поточних погодних умов. Це може допомогти заощадити воду та запобігти перезволоженню.
- Розумні контролери: ці контролери підключаються до Інтернету, ними можна дистанційно керувати за допомогою смартфона або планшета. Їх також можна використовувати для інтеграції з іншими пристроями розумного будинку, такими як розумні термостати та системи безпеки.

Вибір найкращого контролера для системи зрошення залежить від розмірів та складності вашої системи, а також від фінансових можливостей. Для невеликих систем може бути цілком достатньо ручного контролера. Проте, якщо ваша система є великою або має складну конфігурацію, то оптимальним рішенням стане автоматичний або розумний контролер.

Ось декілька з переваг використання контролера зрошувальної системи:

Економити воду: контролери системи поливу можуть допомогти вам економити воду, автоматично регулюючи графік поливу відповідно до поточних погодних умов. Це може запобігти надмірному зволоженню, яке може призвести до втрати води та грошей.

Підвищення ефективності: контролери зрошувальних систем здатні значно підвищити продуктивність вашої зрошувальної системи, встановлюючи оптимальні графіки та тривалість поливу відповідно до ваших індивідуальних вимог. Це не тільки покращить загальний стан вашого газону та рослин, але й сприятиме економії коштів на витратах за воду.

Зменшення робочої сили: контролери для системи зрошення здатні значно знизити обсяги ручної праці, потрібної для підтримки вашої зрошувальної системи. Це пояснюється тим, що вони можуть автоматично забезпечувати полив вашого газону та рослин у встановлені години, що звільняє вас від потреби виконувати цю задачу вручну.

Огляд аналогів

На українському ринку доступні контролери для систем поливу від двох виробників – Rain Bird і Hunter. Контролери серії Node від Hunter є автономними пристроями для автоматизованого поливу. Ці контролери представляють собою розподілені виносні системи, що працюють у парі з електронними клапанами:

Контролери Dual Hunter Серія контролерів для автополиву Hunter DUAL чудово підходить для автополиву великих територій, наприклад міських парків і гольф полів. Серія є 24 інноваційним модулем розширенням для контролерів серії Hunter ICore. Завдяки даному модулю розширення кількості зон автополиву може бути збільшено на 48 зон, не рахуючи зон, які може обслуговувати сам Hunter I-Core. Управління цими зонами відбувається за допомогою підключення декодерів, вони можуть управляти як одним, так і двома клапанами. Звернемо увагу на те, що практично усі функції даного контролера поширюються також і на інтегрований в контролер модуль DUAL.

Контролери I-Core Hunter Серія контролерів для автополиву Hunter I-CORE відноситься до професійної лінійці обладнання. У заводській комплектації даний програматор може обслуговувати 6 зон автополиву, але про допомогою модулів розширення може розширюватися до 42 зон поливу, якщо додатково підключити пульт управління DUAL то до 42 можна додати ще додатково 42 зони. Статус всієї системи, модуль SmartPort, підтримка 6-ти мов і рідкокристалічний дисплей з підсвічуванням. Контролери даної серії вважаються одними з найбільш функціональних в поливної індустрії.

Контролери X-Core Hunter Контролери для автополиву Hunter X-CORE досить прості в установці і монтажі. Також вони відрізняються зручним управлінням, яке стало можливим завдяки трьом вбудованим програмам, кожна з яких має по 4 різних алгоритми поливу. Контролери серії Hunter X-CORE здатні обслуговувати до 8 зон зрошення. Таке обладнання для поливу можна встановити на ділянках різних розмірів.

Контролери Hunter NODE – це єдина лінійка контролерів, яка працює від джерел автономного живлення, і під'єднується прямо на клапани. Такі системи одночасно можуть обслуговувати від 1 до 6 зон поливу одночасно. Корпус цих контролерів герметичний і відмінно переносить вологу.

Контролери ELC Hunter Поряд з безліччю комерційних і приватних контролерів була розроблена лінійка Eсо Logic - спеціальних бюджетних контролерів, які мають базовий набір функцій програмування для невеликих систем автоматичного поливу. Вся серія виконана для монтажу всередині приміщень і поставляється в двох варіантах - для управління 4-ма і 6-ю зонами поливу.

2.1.4 Датчики

Датчик для автоматичного поливу - це прилад, що використовується в системах автоматизованого зрошення для моніторингу рівня вологості ґрунту або інших факторів, які можуть вплинути на потребу в поливі рослин. Залежно від моделі, він може бути інтегрований у контролер зрошувальної системи або виступати як самостійний пристрій, який підключається до контролера.

Головною метою датчика автоматичного поливу є визначення вологості ґрунту. Це дозволяє встановити, чи потребують рослини води на основі фактичного рівня вологості в ґрунті, і передавати цю інформацію до контролера системи поливу. Датчики можуть використовувати різноманітні методи для вимірювання вологості, такі як резистивні, ємнісні або методи, що базуються на діелектричній провідності.

Однією з ключових переваг датчиків автоматичного поливу є їх здатність реагувати на зміни в навколишньому середовищі. Наприклад, сенсори можуть вимірювати вологість ґрунту та атмосферну вологість, а також температуру, що дозволяє автоматично коригувати графік поливу відповідно до потреб рослин. Це не тільки полегшує роботу садівників, але й дозволяє заощаджувати воду, знижуючи негативний вплив на екологію.

Сучасні датчики часто інтегруються з системами управління поливом, що дозволяє користувачам отримувати дані на своїх мобільних пристроях у режимі реального часу. Це надає можливість контролювати процес поливу, навіть не перебуваючи на ділянці. Інтеграція з іншими технологіями, такими як метеостанції, додатково підвищує ефективність системи, адже користувач може враховувати погодні умови при плануванні поливу.

Додатково до вимірювання вологості ґрунту, деякі датчики можуть також вимірювати інші показники, що впливають на полив, такі як температура ґрунту, рівень опадів, інтенсивність сонячного випромінювання тощо. Ці додаткові показники дозволяють більш точно визначити потреби рослин у воді та адаптувати полив до зовнішніх умов.

Датчики автоматичного поливу можуть бути бездротовими, що дозволяє їх розташовувати на різних ділянках саду або городу без необхідності прокладання додаткових кабелів. Вони зазвичай мають низьку споживану енергію, довгий термін служби та високу точність вимірювання. [13]

Існує два основних види датчиків автоматичного поливу:

1. Ємнісні датчики - ці датчики працюють, вимірюючи зміни ємності між двома електродами, вставленими в ґрунт. Чим більше води в ґрунті, тим вища ємність.

2. Резистивні датчики - ці датчики працюють, вимірюючи зміни опору між двома електродами, вставленими в ґрунт. Чим більше води в ґрунті, тим менший опір.

Датчики автоматичного поливу можна використовувати в різних налаштуваннях, зокрема:

Домашні сади: датчики автоматичного поливу можна використовувати для поливу газонів, садів і клумб.

Комерційні ландшафти: автоматичні датчики поливу можна використовувати для аквапарків, полів для гольфу та інших великих відкритих майданчиків.

Теплиці: датчики автоматичного поливу можна використовувати для поливу рослин у теплицях.

Дані з датчиків також можна використовувати для створення звітів, які можна використовувати для відстеження продуктивності зрошувальної системи та визначення областей, де можна внести покращення.

Таким чином, датчики автоматичного поливу відіграють важливу роль у сучасному садівництві і земельному обробітку. Вони не тільки сприяють оптимізації водних ресурсів, але й забезпечують здоров'я рослин, технологічна простота їх використання робить їх ідеальним рішенням для як професійних агрономів, так і для любителів садівництва. Використання таких технологій – це крок до сталого розвитку та збереження навколишнього середовища.

2.2 Аналіз технологій IoT та їх використання для системи поливу



Рисунок 1.5 – Моніторинг системи за допомогою IoT

Інтернет речей (IoT) — це мережа інтегрованих обчислювальних пристроїв, механічних та цифрових машин, а також різних об'єктів, тварин і навіть людей, яким присвоєно унікальні ідентифікатори (UID). Ця технологія забезпечує можливість обміну даними через мережу без необхідності взаємодії між людьми або безпосередньої участі комп'ютерів.

IoT технології можуть бути ефективно використані для управління зрошувальними системами з багатьох перспектив. Наприклад, датчики можуть забезпечувати збором інформації про вологість ґрунту, температуру і вологість повітря, що, в свою чергу, дозволяє визначити оптимальні час і обсяги для поливу. Завдяки автоматизованим приводам, клапани зрошення можуть регулюватися відповідно до даних, отриманих від цих датчиків.

Іншим важливим аспектом системи поливу на основі IoT є його інтеграція з іншими технологіями, такими як погодні станції та системи управління сільським господарством. Завдяки цій інтеграції, система поливу може отримувати дані про погодні умови, прогноз *reluctancies* та інші фактори, які впливають на полив. Це дозволяє робити більш точні прогнози та планування поливу, ще більше знижуючи витрати води та підвищуючи ефективність.

Системи поливу, що базуються на Інтернеті речей (IoT), можуть бути поєднані з різноманітними пристроями та системами, такими як сонячні панелі, вітрові турбіни та інші джерела відновлювальної енергії. Це забезпечує автономність системи поливу і знижує її залежність від традиційних енергетичних ресурсів. Завдяки технологіям IoT, можна розробити більш ефективну, економічну і екологічно чисту систему поливу, яка відповідатиме вимогам сучасного сільського господарства.

Крім того, технології IoT дозволяють здійснювати віддалений моніторинг і управління системами зрошення (рисунок 1.5). Це може бути реалізовано через смартфон, планшет або комп'ютер, що надає фермерам можливість контролювати свої іригаційні системи з будь-якої точки світу. Також IoT технології дозволяють збирати корисні дані про врожайність, що може суттєво підвищити продуктивність сільського господарства. В цілому, застосування Інтернету речей в аграрному секторі сприяє підвищенню ефективності, стійкості та рентабельності зрошувальних систем.

Ось кілька конкретних прикладів того, як IoT використовується для зрошення[17]:

- У Каліфорнії компанія під назвою WaterSmart використовує IoT, щоб допомогти фермерам економити воду. Датчики компанії збирають дані про вологість ґрунту та погодні умови. Потім ці дані використовуються для створення графіків зрошення, адаптованих до кожної окремої ферми. В результаті фермери можуть скоротити споживання води до 30%.

- В Ізраїлі компанія під назвою Netafim використовує IoT для розробки розумних систем крапельного зрошення. Ці системи використовують датчики для моніторингу вологості ґрунту та погодних умов. Дані потім використовуються для керування системою крапельного зрошення, забезпечуючи доставку до рослин лише потрібної кількості води.

- В Індії компанія під назвою KisanHub використовує IoT, щоб допомогти фермерам підвищити врожайність. Датчики компанії збирають дані про вологість ґрунту, температуру та вологість. Потім ці дані використовуються для створення

індивідуальних рекомендацій щодо добрив і пестицидів. Завдяки цьому фермери можуть збільшити врожайність сільськогосподарських культур на 20%.

Це лише кілька прикладів того, як IoT використовується для зрошення.

Оскільки технологія продовжує розвиватися, ми можемо очікувати ще більше інноваційних способів використання IoT для підвищення ефективності та стійкості сільського господарства.

Ось деякі переваги використання технологій Інтернету речей для зрошувальних систем:

Технології Інтернету речей здатні суттєво підвищити ефективність зрошувальних систем для фермерів, надаючи їм актуальні дані про вологість ґрунту та метеорологічні умови в реальному часі. Завдяки цим даним можна розробляти індивідуальні графіки зрошення, адаптовані до специфічних потреб кожної господарства. Це, в свою чергу, може сприяти зниженню витрат води та поліпшенню врожайності.[6]

Окрім цього, інноваційні IoT-технології також відіграють ключову роль у зменшенні витрат фермерів, автоматизуючи процеси поливу та зменшуючи потребу в ручній праці. В результаті фермери можуть заощаджувати як час, так і фінансові ресурси, а також забезпечити більш точне зрошення, що зрештою приводить до підвищення врожайності.

Важливо відзначити, що впровадження Інтернету речей у сільське господарство також сприяє покращенню стійкості виробництва, оскільки зменшує споживання води та підвищує обсяги врожаю. Це не лише знижує негативний вплив аграрного сектору на навколишнє середовище, але й допомагає фермерам підвищити свою прибутковість.

У підсумку, технології Інтернету речей відкривають нові горизонти для оптимізації зрошувальних систем. Серед основних переваг можна виділити підвищену ефективність, зниження витрат і покращення стійкості. Як ми бачимо, з розвитком технології можна очікувати ще більше інноваційних рішень у сфері сільського господарства, що сприятимуть його ефективності та стійкості.

2.3 Алгоритми для оптимального використання даних

Існує кілька алгоритмів, які дозволяють визначити оптимальний об'єм води для поливу рослин, враховуючи погодні умови та типи ґрунту. Один із найпоширеніших методів полягає в застосуванні системи, що ґрунтується на правилах. Це означає створення набору принципів, які регламентують скільки води слід витратити на полив у залежності від погодних умов і характеристик ґрунту. Наприклад, одне з правил може вказувати на необхідність поливу рослин двічі на тиждень у спекотні місяці та один раз на тиждень взимку.

Іншим методом є використання алгоритмів машинного навчання (рисунок 1.6), які передбачають навчання моделі на даних, зібраних про рослини в різних кліматичних умовах і на різних типах ґрунту. Після навчання така модель може бути використана для прогнозування необхідної кількості води для поливу рослин в умовах, що змінюються.

Вибір найбільш підходящого підходу для визначення оптимальної кількості води залежить від кількох факторів, таких як кількість рослин, їх розмір та наявність даних. Зазвичай системи, базовані на правилах, є простішими для впровадження та обслуговування, проте можуть поступатися у точності алгоритмам машинного навчання.



Рисунок 1.6 – Алгоритми моніторингу

Ось кілька алгоритмів, за якими можна визначити оптимальну кількість води для поливу рослин залежно від погодних умов і типу заземлення:

Системи, засновані на правилах, являють собою простий і вельми ефективний підхід до визначення оптимального обсягу води для irrigating plants. Вони функціонують, спираючись на набір чітко визначених правил, що дозволяють регулювати полив залежно від різноманітних погодних умов та типів ґрунту. Наприклад, може бути встановлене правило, яке передбачає полив рослин двічі на тиждень влітку, тоді як взимку — раз на тиждень.

Алгоритми машинного навчання є більш складними, ніж системи на основі правил, але можуть забезпечити вищу точність. Вони аналізують дані про рослини в різних умовах навколишнього середовища і типах ґрунту, завдяки чому можуть визначити, скільки води необхідно рослинам за тих чи інших обставин.

Гібридні системи сполучають в собі сильні сторони обох підходів: як правил, так і алгоритмів машинного навчання. Такі системи спочатку використовують правила для первісного визначення оптимального рівня поливу, а потім застосовують алгоритми машинного навчання для більш точного налаштування отриманих прогнозів.

Оптимальний алгоритм для визначення кількості води, необхідної для поливу рослин, залежить від кількох факторів, таких як кількість і розмір рослин, а також наявність даних. Зазвичай, системи, які базуються на простих правилах, є легшими у впровадженні та обслуговуванні, проте можуть не забезпечувати достатню точність у порівнянні з алгоритмами машинного навчання. Останні, хоча й більш точні, вимагають значної кількості даних для належного навчання, що робить їх складнішими у використанні. Гібридні системи можуть сполучати переваги обох підходів, але також мають свої виклики у реалізації.

Важливим аспектом для оптимізації зрошення є застосування фактичних режимів поливу, які базуються на реальних погодних умовах. Сучасні метеостанції здатні автоматично вимірювати метеорологічні показники, вологість ґрунту та стан рослин, дозволяючи визначати час і обсяги поливу на основі сумарного випаровування, а також за даними прямих вимірювань. Вони використовують системи датчиків, розміщених як під землею, так і на поверхні, для оцінки потреб рослин у воді у той момент, коли це дійсно необхідно, звертаючи увагу на взаємодію з корінням рослин.

Завдяки роботі метеостанцій, зібрані метеорологічні дані обробляються, що дозволяє програмному забезпеченню інформувати агрономів про потрібність поливу. Програма враховує показники сільськогосподарських культур, рівень випаровування, кількість опадів, їх ефективність, а також норми поливу і коефіцієнти ефективності зрошення, що разом дозволяє точно розраховувати водний баланс для оптимізації зрошувальних процесів.

Ця інформація щоденно відображається на загальному інтерфейсі. Завдяки використанню метеостанцій, можна ефективно регулювати обсяги та розклад поливу, що дозволяє уникнути як надмірного, так і недостатнього зволоження. Це також допомагає відстежувати глибину розташування найбільш активних коренів рослин.

2.4 Висновок другого розділу

У цьому розділі був проведено аналіз роботи розумної системи поливу, а також вивчено складові елементи, які входять до нашої системи для досягнення оптимальних результатів у поливі. Обговорено алгоритми, що враховують кліматичні умови, тип ґрунту і потреби рослин, що дозволяє адаптувати процес поливу до змінюваних умов середовища і гарантувати сприятливі умови для росту. Також розглянули можливості використання технологій Інтернету речей (IoT) у системі поливу. Обговорили, як IoT може значно поліпшити процеси вирощування та догляду за рослинами, надаючи можливість підключення до Інтернету для збору, аналізу і передачі даних, а також управління поливом. Завдяки IoT, фермери отримують змогу контролювати і налаштовувати систему поливу через мобільні пристрої чи комп'ютери, що дозволяє змінювати параметри, регулювати режими роботи, планувати графіки поливу та моніторити стан системи з будь-якої точки з доступом до Інтернету.

Зазвичай іригаційна система поливу інтегрує різноманітні датчики, такі як датчики вологості ґрунту, температури, опадів тощо. Ці сенсори збирають важливу інформацію про стан ґрунту і навколишнього середовища, що є рішенням для ухвалення щодо організації поливу. Цей підхід до іригаційного поливу забезпечує ефективне використання водних ресурсів, підвищену продуктивність поливу та зручне керування всією системою. Завдяки використанню датчиків, алгоритмів і технологій IoT стає можливим здійснення точного та адаптивного поливу, що є критично важливим для збільшення врожайності та оптимального розвитку сільського господарства.

3. Розробка інтелектуальної системи автоматизованого поливу з інтеграцією IoT-технологій та мобільних додатків для зручного управління

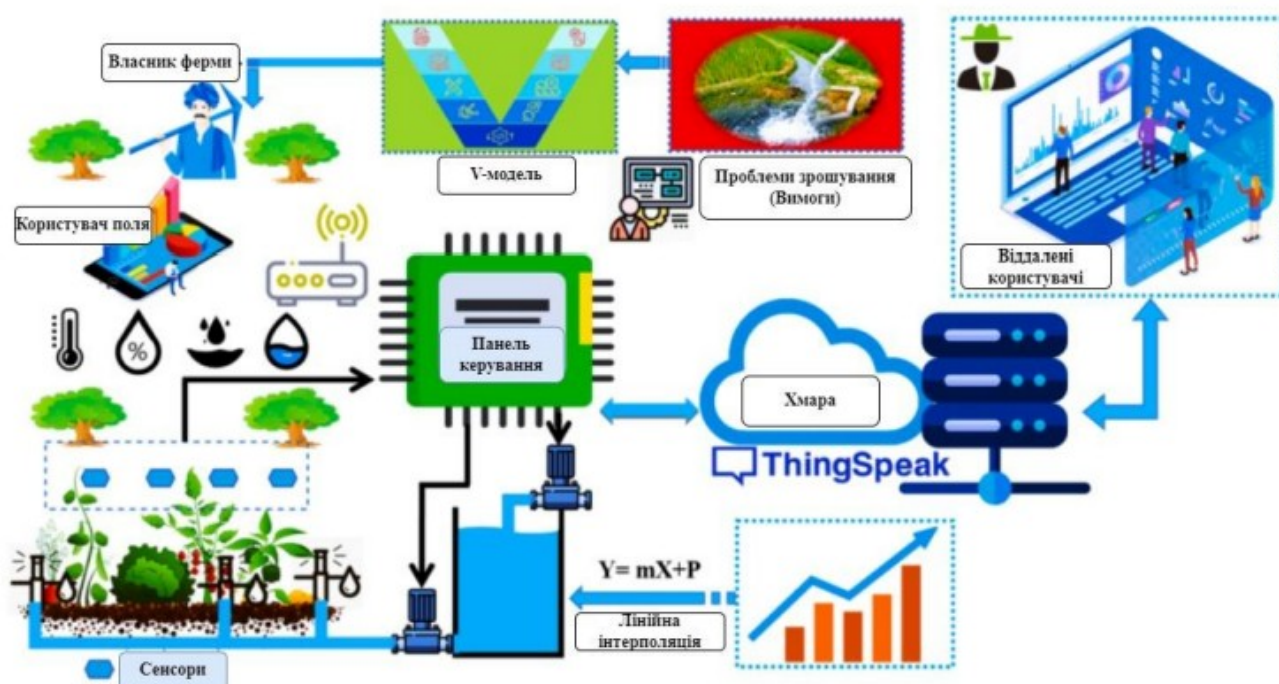


Рисунок 1.7 – Зображення схема роботи інтелектуальної системи

Сучасні виклики, які постають перед нами у сфері ефективного використання водних ресурсів та підвищення врожайності, вимагають нових стратегій у сільському господарстві, ландшафтному дизайні та управлінні зеленими зонами. Традиційні системи поливу часто не враховують особливості погодних умов, типу ґрунту та специфічних потреб рослин, що призводить до надмірного споживання води і зниження продуктивності. Системи автоматизованого поливу на основі інтелектуальних технологій можуть допомогти усунути ці недоліки, оптимізуючи полив та знижуючи витрати водних ресурсів. [16]

Архітектура Інтернету речей, яка зображена на рисунку 1.7, складається з трьох ключових елементів: (1) IoT-пристрої, (2) хмарні технології та (3)

користувацький інтерфейс. До складу IoT-пристроїв входять, зокрема, сенсори, виконавчі механізми, блоки управління та шлюзи. Сенсори виконують моніторинг важливих екологічних параметрів, таких як вологість повітря, температура, рівень вологості ґрунту та води на інтелектуальних фермах. Наприклад, сенсор вологості ґрунту використовується для визначення рівня вологи в землі, що дозволяє більш ефективно управляти водними ресурсами.

3.1 Вибір засобів реалізації для розробки автономного контролера поливу

Вибір засобів реалізації для розробки автономного контролера поливу є ключовим етапом, що впливає на ефективність його роботи, надійність та зручність експлуатації. При проектуванні такого пристрою важливо врахувати різноманітні аспекти, зокрема, типи датчиків вологості ґрунту, які допоможуть визначати необхідність поливу. Сучасні сенсори, такі як резистивні або конденсаторні, можуть забезпечити високу точність вимірювання та швидкість реагування на зміни вологості, що є критично важливим для підтримки оптимальних умов для рослин.

3.1.1 Вибір платформи мікроконтролера і WiFi/Bluetooth модуля

Вибір платформи мікроконтролера є критично важливим етапом у процесі розробки електронних пристроїв. Це рішення впливає не лише на ефективність роботи апаратного забезпечення, але й на зручність програмування, можливості розширення і масштабування проекту. Серед розмаїття доступних мікроконтролерів, таких як Arduino, STM32, Raspberry Pi Pico, ESP8266 або ESP32, які забезпечують легкість в управлінні, а також наявність підтримки спільноти для вирішення можливих питань під час розробки. Необхідно оцінювати їхні характеристики відповідно до вимог конкретного проекту. Наприклад, для простих завдань, таких як керування світлодіодами або робототехнічними конструкціями, цілком підійдуть платформи на базі Arduino завдяки простоті використання та великій спільноті.

Arduino – це невелика плата з власним процесором і пам'яттю [7]. На платі також є пара десятків контактів, до яких можна підключати різноманітні компоненти: лампочки, датчики, серводвигуни, чайники, роутери, магнітні дверні замки і взагалі все, що працює від електрики. Плата випускаються в різних версіях, але підтримує одну і туж мову програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++, яка у свою чергу не складна для вивчення. Величезний успіх Ардуіно, відносно інших мікроконтролерів, пов'язаний з тим, що апаратне та програмне забезпечення були опубліковані у відкритому безкоштовному для загального користування доступі: їх можна читати, вивчати і навіть розширювати його можливості як в плані програмного забезпечення, так і з точки зору апаратних засобів.

Переваги:

- Простота використання.
- Велика кількість бібліотек для сенсорів і модулів.
- Можливість роботи без операційної системи.

Недоліки:

- Відсутність вбудованого Wi-Fi/Bluetooth (потрібні додаткові модулі).
- Більш низька продуктивність.

STM32 - це серія 32-бітних мікроконтролерів, що широко використовується в різних галузях завдяки своїй універсальності, потужності та багатофункціональності. Однією з ключових переваг STM32 є широкий асортимент моделей, що дозволяє розробникам обрати оптимальний варіант, враховуючи такі характеристики, як обсяг пам'яті, частота тактового генератора, кількість входів-виходів, а також наявність вбудованих периферійних пристроїв.

Переваги:

- Висока продуктивність і енергоефективність.
- Підтримка різних протоколів зв'язку (UART, SPI, I2C).
- Надійність для промислових застосувань.

Недоліки:

- Складність у програмуванні.

- Менше підтримки з боку спільноти.

Raspberry Pi пропонує широкий спектр можливостей, що робить його привабливим вибором для як початківців, так і досвідчених розробників. Однією з ключових переваг Raspberry Pi є його здатність працювати з різними операційними системами, такими як Raspbian, Ubuntu та багатьма іншими, що дозволяє налаштовувати платформу під конкретні потреби.

Крім того, Raspberry Pi має потужні апаратні характеристики, що включають багатоядерні процесори, достатню оперативну пам'ять та різноманітні порти для підключення периферійних пристроїв. Це відкриває можливості для реалізації складних проектів, таких як домашня автоматизація, IoT (інтернет речей), медіа-центри та навіть невеликі сервери.

Переваги:

- Потужний процесор і можливість запуску повноцінної ОС (Linux).
- Підтримка різних інтерфейсів (Wi-Fi, Ethernet, USB).
- Підходить для складних алгоритмів, зокрема AI.

Недоліки:

- Високе енергоспоживання.
- Вища вартість у порівнянні з іншими платформами.

Однак, для бюджетних IoT-рішень із підключенням до Wi-Fi, Легка інтеграція з IoT-платформами, Низька вартість, Широка підтримка в спільноті розробників і мало енергозатратна, то краще підходить ESP8266.

Також важливо враховувати енергозатрати та доступність зовнішніх компонентів, що можуть знадобитися для реалізації проекту. Вибір платформи також повинен базуватись на ваших знаннях та досвіді. Якщо ви новачок у програмуванні мікроконтролерів, рекомендується почати з платформ, що мають добру документацію та активне співтовариство, щоб спростити процес навчання.

Для досягнення наших цілей і завдань доцільно обрати плату NodeMcu v3, яка характеризується компактними розмірами і використовує мікроконтролер ESP8266.

LoLin NodeMcu v3 є не лише мікроконтролером, а й модулем WiFi [10]. Цю плату чудово можна застосовувати для програмування, контролю та управління в різноманітних проектах, де необхідно працювати з мікроконтролерами або забезпечувати з'єднання з програмним забезпеченням, що виконується на комп'ютері.

NodeMcu v3 на базі ESP8266

LoLin NodeMcu v3 який показаний на рисунку 1.8 поставляється на платі з гніздом microUSB і перетворювачем USB – UART CH340G, тому тепер можна не використовувати зовнішні перетворювачі USB – UART і ламати голову рахунок великого споживання чіпа ESP8266.

Технічні характеристики модуля:

- Підтримує Wi-Fi протокол 802.11 b/g/n;
- Час пробудження та відправлення пакетів 22мс;
- Вбудовані TR перемикач та PLL;
- Наявність підсилювачів потужності, регуляторів, систем керування живленням;
- Підтримувані режими Wi-Fi - точка доступу, клієнт;
- Вхідна напруга 3,7 - 20 В;
- Робоча напруга 3-3,6В;
- Максимальний струм 220мА;
- Вбудований стек TCP/IP;
- Діапазон робочих температур від -40 до 125С;
- 80 МГц, 32-бітний процесор.

Простота використання з датчиками вологості, температури, реле для управління клапанами чи насосами.

Відкрите програмне середовище, що підтримує хмарні сервіси (наприклад, Blynk, ThingSpeak).

Ця плата широко використовується для автоматизації завдань, таких як розумний полив, розумний будинок та інші IoT-застосунки.

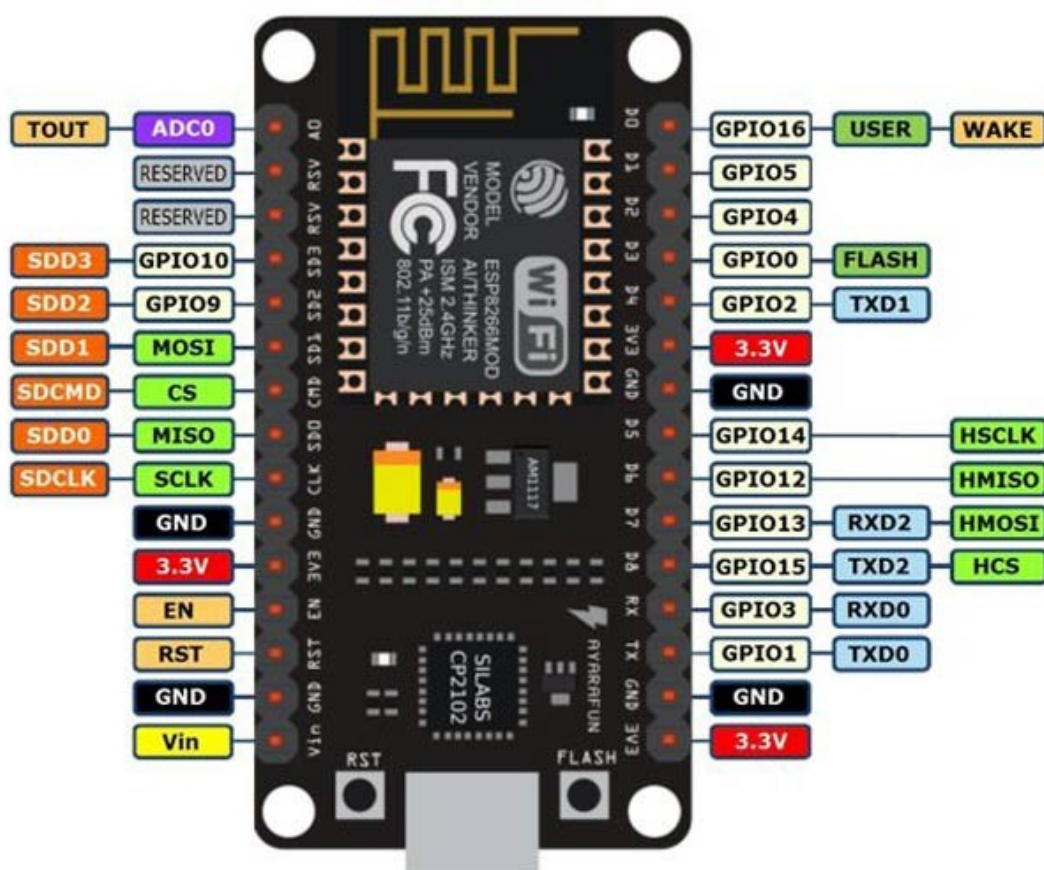


Рисунок 1.8 – Мікроконтролер NodeMcu v3 з чіпом ESP8266

Існує кілька версій плат NodeMcu, зокрема V1 (версія 0.9), V2 (версія 1.0) та V3 (версія 1.0). Ці позначення V1, V2 і V3 використовуються для полегшення продажу в інтернет-магазинах. Часто виникає плутанина між платами, оскільки V3 зовні виглядає аналогічно V2. Всі ці плати базуються на принципах open-source, що дозволяє їх виробництво будь-яким компаніям. Проте, на даний момент основними виробниками плат NodeMcu є компанії Amica, DOIT та LoLin/Wemos.

Вибір WiFi модуля

ESP8266 (рисунок 1.9) є недорогим і високоефективним інтегрований Wi-Fi мікроконтролер, призначений для Інтернету речей (IoT) та систем розумного будинку. Його економічна доступність сприяла швидкому зростанню

популярності, що робить його ідеальним вибором для різноманітних проектів у цій сфері.[8]



Рисунок 1.9 – Чіп ESP8266

Wi-Fi контролер оснащений не лише функцією бездротового зв'язку, але й багатьма виходами, такими як GPIO, PWM, I²S, UART, 10-бітний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) та SPI. Основою цього контролера є мікроконтролер ESP8266EX, який працює на 32-розрядному RISC процесорі Tensilica L106. Ця архітектура забезпечує вкрай низьке споживання енергії та високу тактову частоту до 160 МГц.

Операційна система реального часу (RTOS) у поєднанні з Wi-Fi стеком надає програмістам приблизно 80% обчислювальної потужності для створення різноманітних застосунків. Для роботи з ESP8266 доступні плати, такі як NodeMCU, а також різноманітні модулі (ESP01, ESP02, ESP03 тощо). Ці модулі можуть легко підключатися до програматорів (USB-UART перетворювачів) або до плат Arduino через роз'єми.

Важливо зазначити, що мікроконтролер потребує зовнішньої FLASH пам'яті, на якій може зберігатись програма користувача. Базова прошивка контролера підтримує керування через AT-команди, що дозволяє взаємодіяти з його функціоналом, використовуючи інші мікроконтролери або комп'ютери за допомогою спеціального USB-UART адаптера.

Для інженерів і захоплених користувачів доступно безліч програмного забезпечення для прошивання та програмування цього контролера. У середовищі Arduino IDE є готові плати та приклади проектів для ESP8266, такі як керування світлодіодами, створення TCP серверів, веб-клієнтів, а також роботи з I²S та криптографією.

Модуль ESP8266 обладнаний лише одним каналом аналогово-цифрового перетворювача (ADC0), який є 10-бітним з діапазоном вимірювання напруги від 0 до 1 В. Це дозволяє виконувати прості вимірювання з використанням контролера в різних проектах.

3.1.2 Вибір джерела живлення

Сонячна панель (опційно) для автономності

Сонячні панелі відіграють ключову роль в автоматичних системах зрошення, забезпечуючи їх ефективно та екологічно. По-перше, використання сонячної енергії дозволяє знизити витрати на електрику, оскільки сонячні панелі є джерелом безкоштовної енергії. Це особливо актуально для фермерів та садівників, які мають великі площі для зрошення, адже традиційні джерела електроживлення можуть бути недоступними або занадто дорогими.

По-друге, сонячні панелі забезпечують автономність системи зрошення. У віддалених або сільських місцевостях, де доступ до електричних мереж обмежений, використання сонячної енергії дозволяє організувати полив без необхідності підключення до централізованої електромережі. Це дає можливість ефективно управляти водними ресурсами, незалежно від інфраструктури.

Таким чином, сонячні панелі для автоматичної системи зрошення – це не лише економічно вигідне рішення, але й важливий крок у напрямку екологічної сталості та ефективного використання ресурсів. Це технологічне новаторство відкриває нові можливості для фермерства та садівництва, мобілізуючи природні ресурси для досягнення максимальних результатів.

Тому для забезпечення нашої автоматичної системи зрошення вибрали полікристалічну сонячну панель потужністю 30Вт.



Рисунок 2.1 – Сонячна панель

Сонячна панель потужністю 30 Вт, на рисунку 2.1 виконана за полікристалічною технологією, є популярним вибором для невеликих енергетичних систем та застосування в умовах обмеженого простору. Полікристалічні модулі мають хорошу ефективність при перетворенні сонячної енергії в електрику та відрізняються позитивними характеристиками, такими як висока стабільність та тривалий термін служби. Зазвичай вони мають ККД у межах 15-18%, що робить їх придатними для використання в сонячних батареях та домашніх системах автономного електропостачання. Матеріал, з якого виготовлені полікристалічні панелі, складається з безлічі кристалів кремнію, що надає їм характерного блакитного кольору. Ці панелі, як правило, більш доступні за ціною, порівняно з монокристалічними аналогами, що робить їх привабливими для широкого кола користувачів. Важливою характеристикою таких панелей є їхня здатність працювати в умовах помірного освітлення, що робить їх ефективними як при прямому сонячному світлі, так і в умовах хмарної погоди.

Технічні характеристики:

1. **Тип панелі:** Полікристалічна (Polycrystalline).
2. **Максимальна потужність (P_{max}):** 30 Вт.
3. **Напруга при максимальній потужності (V_{mp}):** 18–20 В.
4. **Струм при максимальній потужності (I_{mp}):** 1,5–1,7 А.
5. **Напруга холостого ходу (V_{oc}):** 21–22 В.
6. **Струм короткого замикання (I_{sc}):** 1,8–2,0 А.

7. **ККД панелі:** 15–18% (залежно від виробника).
8. **Розміри:** Приблизно 540 × 350 × 25 мм (залежить від конкретної моделі).
9. **Вага:** 2–3 кг.
10. **Матеріал поверхні:** Загартоване скло.
11. **Робоча температура:** -40°C до +85°C.

Акумулятори 18650 для накопичення енергії

Велика різноманітність акумуляторів на ринку породжує певну невизначеність при їх виборі. Розглянемо докладно деякі сучасні акумуляторні батареї (АКБ) для нашого автономного контролера поливу кімнатних рослин. Розглянемо основні характеристики акумуляторних батарей. Розуміння цих параметрів допоможе зробити правильний вибір акумулятора для наших потреб.

До основних характеристик акумуляторів для наших потреб відносяться:

1. Хімічний склад;
 2. Типорозмір;
 3. Напруга;
 4. Ємність;
 5. Робочий струм;
 6. Ефект пам'яті.
- Хімічний склад акумуляторних батарей, таких як літій-іонні або нікель-метал-гідридні, впливає на всі важливі характеристики, включаючи питому ємність, напругу окремого елемента, максимально допустимий робочий струм, "ефект пам'яті", а також кількість циклів зарядки і розрядки. Це, у свою чергу, визначає, як довго буде працювати наш пристрій.
 - Типорозмір акумулятора, що включає його формат (круглий чи прямокутний) та розміри, є одним із основних критеріїв вибору. АКБ більшого формату просто не помістяться в акумуляторний відсік, тоді як занадто малі не зможуть бути надійно зафіксовані. Типорозмір позначається комбінацією цифр і букв; наприклад, для літій-іонних акумуляторів це може бути 18650, 16340 (CR123A), 14500, а для нікель-метал-гідридних – AA, AAA, R14, R20.

- Напруга акумулятора визначається як різниця потенціалів між позитивним і негативним полюсами та вимірюється у Вольтах (В). При підборі акумуляторних елементів важливо орієнтуватись на ту напругу, для якої розраховані компоненти, такі як плата NodeMcu v3 ESP8266, датчик вологості, температури та помпа. Наприклад, якщо використовувати три літій-іонні акумулятори з напругою 3,7 В замість трьох нікель-метал-гідридних елементів на 1,5 В, то загальна напруга зросте до близько 12 В замість 4,5 В. Також слід враховувати, як змінюється напруга під час розрядки.

Розрізняють декілька значень напруги акумулятора:

- максимальне – після повного заряду;
 - мінімальне – в кінці розряду;
 - номінальне – в середині розряду.
- Ємність показує як довго буде розряджатися акумуляторна батарея при номінальному струмі. Вимірюється в Ампер * годинах (Аг), або, на англійській мові, в Ampere * hour (Ah). Ємності невеликої величини виражають у міліампер помножені на годину або в milliAmpere * hour (mAh). Треба розуміти, що реальна ємність акумулятора може бути помітно менші, ніж заявлена, якщо робочий струм значно перевищує номінальний струм.
 - Робочий струм вимірюється в Амперах або міліампер (А або мА), в зарубіжному позначенні Ampere або milliAmpere (А або mA). Чим вище струм, тим більшу енергію в одиницю часу може віддавати акумуляторна батарея, а значить вона зможе живити до прикладу більш потужну лампочку в ліхтарі. Треба розділяти поняття максимального робочого струму, який може віддавати акб, і номінального робочого струму, при якому забезпечується заявлена виробником ємність. Літій-іонні акумулятори довго можуть віддавати великий струм лампочці або світлодіоду ліхтаря, чим забезпечується більш яскравий промінь, ніж при використанні Ni-MH акб.

Різновиди літій-іонних акумуляторів типу 18650

Незважаючи на загальну технологію виробництва, літій-іонні акумулятори 18650 (а також 16340 і 14500) діляться на різновиди, в залежності від матеріалу катода. У кожному з цих типів АКБ посилено якісь властивість.

Різновиди літій-іонних АКБ:

- Літій-кобальтові;
- Літій-марганцеві;
- Літій-марганець-нікелеві;
- Літій-залізо-фосфатні.

Літій-іонні акумулятори 18650(рисунок 2.2), 16340 (CR123A), 14500 для нашого проекту підійдуть саме краще.



Рисунок 2.2 – Батареї 18650

Так як вони, вони мають наступні переваги перед іншими АКБ:

- Велика ємність;
- Підвищена напруга;
- Високий струм віддачі;
- Немає ефекту пам'яті.

Для нашого автономного контролера поливу рослин ми будемо використовувати акумулятори ємністю 3 Ам/год 6 шт. Li-Ion з наступними характеристиками:

Характеристики акумулятора моделі 18650:

- **Тип:** Li-Ion
- **Постійний струм розряду:** 3A
- **Максимальний струм розряду:** 5A
- **Максимальний зарядний струм:** 2A
- **Внутрішній опір:** 55 мОм

- **Верхнє напруга:** 4.2V
- **Робоча напруга:** 3.7V
- **Нижня напруга:** 2.5V
- **Номінальний зарядний струм:** 1A
- **Кількість циклів:** 600
- **Термін зберігання:** до 5 років
- **Діапазон робочих температур:** від -20°C до +60°C (найбільш оптимальна +20°C)
- **Габаритні розміри:** 65×18 мм
- **Вага:** 46 г

BMS-плата для акумуляторів

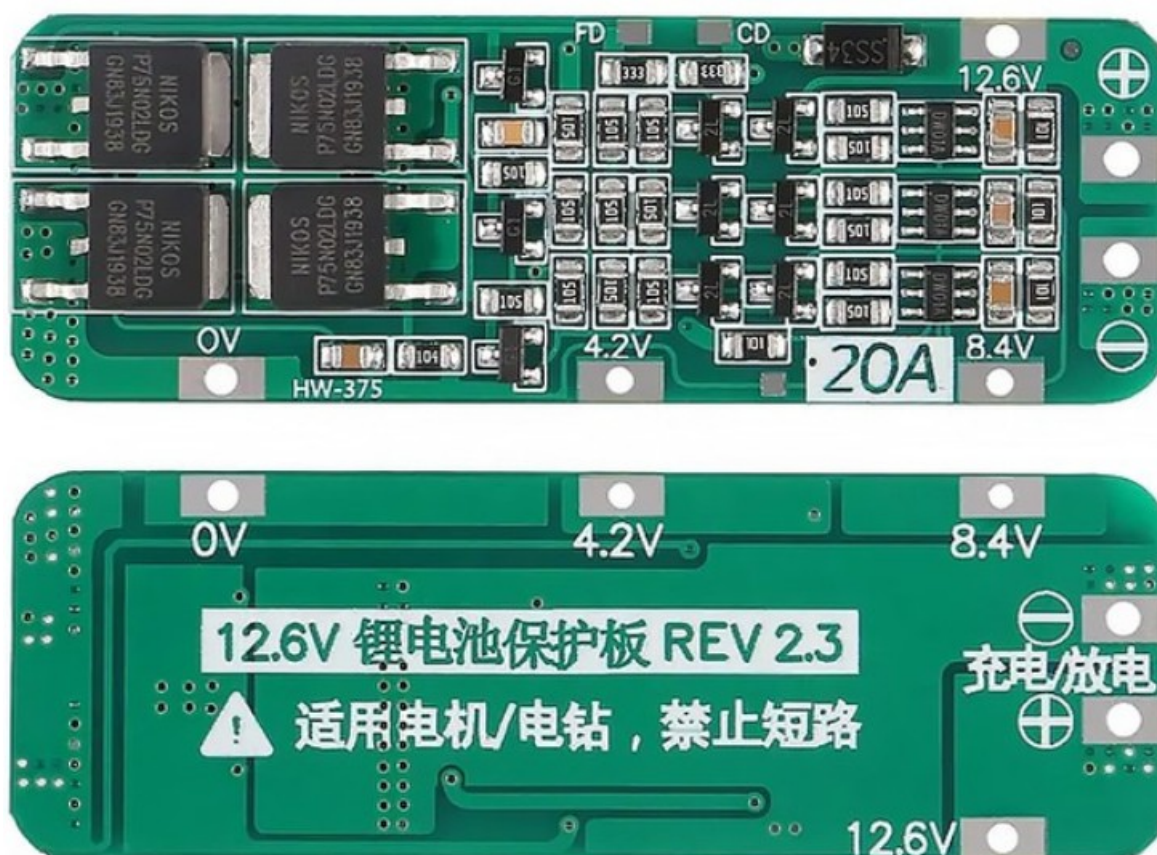


Рисунок 2.3 – BMS контроллер 3S 20A

Також потрібно для забезпечення балансування заряду та розряду потрібно BMS-плата. Для нашої системи ми використовуємо BMS контролер 3S 20A позначена на рисунку 2.3.

BMS-плата, або платформа управління батареями, є важливим компонентом сучасних акумуляторних систем. Вона забезпечує моніторинг і управління різними параметрами, такими як напруга, струм, температура та стан зарядки кожного елемента акумуляторної батареї. Це особливо критично для літій-іонних акумуляторів, оскільки їхня безпека і продуктивність залежать від правильного управління.

Однією з основних функцій BMS-плати є балансування заряду між окремими елементами акумулятора. Без балансування одні елементи можуть бути перезаряджені, а інші – недозаряджені, що призводить до зниження загальної ефективності та терміну служби батареї. Завдяки використанню BMS, час роботи акумулятора може значно збільшитися, а ризики виникнення аварійних ситуацій зменшуються.

BMS контролер 3S 20A підходить для роботи з літєвими батареями з номінальною напругою 3,6 і 3,7В. Пристрій, в тому числі, може бути застосований і для батарей типу 18650, 26650, а також літєвих акумуляторів. Контролер дозволяє підключити три батареї одночасно, постійний струм розряду становить 10А, а рівень захисту від перевантаження струму розряду до 20А.

Характеристики:

- Напруга заряду: 12.6-13 В
- Постійний струм розряду: 10 А
- Перевантаження струму розряду: до 20 А
- Захист від перезарядження: 4.18-4.22 В
- Захист від перерозряду: 2.75-2.85 В
- Захист від перевантаження струмом Захист від короткого замикання
- Розміри: 59x20 мм.

Контролери заряду для забезпечення стабільного живлення

Перед цим нам потрібно батарейний блок на 6 відсіка під акумулятори 18650 (з пружинами та проводами).



Рисунок 2.4 – Батарейний блок на 6 відсіка

Батарейний блок є джерелом живлення, яке забезпечує електричну енергію для різних пристроїв, систем або пристроїв. Він служить для забезпечення живленням автономним пристроям. Вони можуть бути використані для живлення датчиків, контролерів або інших пристроїв, які працюють у віддалених або важкодоступних місцях, де відсутня електрична мережа. Саме на рисунку 2.4, ми будемо використовувати такий, на блок на 6 відсіка.

Контролер зарядки

Контролер зарядки (також відомий як зарядний контролер або зарядний регулятор) є пристроєм, який використовується для керування процесом зарядки акумуляторної батареї.

Контролер заряду Li-ion акумуляторів 18650 дуже добре підійде для використання наших потреб.

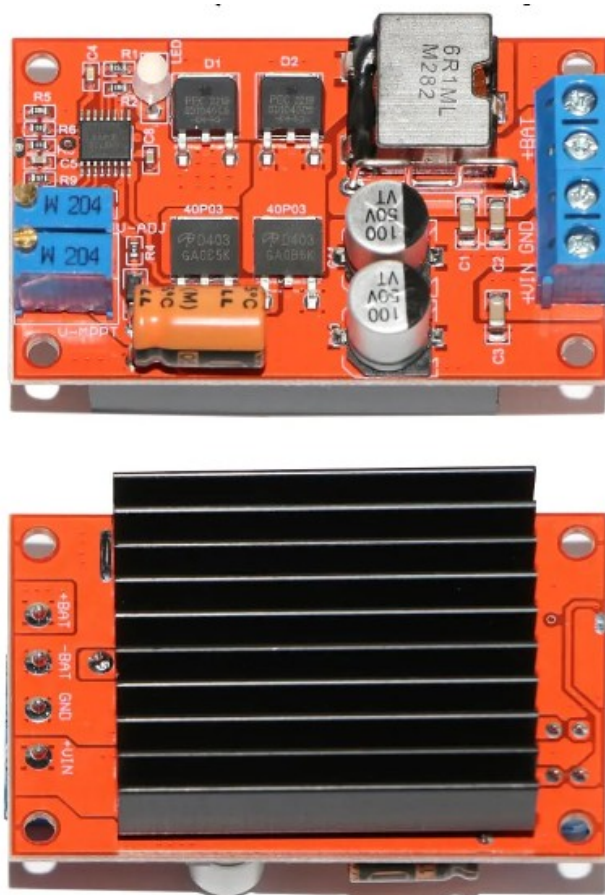


Рисунок 2.5 – Контролер заряду MPPT 5A

Технологія MPPT (Maximum Power Point Tracking) революціонізувала роботу систем сонячної енергії, особливо з такими пристроями, як MPPT 5A 100W 8-28V CV. Ця спеціальна модель розроблена для оптимізації вилучення електроенергії від сонячних панелей, гарантуючи, що система працює з максимальною ефективністю. Завдяки вихідній потужності 100 Вт і діапазону вхідної напруги 8-28 В, цей контролер MPPT ідеально підходить для різноманітних сонячних систем, включаючи невеликі автономні системи та портативні сонячні зарядні пристрої.

Однією з видатних особливостей контролера який позначений на рисунку 2.5 MPPT 5A є його здатність динамічно відстежувати максимальну потужність сонячної панелі в реальному часі. На відміну від традиційних контролерів ШІМ (широтно-імпульсна модуляція), які можуть витрачати значну кількість енергії, технологія MPPT безперервно регулює електричне навантаження для отримання оптимальної вихідної потужності, особливо за змінних погодних умов. Це призводить до збільшення виходу енергії, що робить його привабливим варіантом для користувачів, які прагнуть максимізувати свої інвестиції в сонячну енергію.

Функція постійної напруги (CV) MPPT 5A також забезпечує стабільний вихід, забезпечуючи постійні рівні напруги для підключених пристроїв або систем зберігання, таких як батареї. Це особливо корисно для запобігання перезаряду та пошкодження батарейних блоків, забезпечуючи ефективне зберігання енергії.

ККД перетворення електроенергії від сонячних панелей на виході пристрою сягає 95%.

Використання MPPT-V08A контролера дає можливість повністю використовувати потенціал сонячних панелей і як наслідок отримувати на 15...45% більше електроенергії в порівнянні з іншими контролерами шляхом відстеження точки максимальної потужності сонячної батареї (MPPT).

Модуль контролера MPPT добре підходить для сонячних систем з Li-Ion, Li-Pol, Ni-MH або Pb-акумуляторами з максимальним зарядним струмом 5 А і напругою 9...24 В. Потрібно враховувати струм зарядки для конкретного АКБ згідно з його документацією, якщо він сильно перевищує, потрібно використовувати кілька АКБ з'єднаних паралельно.

Характеристики модуля MPPT-V08A:

- Маркування: MPPT-V08A
- Контролер: CN3722
- Діапазон вхідної напруги: 8...28 В
- Діапазон вихідної напруги: 5...26 В
- Максимальний вихідний струм: 5 А
- Струм холостого ходу: ≤ 3 мА
- Тип акумуляторів: свинцеві (Pb-): 12 В/24В

літієві (Li-): 7,2 В/ 10,8 В/ 14,4 В

Ni-Cd, Ni-MH: 7,2 ... 14,4 В

- Метод заряджання: автоматичний триетапний
- Індикатор заряду: є
- Частота перемикання ШІМ: 300 кГц
- Функції захисту підключення панелі:

від зворотної полярності (переполюсування): є

від короткого замикання (КЗ): є

- ККД модуля: $\leq 95\%$
- Робоча температура: -40...85°C
- Габаритні розміри (Д×Ш×В): 58×37×24 мм.

3.1.3 Вибір насоса для перекачування води

Пристрої для водозабору та перекачування становлять важливу складову будь-якої дачної ділянки або сільськогосподарського підприємства, де реалізована автономна система водопостачання. Погружний насос має переваги над поверхневим завдяки своїм високим технічним характеристикам, зокрема підвищеній потужності та тиску, що дозволяє ефективніше справлятися з поставленими завданнями. Це обумовлено тим, що погружний насос працює на значній глибині, де для виштовхування води потрібен потужний мотор.

Одним із ключових переваг даного типу насоса є його компактні розміри та легка вага, що забезпечує зручність установки на дно. Оскільки наш насос планується використовувати для перекачування середнього обсягу води та поливу сільськогосподарських культур, ми намітили чіткий розклад роботи. З огляду на це, вибір впав на насос середньої потужності, розрахований на напругу 12 Вольт.

Цей насос ідеально відповідає нашим вимогам завдяки своїм малим габаритам і можливості живлення від акумулятора типу 18650. Даний насос позначений на рисунку 2.6. Його споживання енергії становить близько 400 мА, що робить насос надзвичайно ефективним та зручним у використанні.



Рисунок 2.6 – Водяна помпа(насос)

Водяна міні-помпа є компактним занурювальним насосом, призначеним для транспортування та заповнення водою різноманітних ємностей. Цей пристрій здатен ефективно переміщати рідину з доброю швидкістю. Міні-помпи широко використовуються у сільському господарстві для поливу рослин, а також у акваріумах, фонтанах та в інших сферах.

Поєднуючи ці помпи з різними датчиками, можна реалізувати автоматизовану систему поливу, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для росту рослин і забезпечувати їх життєдіяльність.

Характеристики:

- Матеріал насоса: АБС-пластик
- Робоче середовище: вода, масло, бензин, розчини кислот і лугів.
- Робоча температура: 0 ~ 75 °
- Споживана потужність: 4,2 Вт
- Максимальний номінальний струм 12 В постійного струму : 350 мА
- Максимальний потік: 4 л / хв
- Максимальний напір (висота підйому): 3 м
- Діаметр впуску води: 8,5 мм
- Діаметр виходу води: 8,5 мм
- Максимальний натиск: 300 см
- Шум: <35 дБ
- Водонепроникність: IP68 (заглибна установка)
- Термін служби: більше 30000 годин

Нижче приведений рисунок 2.7 роботи.

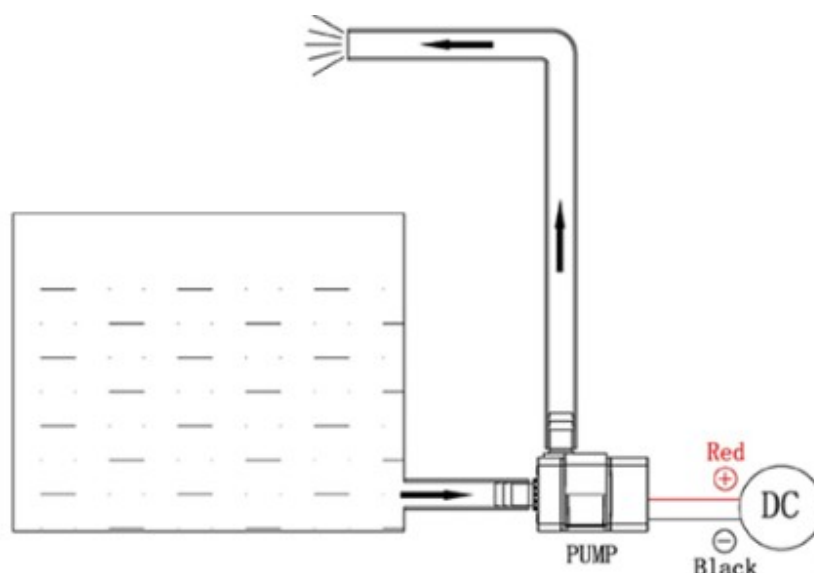


Рисунок 2.7 – Схема роботи водяної помпи

3.1.4 Модуль реле

Для нашої системи буде потрібно одноканальний релейний модуль з напругою живлення 12В. Цей релейний модуль є електронним пристроєм, що служить для перемикання електричних сигналів. Він має як вхідні, так і вихідні контакти, що дозволяє управляти електричними навантаженнями.

Релейний модуль може бути як одноканальним, так і багатоканальним, він функціонує на основі напруги 12 В постійного струму. Вхідна напруга може надходити від будь-якого мікроконтролера або логічного чіпа, які генерують цифровий сигнал.

Як і більшість інших реле, цей модуль є електромагнітним перемикачем з електричним приводом, який призначений для вмикання та вимикання електричних ланцюгів. Його конструкція складається з двох основних компонентів: безпосередньо реле та модуля управління.

- Реле складається з котушки, що генерує магнітне поле, а також з рухомого якоря, який переключається для з'єднання або роз'єднання електричного кола. У реле також є контакти, які відкриваються та закриваються, забезпечуючи активацію або деактивацію навантаження.
- Модуль управління реле виступає як інтерфейс або складова частина релейного модуля, що забезпечує взаємодію з користувачем. Цей модуль

має вхідні клеми, призначені для з'єднання з мікроконтролером, а також вихідні клеми, які використовуються для підключення до навантаження.

- Модуль керування оснащений світлодіодними індикаторами, які сигналізують про наявність живлення та стан інших компонентів, серед яких захисний діод, транзистор, резистор та різні напівпровідникові елементи, що забезпечують його функціонування.

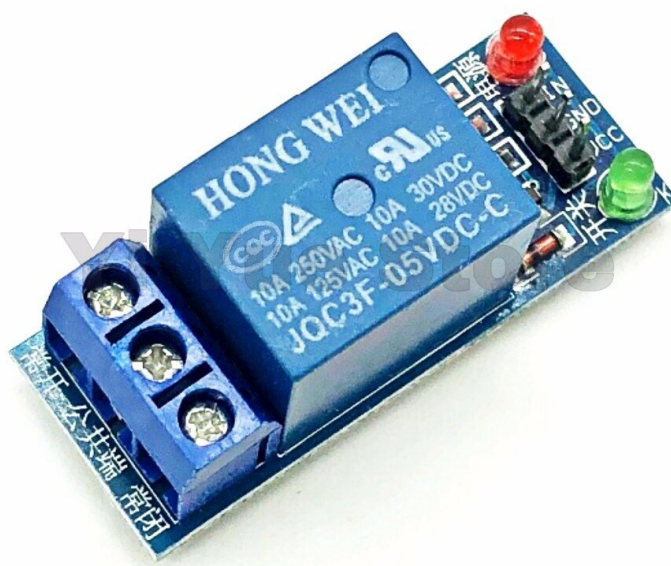


Рисунок 2.8 – Модуль реле

Наш релейний модуль потребує сигналу на 12В на рисунку 2.8, який надходить від мікроконтролера чи датчика, щоб активувати перемикач. Його принцип роботи є досить простим. При високому рівні сигналу на вхідному контакті реле активується, а при низькому — вимикається. Реле реагує на низькорівневий тригерний сигнал, що подається на виводи IN1 або IN2.

Коли тригерний сигнал активується, транзистор вступає в роботу, підсилюючи поданий сигнал. Це призводить до активації реле та з'єднання навантаження з контактами NO або NC. Паралельно світлодіод вмикається, інформуючи про те, що реле активно. Як тільки тригерний сигнал припиняється, транзистор вимикається, і реле також зупиняє свою роботу. У результаті навантаження відключається від контактів NO або NC, а світлодіод згасає, сигналізуючи про те, що реле вимкнено.

Специфікації даних реле можуть різнитися в залежності від виробника, але загалом вони мають схожі характеристики:

- Нормальна напруга: 5 В постійного струму
- Нормальний струм: 70 мА
- Максимальний струм навантаження: 10 А/250 В змінного струму, 10 А/30 В постійного струму
- Максимальна напруга перемикавання: 250 В змінного струму, 30 В постійного струму
- Час роботи: ≤ 10 мс
- Час випуску: ≤ 5 мс

Застосування релейного модуля включають:

- Автоматизація систем управління: Релейні модулі використовуються для керування різними пристроями, такими як освітлення, насоси, клапани, електроприлади тощо, в системах автоматизації будинків, промислових установок або інших систем управління.
- Системи безпеки: Релейні модулі можуть використовуватися для керування сигналізаційними системами, відеоспостереженням, контролем доступу та іншими аспектами систем безпеки.
- Промислові процеси: Релейні модулі використовуються для комутації різноманітних електричних навантажень в промислових процесах, таких як автоматизація виробництва, регулювання температури, контроль рівнів тощо.
- Енергозбереження: Релейні модулі можуть використовуватися для керування енергоефективними системами, такими як управління освітленням або вимикання електричних пристроїв у режимах очікування.

Застосування релейного модуля широке і залежить від конкретних потреб та вимог системи, в якій він використовується.

3.1.5 Вибір датчиків

Датчик температури та вологості

Датчики DHT22 (рисунок 2.9) складаються з чутливого ємнісного сенсора, полімерного діелектричного конденсатора, NTC-термістора, а також 8-бітного мікроконтролера, який перетворює аналоговий сигнал в цифровий. Це значно підвищує точність вимірювань. У процесі виробництва елементи, що входять до

складу DHT22, мають різні характеристики, тому для забезпечення коректних показань виробник калібрує кожен датчик в спеціальній калібрувальній камері. Коефіцієнт корекції зберігається в пам'яті пристрою і використовується під час зчитування даних. Основні переваги цих датчиків включають їх компактний розмір, низьке споживання енергії, а також можливість передачі даних на відстані до 20 метрів. Однак є й недолік — затримка передачі показань, яка становить приблизно дві секунди. [20]

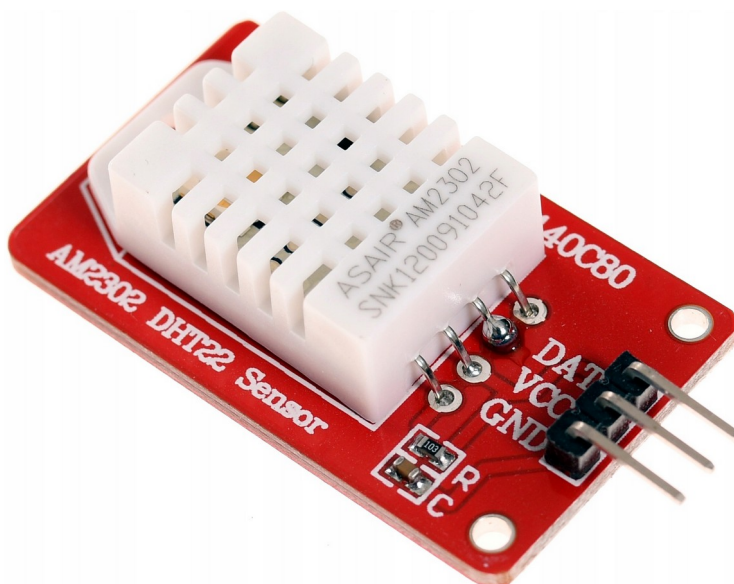


Рисунок 2.9 – Датчики DHT22

Характеристики:

- напруга живлення: 3...5 В
- споживаний струм: 0.5 2.5 мА
- довжина x ширина x висота: 15.5 x 12 x 5.5 мм
- містить датчики: термометр, гігрометр
- діапазон температур: -40...+125 °C
- похибка показань температури: ± 0.5 °3
- діапазон вологості: 0...100%
- похибка показань вологості: ± 5 %

- частота вимірів: 0.5 Гц (один вимір за 2 секунди)

Всі компоненти поміщені в пластиковий корпус, спереду розташовані вентиляційні отвори, а задня частина залита компаундом для захисту. Для монтажу передбачений отвір з діаметром 3 мм. Передача даних відбувається через один провід, використовуючи спеціально розроблений протокол. Цей пристрій може бути використано з платформами, такими як Arduino, AVR, PIC, ARM та іншими. Зв'язок із контролером організовано по однопровідній шині.

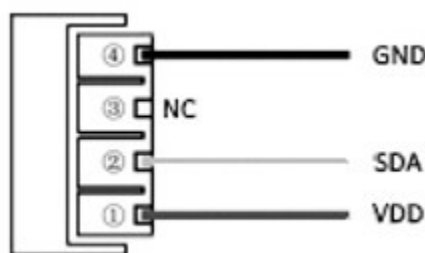


Рисунок 3.1 – Контакти датчика DHT22

- SDA – контакт для обміну даними між датчиком та мікроконтролером
- VDD – напруга живлення
- GND – спільний контакт
- NC - не використовується

Датчик DHT11 відрізняється від своїх аналогів вищою точністю вимірювань і розширеним діапазоном, в той час як схема підключення та протокол залишаються незмінними. Це робить даний датчик більш придатним для використання в різноманітних застосунках, де важлива точність даних про температуру та вологість.

Використання

Автоматичне керування вентиляцією у тепличних господарствах, метеостанції, система «розумного дому» та контролю клімату, автоматичне охолодження приміщень та тд.

Датчик вологості ґрунту

На ринку представлено декілька різних датчиків вологості ґрунту, і вибір найпідходящого варіюється відповідно до ваших індивідуальних потреб і вимог. Серед популярних та надійних варіантів можна виділити кілька моделей:

1. DHT11: Цей датчик є доступним варіантом для вимірювання вологості і температури. Хоча DHT11 досить простий у використанні та надійний, його точність і діапазон вимірювання є обмеженими в порівнянні з іншими пристроями.
2. Capacitive Soil Moisture Sensor: Цей тип датчика користується популярністю завдяки своїй здатності вимірювати вологість у широкому діапазоні, використовуючи принцип ємнісного вимірювання. Він компактний, але точність вимірювань може варіюватися в залежності від якості самого пристрою і калібрування.
3. Watermark Soil Moisture Sensor: Цей датчик працює на основі зміни електричного опору вологого ґрунту. Він забезпечує досить точні дані, однак може бути дорожчим у порівнянні з деякими іншими моделями.
4. Tensiometers: Ці спеціалізовані датчики вимірюють напругу води в ґрунті, пропонуючи високу точність, особливо в нижньому діапазоні вологості. Проте, вони можуть бути досить дорогими і вимагають певних знань для їх правильної установки та експлуатації.
5. Decagon EC-5 Soil Moisture Sensor: Цей датчик вимірює електричну провідність ґрунту, що корелює з його вологою. Він відрізняється високою точністю і довговічністю, а також здатний вимірювати температуру ґрунту. З іншого боку, його вартість може бути вищою в порівнянні з іншими опціями.

Нам знадобиться датчик Capacitive Soil Moisture Sensor, так як цей датчик нам більше підходить з його собівартістю, габаритами і точністю вимірювання.[9]

Capacitive Soil Moisture Sensor (рисунок 3.2) Ємнісний датчик вологості ґрунту, який виконано у формі штиря, може бути занурений у ґрунт на глибину до 80 мм. На його поверхні розташовані два електроди, виконані у вигляді доріжок. На відміну від резистивних датчиків, електроди ємнісного сенсора мають високу стійкість до корозії завдяки спеціальному токоізольуючому покриттю. Цей

пристрій є незамінним інструментом для садівників, фермерів та всіх, хто прагне слідкувати за станом своїх рослин, оптимізуючи їх здоров'я.

Датчик, призначений для експлуатації в складних умовах, може використовуватися як на відкритому повітрі, так і в закритих приміщеннях, таких як теплиці. Важливо враховувати область, де розташовані компоненти та виводи датчика, щоб забезпечити його ефективність у відповідних умовах.



Рисунок 3.2 – Датчик вологості ґрунту

Технічна характеристика:

- Напруга живлення V_{cc} : 5 або 3,3 В
- Напруга на виході датчика при V_{cc} 5В: ~3...1,75; при V_{cc} 3,3В: ~2...1 В
- Вихід датчика інверсний
- Максимальний споживаний струм: < 5,3 мА, при V_{cc} = 5 В і датчик занурений у ґрунтову воду.
- Глибина занурення у ґрунт: 65 мм
- Робоча температура: 0...85 °C
- Габарити: 105x16x7 мм
- Вага: 5 г.

Ємнісний датчик вологості ґрунту V1.2 має надійну конструкцію та водонепроникне покриття, що дає змогу йому ефективно працювати в складних зовнішніх умовах. Прилад оснащений звичайним 3-контактним інтерфейсом, що спрощує підключення до мікроконтролерів, таких як Arduino або Raspberry Pi. Датчик може працювати з робочою напругою в діапазоні від 3,3 до 5 В, а його можливості вимірювання вологості ґрунту охоплюють віхи від 0 до 100%.

В середині ємнісного датчика розміщується RC-генератор на базі таймера 555, частота якого залежить від ємності, що виникає між двома електродами, що функціонують як конденсатор. Зміна вологості ґрунту впливає на його діелектричні характеристики, внаслідок чого змінюється ємність, що, в свою чергу, призводить до зміни вихідного сигналу датчика. Остаточна напруга, яку генерує датчик, пропорційна рівню вологості ґрунту.

Використання

1. Системи контролю поливу теплиць та оранжерей, керування установками автоматичного поливу
2. Дистанційне автоматичне відстеження стану земель сільськогосподарського призначення
3. Розробка проектів ARDUINO та Raspberry Pi концепції «Розумний дім» для запобігання аварійним ситуаціям через вихід із ладу систем забезпечення життєдіяльності

3.2. Розробка апаратної схеми системи

У розробці системи поливу застосовувалися наступні пристрої і програмне забезпечення:

- Контролер NodeMcu v3 на базі Wifi модуля ESP8266;
- Акумуляторні батареї 18650 6 шт.;
- Батарейний блок;
- Контролер заряду для акумуляторів;
- Водяна міні помпа;
- Модуль реле;
- Датчик температури DHT22 (AM2302) ;
- Датчик вологості ґрунту Capacitive Soil Moisture Sensor ;
- BMS контроллер;
- Сонячна панель;
- Пластмасовий корпус;
- Дроти мама/папа.

Створення макета проходить в три етапи:

- Написання програми для функціонального блоку.
- З'єднання всіх частин;
- Написання програмного забезпечення та налагодження.

Нижче приведена блок схема за якою збирається наша система поливу сільськогосподарських рослин. Так, як обладнання в нас не багато і воно має бути у невеликому корпусі, ми підключаємо всі модулі між собою і монтуємо їх зразу в корпус. Після чого будемо писати програму керування головною платою і програмувати її.

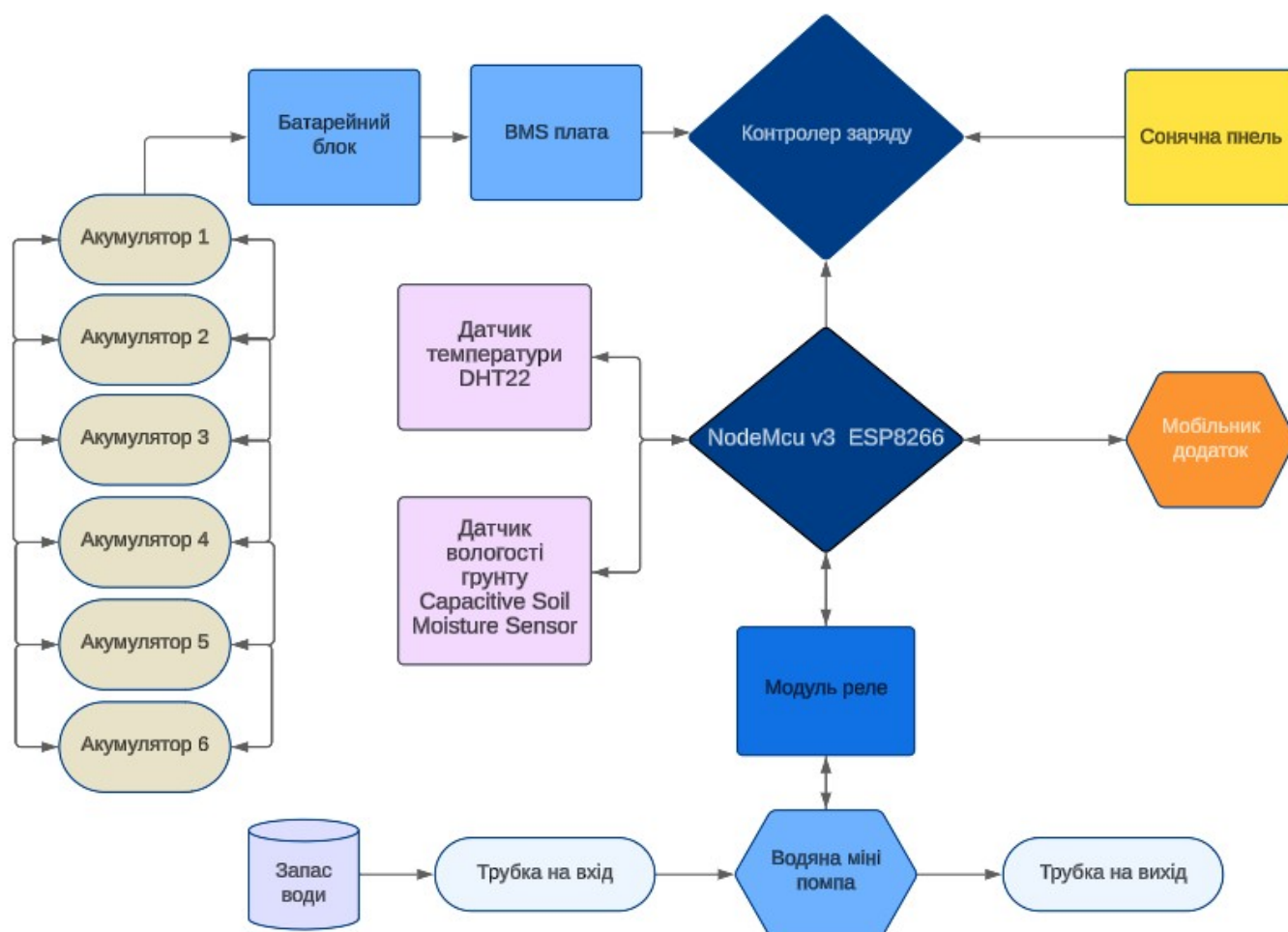


Рисунок 3.3 – Блок-схема автоматичного зрошення

Опис даної блок-схеми на рисунку 3.3 такий:

1. Сонячна панель

- Генерує електроенергію для автономної роботи системи.
- Підключена до **контролера заряду**, який стабілізує напругу та заряджає аккумулятори.

3. Контролер заряду

- Захищає аккумулятори від перевантаження або надмірного розряду.
- Забезпечує постійне живлення системи від батарей.
- Отримує електроенергію від сонячної панелі і зберігає в аккумуляторах, контролює подачу електроенергії на саму систему.

3. Акумуляторний блок (6 батарей 18650)

- Діє як резервне джерело живлення для роботи системи вночі або за відсутності сонця.
- Оснащений **BMS контролером**, який захищає батареї від короткого замикання, перенапруги та перегріву.

4. NodeMCU v3 (ESP8266)

- Основний обчислювальний модуль.
- Обробляє дані від датчиків, надсилає інформацію до мобільного додатка через Wi-Fi.
- Керує включенням та вимкненням помпи через реле.

5. Датчики

- **DHT22**: Зчитує температуру та вологість повітря, забезпечує інформацію для аналітики та налаштування оптимальних умов поливу.
- **Capacitive Soil Moisture Sensor**: Вимірює рівень вологості ґрунту, передає дані на NodeMCU.

6. Модуль реле

- Проміжна ланка між NodeMCU та водяною міні-помпою.
- Вмикає або вимикає помпу за сигналом з контролера.

7. Водяна міні-помпа

- Подає воду на задану ділянку.
- Працює автоматично відповідно до рівня вологості ґрунту, що зчитується датчиком.

8. Мобільний додаток

- Отримує дані від NodeMCU через Wi-Fi.
- Дозволяє користувачу:
 - Налаштовувати графіки поливу.
 - Контролювати стан датчиків у реальному часі.
 - Отримувати сповіщення про проблеми (низька вологість, розряджена батарея тощо).

3.3. Вибір програмного забезпечення

Після вибору необхідної плати потрібно встановити безкоштовне середовище розробки Arduino, яку можна знайти на просторах інтернету, а також, в разі потреби, встановити потрібний драйвер CH340.

Нещодавно відкрилася платформа Arduino Create, яка покриває більшість етапів розробки (від ідеї до збірки). Зручність полягає у тому, що її не потрібно встановлювати на свій комп'ютер, все необхідне платформа бере на себе. В першу чергу це – онлайн редактор коду, який досить зручний у використанні. На даний момент самими популярними середовищами розробки вважаються:

- Programino;
- B4R;
- CodeBlocks for Arduino;
- Arduino IDE.

Arduino IDE:

Arduino IDE став ключовим вибором для програмування платформи ESP8266 завдяки своїй простоті та зручності. Це ідеальне середовище для початківців, оскільки дозволяє швидко навчитися основам кодування та налаштування пристроїв. Arduino IDE забезпечує легку інтеграцію з різними бібліотеками, такими як Wi-Fi, MQTT і DHT, що дозволяє користувачам швидко додавати нові функціональні можливості до своїх проектів. Простий інтерфейс для розробки коду та налаштування пінів робить роботу над проектами швидшою та ефективнішою. Крім того, наявність серійного монітора для відладки значно полегшує процес налагодження і експериментів із кодом. Серед альтернатив, таких як PlatformIO, Arduino IDE виглядає більш доступним для менш досвідчених користувачів.

Програма, написана в середовищі Arduino, називається скетч. Скетч пишеться в текстовому редакторі, що має інструменти вирізки / вставки, пошуку / заміни тексту. Під час збереження і експорту проекту в області повідомлень з'являються пояснення, також можуть відображатися виниклі помилки. Вікно виведення тексту (консоль) показує повідомлення Arduino, що включають повні звіти про помилки та іншу інформацію.

Бібліотеки: Wi-Fi, MQTT, DHT

Однією з найбільш важливих бібліотек для ESP8266 є офіційна бібліотека Wi-Fi (ESP8266WiFi.h), яка забезпечує надійне підключення до бездротових мереж. Ця бібліотека підтримує як прості, так і захищені з'єднання (WPA/WPA2), що робить її універсальним інструментом для різноманітних IoT проектів. З іншого боку, бібліотека MQTT (PubSubClient.h) є легкою та надійною для роботи з MQTT-протоколом, забезпечуючи публікацію і підписку на повідомлення. Її простий API робить інтеграцію з системою простою навіть для мікроконтролерів з обмеженими ресурсами. Додатково, бібліотека DHT (Adafruit_Sensor.h і DHT.h) дозволяє ефективно взаємодіяти з датчиками температури та вологості DHT11/DHT22, забезпечуючи зчитування даних з мінімальними затримками.

Протокол обміну: MQTT

MQTT, як протокол обміну даними, має низку переваг, що роблять його прекрасним вибором для IoT-проектів. Його простота використання дозволяє як новачкам, так і досвідченим розробникам легко налаштовувати системи обміну даними. Надійність ESP8266 та MQTT забезпечує стабільний обмін інформацією в реальному часі, що критично важливо для IoT-додатків. Масштабованість цього рішення дозволяє легко додавати нові пристрої до існуючої системи, враховуючи можливість додавання додаткових датчиків або насосів без значних зусиль. Оскільки всі вибрані компоненти працюють з мінімальними ресурсами, проект залишається ефективним і доступним для реалізації в реальних умовах.

Керування системою через мобільні додатки:

Для моніторингу та управління IoT-проектами обрано мобільний додаток MQTT Dash, який представляє собою простий у використанні інтерфейс для взаємодії з MQTT-брокером. Цей додаток дозволяє користувачам у реальному часі змінювати поріг вологості, контролювати стан насоса та переглядати дані з підключених датчиків. Його простота робить його ідеальним для тестування та роботи з різними IoT-системами.

Альтернативи, такі як Blynk і Home Assistant, хоча й пропонують більші можливості, вимагають більше налаштувань та мають складніший інтерфейс.

3.4. Написання програмного коду і налагодження роботи

Після того як все було зібрано, всі частини модулів між собою запаєні і поміщені в корпус починаємо розробку послідовних дій та написання програми, яка буде керувати пристроєм. Для економії часу написання коду, застосовується набір бібліотек, що містить в собі певні функції і об'єкти, а при компіляції нашого скетчу середовище розробки Arduino IDE створює тимчасовий файл, в який крім програми включається ще кілька рядків, і отриманий результат компілюється.

1. Почнемо код програми з підключення необхідних бібліотек.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

```
#include <PubSubClient.h>
```

```
#include <Adafruit_Sensor.h>
```

```
#include <DHT.h>
```

ESP8266WiFi.h — забезпечує підключення ESP8266 до Wi-Fi.

PubSubClient.h — бібліотека для роботи з MQTT-протоколом (підключення до брокера, підписка/публікація повідомлень).

Adafruit_Sensor.h і **DHT.h** — бібліотеки для роботи з датчиком температури та вологості (DHT22).

2. Налаштування Wi-Fi

```
const char* ssid = "Ваш_SSID";
```

```
const char* password = "Ваш_пароль";
```

Тут вказуються SSID і пароль для підключення до Wi-Fi.

3. Налаштування MQTT

```
const char* mqtt_server = "192.168.1.100";
```

```
const char* moisture_topic = "soil/moisture";
```

```
const char* temp_topic = "air/temperature";
```

```
const char* humidity_topic = "air/humidity";
```

```
const char* pump_topic = "pump/control";
```

```
const char* pump_status_topic = "pump/status";
const char* threshold_topic = "settings/moisture_threshold";
```

Для налаштування підключення до MQTT-брокера необхідно вказати його IP-адресу, що робиться за допомогою змінної **mqtt_server**, в нашому випадку це адреса "192.168.1.100". Це дозволяє нашій системі підключатися до брокера, який забезпечує обмін даними між різними пристроями. ми створюємо теми для публікації даних з датчиків, таких як вологість ґрунту, температура повітря та вологість повітря. Ці теми, зокрема **moisture_topic**, **temp_topic** і **humidity_topic**, дозволяють нам відстежувати зміни в параметрах, які впливають на рослинність. Завдяки цій інформації, ми можемо своєчасно приймати рішення щодо поливу і вжиття інших заходів.

Додатково, для управління насосом в системі, ми визначаємо тему **pump_topic**, яка відповідає за отримання команд, а також **pump_status_topic**, де публікується стан насоса. Важливо також мати можливість змінювати пороги вологості через **threshold_topic**.

4. Налаштування пінів і датчиків

```
#define DHTPIN D4
#define PUMP_PIN D5
#define MOISTURE_PIN A0
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); -Вказується тип датчика DHT22
```

DHTPIN (D4) — пін для підключення DHT22.

PUMP_PIN (D5) — пін для керування насосом.

MOISTURE_PIN (A0) — аналоговий пін для вимірювання вологості ґрунту.

5. Змінні для керування системою

```
bool pump_on = false;
int moisture_threshold = 500;
int lower_threshold = 400;
int upper_threshold = 600;
unsigned long lastUpdate = 0;
```

unsigned long interval = 5000;

Однією з основних змінних є **pump_on**, яка відповідає за стан насоса: активований (true) чи деактивований (false). Це дозволяє програмі ефективно контролювати подачу води в залежності від рівня вологості ґрунту.

Центральною змінною у цій системі є **moisture_threshold**, що визначає критично важливий поріг вологості ґрунту, при якому починається активне зрошення. Навколо цього порогу встановлюються два додаткові значення: **lower_threshold** і **upper_threshold**. Ці змінні формують гістерезис, що служить для уникнення циклічних включень і вимкнень насоса при незначних коливаннях вологості ґрунту.

Для контролю цих процесів також використовуються змінні **lastUpdate** і **interval**. **lastUpdate** зберігає час останнього оновлення статусу системи, а **interval** — період, через який відбувається перевірка стану ґрунту, що дозволяє уникнути блокування програми через затримки.

6. Функція підключення до Wi-Fi

```
void setup_wifi() {
  delay(10);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("Wi-Fi підключено");
}
```

Функція `setup_wifi` є ключовим елементом для підключення мікроконтролера ESP8266 до бездротової локальної мережі Wi-Fi. При її виклику, перш ніж почати підключення, програма вводить затримку в 10 мілісекунд, що може бути корисним для стабільності налаштувань. Потім вона ініціалізує процес підключення, викликаючи метод **WiFi.begin(ssid, password)**, де `ssid` — це ім'я Wi-Fi мережі, а `password` — її пароль.

Функція продовжує циклічно перевіряти статус підключення, використовуючи умову **WiFi.status()**, доки з'єднання не буде встановлено. Якщо підключення ще не встановлене, програма робить паузу у 500 мілісекунд,

після чого виводить крапку на серійному моніторі, що слугує індикацією спроби підключитися. Коли з'єднання успішне, у серійному моніторі з'являється повідомлення "Wi-Fi підключено", яке сигналізує про те, що ESP8266 успішно з'єднався з базовою станцією.

7. Функція обробки MQTT-повідомлень

```
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
    payload[length] = '\0';
    String message = String((char*)payload);

    if (strcmp(topic, pump_topic) == 0) {
        if (message == "1") {
            pump_on = true;
            digitalWrite(PUMP_PIN, HIGH);
        } else {
            pump_on = false;
            digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);
        }
        client.publish(pump_status_topic, pump_on ? "ON" : "OFF");
    } else if (strcmp(topic, threshold_topic) == 0) {
        moisture_threshold = message.toInt();
        lower_threshold = moisture_threshold - 100;
        upper_threshold = moisture_threshold + 100;
        Serial.println("Оновлено поріг вологості: " + String(moisture_threshold));
    }
}
```

У функції **callback** відбувається обробка отриманих повідомлень. Коли повідомлення надходить на тему, пов'язану з насосом **pump_topic**, функція в залежності від отриманого значення активує або деактивує насос. Якщо команда включити насос виражена значенням "1", насос увімкнеться, а при будь-якому іншому значенні — вимкнеться. Крім того, функція публікує статус насоса на

відповідну тему **pump_status_topic**, що дозволяє зовнішнім системам або користувачам отримувати актуальну інформацію про стан насоса.

У випадку, якщо повідомлення стосується нових значень порогу вологості **threshold_topic**, функція оновлює значення `moisture_threshold` та обчислює нові межі.

8. Функція підключення до MQTT

```
void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    if (client.connect("ESP8266Client")) {
      client.subscribe(pump_topic);
      client.subscribe(threshold_topic);
      Serial.println("Підключено до MQTT");
    } else {
      delay(5000);
    }
  }
}
```

Функція підключення до MQTT реалізується через **метод reconnect()**, який перевіряє стан з'єднання з MQTT-брокером. У випадку, коли клієнт не підключений, функція здійснює спробу з'єднання в циклі до тих пір, поки не вдасться підключитися.

9. Функція зчитування даних і публікації

```
void readAndSendData() {
  float temp = dht.readTemperature();
  float humidity = dht.readHumidity();
  int moisture = analogRead(MOISTURE_PIN);

  if (!isnan(temp)) client.publish(temp_topic, String(temp).c_str());
  if (!isnan(humidity)) client.publish(humidity_topic, String(humidity).c_str());
  client.publish(moisture_topic, String(moisture).c_str());
}
```

```

if (moisture < lower_threshold && !pump_on) {
    pump_on = true;
    digitalWrite(PUMP_PIN, HIGH);
} else if (moisture > upper_threshold && pump_on) {
    pump_on = false;
    digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);
}
client.publish(pump_status_topic, pump_on ? "ON" : "OFF");

```

```

Serial.print("Вологість ґрунту: ");
Serial.println(moisture);
Serial.print("Температура: ");
Serial.println(temp);
Serial.print("Вологість повітря: ");
Serial.println(humidity);
}

```

readAndSendData() виконує моніторинг і управління умовами довкілля за допомогою сенсорів. Вона починається з зчитування температури і вологості з датчика DHT22, а також вологості ґрунту за допомогою аналогового датчика, підключеного до аналогового піна. Після того, як дані з сенсорів отримані, функція перевіряє, чи є значення температури і вологості вірними (не є 'NaN'), і в разі позитивного результату, публікує їх на задані MQTT-тематики.

Додатково, залежно від рівня вологи в ґрунті, функція контролює роботу насоса: якщо вологість нижча за нижній поріг, насос вмикається, а якщо волога перевищує верхній поріг, насос вимикається.

10. Налаштування

```

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    pinMode(PUMP_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);
}

```

```

dht.begin();
setup_wifi();
client.setServer(mqtt_server, 1883);
client.setCallback(callback);
}

```

Функція **setup()** в коді для мікроконтролерів, таких як Arduino, відповідає за ініціалізацію компонентів і налаштувань перед виконанням основної програми. Функція **dht.begin()** ініціалізує роботу датчика вологості та температури DHT.

Саме тут також встановлюється конфігурація для MQTT-клієнта: задається сервер, до якого буде здійснюватись підключення, та вказується функція-обробник для отримання MQTT-повідомлень. Цей етап забезпечує з'єднання між мікроконтролером та платформою обміну даними.

11. Цикл

```

void loop() {
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  client.loop();

  unsigned long currentMillis = millis();
  if (currentMillis - lastUpdate >= interval) {
    lastUpdate = currentMillis;
    readAndSendData();
  }
}

```

У зазначеній функції спочатку перевіряється, чи є активним з'єднання з MQTT-клієнтом. Якщо з'єднання втрачене, викликається функція **reconnect()**, яка відповідає за повторне з'єднання з MQTT-сервером.

Далі виконується метод **client.loop()**, який обробляє вхідні та вихідні повідомлення, забезпечуючи коректну роботу з мережею. Наступним етапом є

перевірка часу, що минув від останнього оновлення. Якщо з моменту останнього публікації даних (вимірюється у мілісекундах) пройшов визначений інтервал, викликається функція **readAndSendData()**. Функція **loop()** забезпечує постійний моніторинг з'єднання та регулярне оновлення даних.

Повний код програми (скетчу)

```
#include <ESP8266WiFi.h>

#include <PubSubClient.h>

#include <Adafruit_Sensor.h>

#include <DHT.h>


// Параметри Wi-Fi

const char* ssid = "Ваш_SSID";

const char* password = "Ваш_пароль";


// Параметри MQTT

const char* mqtt_server = "192.168.1.100"; // IP брокера MQTT

const char* moisture_topic = "soil/moisture";

const char* temp_topic = "air/temperature";

const char* humidity_topic = "air/humidity";

const char* pump_topic = "pump/control";

const char* pump_status_topic = "pump/status";

const char* threshold_topic = "settings/moisture_threshold";


// Піни

#define DHTPIN D4
```

```

#define PUMP_PIN D5

#define MOISTURE_PIN A0


// Налаштування DHT

#define DHTTYPE DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);


// MQTT-клієнт

WiFiClient espClient;

PubSubClient client(espClient);


// Змінні

bool pump_on = false;

int moisture_threshold = 500; // Поріг для вологості ґрунту (0-1023)

int lower_threshold = 400; // Нижній поріг

int upper_threshold = 600; // Верхній поріг


// Таймери

unsigned long lastUpdate = 0;

unsigned long interval = 5000; // Інтервал відправки даних (мс)


// Функція підключення до Wi-Fi

void setup_wifi() {

    delay(10);

    WiFi.begin(ssid, password);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

```

```

    delay(500);

    Serial.print(".");
}

Serial.println("Wi-Fi підключено");
}

// Обробка MQTT-повідомлень
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
    payload[length] = '\0'; // Завершення рядка
    String message = String((char*)payload);

    if (strcmp(topic, pump_topic) == 0) {
        if (message == "1") {
            pump_on = true;
            digitalWrite(PUMP_PIN, HIGH);
        } else {
            pump_on = false;
            digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);
        }
        client.publish(pump_status_topic, pump_on ? "ON" : "OFF");
    } else if (strcmp(topic, threshold_topic) == 0) {
        moisture_threshold = message.toInt();
        lower_threshold = moisture_threshold - 100; // Нижній поріг
        upper_threshold = moisture_threshold + 100; // Верхній поріг
        Serial.println("Оновлено поріг вологості: " + String(moisture_threshold));
    }
}

```

```

}

// Підключення до MQTT
void reconnect() {
    while (!client.connected()) {
        if (client.connect("ESP8266Client")) {
            client.subscribe(pump_topic);
            client.subscribe(threshold_topic);
            Serial.println("Підключено до MQTT");
        } else {
            delay(5000);
        }
    }
}

// Зчитування даних і відправка на сервер
void readAndSendData() {
    float temp = dht.readTemperature();
    float humidity = dht.readHumidity();
    int moisture = analogRead(MOISTURE_PIN);

    // Перевірка датчиків
    if (!isnan(temp)) client.publish(temp_topic, String(temp).c_str());
    if (!isnan(humidity)) client.publish(humidity_topic, String(humidity).c_str());
    client.publish(moisture_topic, String(moisture).c_str());

    // Керування помпою
    if (moisture < lower_threshold && !pump_on) {

```

```

    pump_on = true;
    digitalWrite(PUMP_PIN, HIGH);
} else if (moisture > upper_threshold && pump_on) {
    pump_on = false;
    digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);
}
client.publish(pump_status_topic, pump_on ? "ON" : "OFF");

// Відлагодження
Serial.print("Вологість ґрунту: ");
Serial.println(moisture);
Serial.print("Температура: ");
Serial.println(temp);
Serial.print("Вологість повітря: ");
Serial.println(humidity);
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    pinMode(PUMP_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(PUMP_PIN, LOW);

    dht.begin();
    setup_wifi();
    client.setServer(mqtt_server, 1883);
    client.setCallback(callback);

```

```

}

void loop() {
    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
    client.loop();

    unsigned long currentMillis = millis();
    if (currentMillis - lastUpdate >= interval) {
        lastUpdate = currentMillis;
        readAndSendData();
    }
}

```

Інтегрований код для моніторингу вологості ґрунту має декілька особливостей, які дозволяють забезпечити ефективну роботу системи. Однією з ключових функцій є гнучке налаштування порогів вологості через MQTT. Це забезпечує можливість коригувати поріг вологості ґрунту, відправляючи нове значення на тему `settings/moisture_threshold`, що дозволяє адаптувати систему під специфічні умови.

Ще однією важливою характеристикою є гістерезис для помпи, що значно знижує ймовірність частого ввімкнення та вимкнення насоса. Це продовжує термін служби обладнання і робить систему більш надійною. Також важливим аспектом є відправка даних з таймером, адже інформація публікується кожні 5 секунд без використання `delay()`, що дозволяє зберігати респондуючу здатність системи.

Для зручності користувача реалізовано відлагодження через Serial, яке виводить інформацію про стан датчиків у послідовний монітор. Це допомагає оперативно реагувати на можливі проблеми. Нарешті, інтегрований код передбачає безпечну обробку помилок датчиків, оскільки всі дані ретельно перевіряються перед їх публікацією. Це підвищує надійність системи в цілому і забезпечує якісну роботу протягом тривалого часу.

3.5. Опис роботи системи поливу

Наша система поливу рослин сільського господарства працює наступним чином: коли ґрунт достатньо сухий то включається водяна помпа і йде по трубкам вода, якщо достатньо волого то автополив виключаємо. І це все ми за допомогою плати NodeMcu v3 з Wifi модулем ESP8266 моніторимо дані і контролюємо на відстані.

Дана система автоматизованого поливу працює на основі поновлювальних джерел енергії. У центрі системи знаходиться сонячна панель, яка генерує електроенергію для автономної роботи. Вона підключена до контролера заряду, який стабілізує напругу та забезпечує зарядку акумуляторів, запобігаючи їх перевантаженню або надмірному розряду. Цей контролер грає надзвичайно важливу роль у забезпеченні стабільності та надійності всієї системи.

Акумуляторний блок, що складається з шести батарей 18650, служить резервним джерелом живлення для роботи системи вночі або під час відсутності сонячного світла. Оснащений BMS контролером, він захищає батареї від потенційних загроз, таких як коротке замикання, перенапруга та перегрів. Це забезпечує додаткову безпеку та продовжує термін служби акумуляторів.

Основним обчислювальним модулем системи є NodeMCU v3, що на базі ESP8266 відповідає за обробку даних, отриманих від датчиків, і їх передачу до мобільного додатку через Wi-Fi. Він також контролює вмикання та вимикання помпи з використанням реле. Датчики, такі як DHT22, вимірюють температуру та вологість повітря, а також забезпечують інформацію для аналізу та налаштування оптимальних умов поливу. Датчик вологості ґрунту передає дані на NodeMCU, що дозволяє системі коректно реагувати на зміни в умовах навколишнього середовища.

Модуль реле служить проміжною ланкою між контролером та водяною міні-помпою, задаючи команди на її вмикання або вимикання. Водяна міні-помпа, у свою чергу, автоматично подає воду на визначену ділянку відповідно до рівня вологості, зафіксованого датчиком. Використовуючи мобільний додаток, користувач має можливість отримувати дані про стан системи, налаштовувати графіки поливу та контролювати стан датчиків у реальному часі, а також отримувати сповіщення про проблеми, такі як низька вологість або розряджена батарея. Це забезпечує зручність та ефективність системи автоматизованого

поливу, дозволяючи оптимізувати витрати води і підтримувати рослини в ідеальному стані.

Переваги системи

- **Автономність:** Система працює без постійного підключення до електромережі.
- **Економія води:** Полив виконується лише за потреби, виходячи з показників датчиків.
- **Зручність:** Мобільний додаток забезпечує повний контроль над системою навіть на відстані.
- **Масштабованість:** Можливість підключення додаткових зон поливу та датчиків.

Ця система є інтелектуальним рішенням для ефективного управління водними ресурсами, зручним у використанні та екологічно безпечним.

Нашу систему живить сонячна панель яка виробляє електроенергію і зберігається в акумуляторному блоці (6 батарей 18650). Для цього ми використали контролер заряду, так як у ньому є вбудований перетворювач енергії та стабілізатор напруги. Наші акумулятори будуть контролюватись BMS-платою і заряджатися виключно від контролера. Плата контролю, на основі параметрів які ми внесли і відштовхуватись від даних моніторингу буде запускати програму поливу. Параметри поливу які були внесені можна змінювати і підлаштовувати для оптимального росту сільськогосподарських рослин . Вся система живиться від напруги 12 Вольт та споживає струм у режимі активної роботи близько 1500мА, один акумулятор має 3000 мАЧ. Якщо розрахувати весь час роботи пристрою в активному режимі і в режимі сну:

1. Активний режим

У активному режимі система працює на повну потужність, включаючи водяну помпу та всі інші елементи.

Приклад розрахунку споживаної потужності:

- Водяна помпа: 400 мА (0.4 А) при 12 В.

- NodeMCU (ESP8266): приблизно 70 мА в активному режимі.
- Датчики DHT22 та Capacitive Soil Moisture Sensor: разом споживають близько 40–50 мА.
- Модуль реле: споживає приблизно 70–100 мА під час активації.

Загальне споживання в активному режимі:

$I_{\text{активний}}$ – струм навантаження (мА);

$$I_{\text{активний}} = 0.4\text{A} + 0.07\text{A} + 0.05\text{A} + 0.1\text{A} = 0.62\text{A}$$

$P_{\text{активний}}$ – потужність навантаження

$$P_{\text{активний}} = 0.62\text{A} \times 12\text{V} = 7.44\text{W}$$

Отже, дана система в активному режимі споживає 7.44 Вт.

2. Режим сну

У режимі сну більшість компонентів, окрім контролера (наприклад, NodeMCU), вимкнені або споживають мінімум енергії. Важливою частиною є те, що NodeMCU може бути налаштований для переходу в сплячий режим, коли він не використовує багато енергії.

Приклад розрахунку споживаної потужності:

- NodeMCU (ESP8266) в сплячому режимі: споживає близько 20–30 мА.
- Датчики (в режимі сну): також будуть споживати мінімум, тобто, 10–20 мА.

Загальне споживання в режимі сну:

$$I_{\text{сон}} = 0.03\text{A} + 0.02\text{A} = 0.05\text{A}$$

Потужність:

$$P_{\text{сон}} = 0.05\text{A} \times 12\text{V} = 0.6\text{W}$$

Отже, в режимі сну система буде споживати лише 0.6 Вт.

3. Оцінка роботи аккумулятора

Розрахунок час роботи системи, якщо вона буде працювати тільки на аккумуляторах без сонця.

Враховуючи акумулятори 18650 з ємністю 3000 мА·год (3 А·год) та номінальну напругу 11.1 В:

- Загальна ємність: $6 \times 3000 \text{ мА} \cdot \text{год} = 18\,000 \text{ мА} \cdot \text{год}$ (18 А·год).
- Враховуючи, що система в активному режимі споживає 7.44 Вт, а в режимі сну лише 0.6 Вт, ми можемо приблизно оцінити час роботи системи:

В активному режимі:

$$\text{Час}_{\text{активний}} = \frac{18000 \text{ мА} \cdot \text{год} \times 11.1 \text{ В}}{7.44 \text{ Вт}} = 26.9 \text{ годин}$$

В режимі сну:

$$\text{Час}_{\text{активний}} = \frac{18000 \text{ мА} \cdot \text{год} \times 11.1 \text{ В}}{0.6 \text{ Вт}} = 13.9 \text{ днів}$$

4. Генерація енергії сонячною панеллю

- Потужність сонячної панелі: 30 Вт.
- Струм: 2.5 А при 12 В.
- Час роботи сонячної панелі при сонячному освітленні (припустимо, 6 годин на день):

$$E_{\text{генерації}} = P_{\text{панелі}} \times t = 30\text{Вт} \times 6\text{годин} = 180\text{Вт} \cdot \text{год}$$

Також є ті факти, що знижують виробіток електроенергії сонячної панелі:

- Хмарність: у похмуру погоду продуктивність падає до 10–25% від максимальної.
- Пил або бруд: зниження ефективності на 10–20%.
- Неправильний кут нахилу: може зменшити виробіток на 30–40%.

Для стабільної роботи рекомендується враховувати ці фактори та передбачати запас потужності.

5. Енергоспоживання системи за день

- Споживання системи на день (24 години):

$$E_{\text{споживання}} = P_{\text{системи}} \times 24 = 7.44 \text{ Вт} \times 24 \text{ годин} = 178.56 \text{ Вт\год}$$

Таким чином, система має достатньо енергії для роботи як вдень (за рахунок сонячної панелі), так і вночі (на акумуляторах), з можливістю автономного живлення протягом кількох годин після заходу сонця.

3.6 Висновок третього розділу

В цьому розділі було проведено огляд технічних характеристик, та вибір засобів реалізації, що найкраще підходять для використання при розробці для автоматичного поливу рослин.

Ми детально розібрали кожен елемент нашої системи, вибрали новітні і кращі по параметрам датчики для точних передачі і виведення даних користувачу. На основі цієї інформації і даних ми обрали конкретні рішення для впровадження їх у прототипі.

На основі досліджень, а також експертних оцінок було обрано певне обладнання та програмне забезпечення, яке і дало змогу реалізувати оптимальну роботу автономного контролера поливу кімнатних рослин технічної і програмної точки зору.

ВИСНОВОК

Було проведено збір та налаштування системи крапельного зрошення сільськогосподарських культур, що спирається на мікроконтролер NodeMcu v3. У процесі роботи досліджено методи застосування ємнісних датчиків для вимірювання вологості ґрунту та технології обробки зібраних експериментальних даних.

Система, розроблена на основі мікроконтролера NodeMcu v3 із модулем WiFi ESP8266, дозволяє здійснювати контроль і управління процесом поливу. Для автоматизації включення та вимкнення водяної помпи було використано реле. Крім того, система забезпечується сонячною панеллю, що робить її незалежною від електропостачання, а контролер заряду/розряду акумуляторів відповідає за накопичення енергії від сонячних батарей. Датчики вологості ґрунту (Capacitive Soil Moisture Sensor) та температури (DHT22) здійснюють моніторинг параметрів, які були введені, та передають дані на сервер. Кожен вид рослин має свої індивідуальні параметри, що коригуються для оптимізації їх зростання та зберігаються в базі даних.

Наша система є автономною саме завдяки сонячій панелі, в цій роботі було розраховано і упевнились, що для даної системи достатньо буде потужність сонячної панелі. Дана система зрошування розраховано приблизно на 10 м², якщо потрібно на більше площу то більше датчиків для моніторингу більшої площі потрібно, потужнішу водяну помпу і сонячну панель для того щоб система залишалась автономною.

Нашу систему живить сонячна панель, яка виробляє електричну енергію, що зберігається в акумуляторному блоці, що складається з шести батарей 18650. Для цього ми застосували контролер заряду, який оснащений вбудованим перетворювачем енергії та стабілізатором напруги. Акумулятори контролюватимуться системою управління батареями (BMS) і заряджатимуться виключно через контролер. Плата контролю, ґрунтуючись на заданих параметрах і даних моніторингу, автоматично ініціюватиме програму поливу. Параметри поливу можуть бути змінені та налаштовані для забезпечення оптимального росту сільськогосподарських культур. Виходячи з розрахунків, дана система живиться 12 В і споживає в активному режимі 1500 мА в годину, в режимі сну 50мА, від акумуляторів система може триматись в активному режимі 26.9 годин, в режимі сну 13.9 днів. Сонячна панель в день приблизно буде працювати 6 годин і

виробляти 180W в день, тому і навіть при споживанні системи в активному режимі, йому все одно буде вистачати електроенергії.

Пропонується алгоритм функціонування програми: при запуску контролера вона підключається до Wi-Fi мережі, після чого здійснюється зчитування показників датчиків температури і вологості. Програма аналізує, чи відповідають отримані дані заданим критеріям поливу; якщо виявляється, що ґрунт є сухим, вона відправляє команду для активації водяної помпи (установки водяного мотора) з метою відновлення необхідних умов, після чого процес зчитування даних із мережі Wi-Fi поновлюється.

Ця система є економічно доступною для кожного фермера та забезпечує оптимальні умови для вирощування рослин, особливо в умовах змінюваного навколишнього середовища або при використанні неточних датчиків. Легко можна доповнити систему новими датчиками чи обладнанням для моніторингу або обробки додаткових мікрокліматичних параметрів, як у теплицях, так і на відкритому повітрі.

З огляду на вищесказане, можна зробити висновок, що розробка, враховуючи можливості модернізації, здатна повністю задовольнити всі необхідні вимоги та суттєво поліпшити автоматизацію поливу рослин. За потреби кінцевого користувача система може бути доопрацьована та інтегрована в реальні умови використання.

Сучасний технологічний прогрес відкриває нові горизонти для покращення характеристик нових пристроїв, що, в свою чергу, розширює їх застосування та знижує витрати на виробництво.

Слід зауважити, що незважаючи на всі технічні складності та досить велику собівартість деяких типів систем поливу, яка пов'язана з їхнім створенням, розвиток у цій сфері має великий потенціал і широку область застосування в майбутньому.

Найбільшу ефективність дані пристрої показують при правильному налаштуванні та вірному повсякденному використанні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Грищенко М. Використання сучасних технологій в землеробстві / М. Грищенко // Сільські новини - 2019. - №16.
2. Шевчук М. Розумний полив як ефективний інструмент в управлінні водними ресурсами в агропромисловому комплексі / М. Шевчук // Науково-технічний журнал "Агроінновації", - 2019. - №4. - С. 53-59.
3. Документація. Hunter : веб-сайт. URL:
<https://www.aquaprice.com.ua/ua/avtopoliv/hunter/kontrollery/kontroller-hunter-x2-1401-e-naruzhnyy>
4. Bellavista P., Cardone G., Corradi A., Foschini L. "The Internet of Things vision: Key features, applications, and open issues." *Computer Communications*, 2013.
5. Al-Garadi M. A., Mohamed A., Al-Ali A. "Secure IoT-enabled smart agriculture: Approaches and challenges." *IEEE Internet of Things Journal*, 2020.
6. "Smart irrigation system using IoT." *Journal of Agricultural Technology*, 2019.
7. Arduino Documentation – <https://www.arduino.cc>
8. Espressif ESP8266 Technical Reference – <https://www.espressif.com>
9. Документація. Датчик вологості ґрунту : веб-сайт. URL:
<http://ilogix.in.ua/analogovyy-emkostnoy-datchik-vlazhnosti-pochvy.html>
10. Нарожный В. В., Назаров А. С., Дегтярева Т. Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ DS18B20 WI-FI МОДУЛЕМ NODEMCU V3 ESP8266. *Open Information and Computer Integrated Technologies*. 2019. № 85. С. 167–174. URL: <https://doi.org/10.32620/oikit.2019.85.10>
11. Документація. Технологій IoT, використання для системи поливу: веб-сайт. URL: <https://ts2.space/uk/iot-для-розумного-зрошення-сільського-го/>
12. Документація. Алгоритми для оптимального використання системи поливу: веб-сайт. URL: <https://buklib.net/books/34331/>

13. Документація. Датчики автоматичного поливу : веб-сайт. URL: <https://poliv-service.kiev.ua/ua/a285831-datchiki-sisteme-poliva.html>
14. Документація. Переваг: веб-сайт. URL: <http://samdizajner.com.ua/preimushhestvo-i-nedostatki-razlichnyx-sistem-poliva-rastenij-na-dachnom-uchastke.html>
15. Петросян А. Р., Петросян Р. В., Колос К. Р. Розробка платформи віддаленого управління інфраструктурою Інтернет речей. *Технічна інженерія*. 2021. № 1(87). С. 73–80. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2021-1\(87\)-73-80](https://doi.org/10.26642/ten-2021-1(87)-73-80)
16. Lindsay Corporation – системи зрошення. URL: <https://www.lindsay.com>
17. Valmont Industries – інтелектуальні системи зрошення. Доступно на: <https://www.valmont.com>
18. Автоматичний полив. Полив-плюс: веб-сайт. URL: <https://polivplus.com.ua>
19. Автоматический полив своими руками, Rain Bird : веб-сайт. URL: <https://rain-bird.com.ua/poliv-dlya-doma/avtomaticheskij-poliv-svoimi-rukami.html>
20. Лубко Д.В. Методологія проектування Arduino в якості Web-client та Web-server з використанням датчика DHT22 та їх порівняльна характеристика. / Д.В. Лубко, Ю.О. Литвин // Вісник Національного технічного університету „ХПІ” Збірник наукових праць.

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Презентація до дипломної роботи на тему: «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОЛИВУ НА ОСНОВІ ІОТ-ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ»

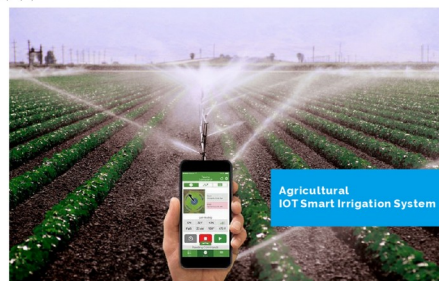
Виконав:
Рева Владислав Валерійович
Керівник:
Поперешняк Світлана Володимирівна

Київ – 2024

- Мета: розробка інтелектуальної системи автоматизованого поливу, яка базується на зборі даних із сенсорів, їхньому аналізі через ІоТ-платформу та керуванні процесом поливу через мобільні додатки.

- Предмет дослідження: методи, технології та засоби створення інтелектуальних систем автоматизованого поливу, що базуються на ІоТ-технологіях та інтеграції з мобільними додатками..

- Актуальність теми : Результати цієї системи сприятимуть оптимізації використання водних ресурсів, підвищенню врожайності та стійкості сільського господарства до змін клімату.



СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОЛИВУ

Інтелектуальна система зрошення — це складна система, що використовує Інтернет речей (IoT), яка дозволяє регулювати подачу води до рослин в залежності від безлічі факторів, таких як вологість ґрунту, кліматичні умови, тип ґрунту та інші фактори, що впливають на ріст рослин. Основні компоненти такої системи включають сенсори вологості, контролер поливу та програмне забезпечення для керування системою.

Застосування автоматизованих систем, що дозволять:

- дистанційно на відстані управляти поливом або задати параметри автоматичного поливу;
- підвищити врожайність;
- виключити участь людини в процесі поливу;
- зниження ризику помилок;
- оптимізувати витрати води
- моніторинг в реальному часі.



Аналіз інтелектуальних систем поливу

Розглянули:

1. Найвні системи розумного поливу

Є два типи розумних систем зрошення:

Інтелектуальні іригаційні

Призначені для великих сільськогосподарських угідь і орієнтовані на оптимізацію в масштабах регіону чи великих площ. Вони використовують складні алгоритми, інтеграцію з метеостанціями, прогнозування і централізоване управління. Зазвичай включають мережі трубопроводів, насосні станції та резервуари.

Інтелектуальні системи зрошення

Використовуються на локальних ділянках, таких як сад, газон, теплиця чи невелика ферма. Надають більше уваги автоматизації та зручності для кінцевого користувача. Працюють із мобільними додатками та IoT-пристроями.

2. Аналіз переваг та недоліків системи поливу

Існують різноманітні системи поливу, які відрізняються як за своєю конструкцією, так і за призначенням, такі як:

Крапельний полив



Це дуже ефективний та економічний по витраті води за рахунок точного подання до кореневої зони. Простота встановлення та обслуговування. Полягає в тому, що вздовж грядок з висадженими рослинами укладаються крапельні стрічки або крапельні трубки. По недолікам складність у використанні на великих площах або при нерівній місцевості. Необхідність регулярного очищення трубок від засмічення.

Автоматичні системи поливу

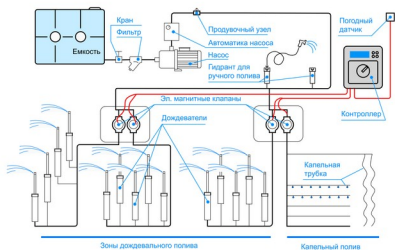


Складається система з прокладених під землею труб та зрошувачів, клапани, таймери реле і контролери управління, які дозволяють програмувати роботу автоматичної системи поливу. Зручність управління через мобільні додатки або програмовані контролери. Інтеграція з IoT, датчиками вологості та погодними прогнозами і економія часу завдяки повній автоматизації.

Технологічні основи інтелектуальних систем зрошення

Інтелектуальна система поливу інтегрує різноманітні датчики, такі як датчики вологості ґрунту, температури, опадів тощо. Ці сенсори збирають важливу інформацію про стан ґрунту і навколишнього середовища, що є рішенням для ухвалення щодо організації поливу.

Системи автоматичного поливу складаються з ряду різних компонентів, кожен з яких відіграє важливу роль у загальній системі, вони включають: розподільча система, впровадження IoT у системи розумного поливу, датчики, контролери та інші.



Розподільча система



Датчики



Впровадження IoT



Контролери

Використання технологій IoT в системі поливу



Технології IoT також можна використовувати для віддаленого моніторингу та керування зрошувальними системами. Це можна зробити за допомогою смартфона, планшета або комп'ютера. Це дозволяє фермерам керувати своїми зрошувальними системами з будь-якої точки світу. А також використовувати для збору даних про врожайність.

Алгоритми використання даних, які збираються датчиками

За допомогою яких можна визначити оптимальну кількість води для поливу рослин залежно від погодних умов. Одним із поширених підходів є використання системи на основі правил. Це передбачає створення набору правил, які визначають, скільки води поливати рослини залежно від погодних умов і типів ґрунту.

Розробка інтелектуальної системи автоматизованого поливу з використанням IoT та мобільних додатків

У розробці системи поливу застосовувалися наступні пристрої:



Мікроконтролер NodeMcu v3 з WiFi чіпом ESP8266



Водяна помпа (насос)



Модуль реле



Контролер заряду



Датчик вологості ґрунту Capacitive Soil Moisture



Датчики температури DHT22



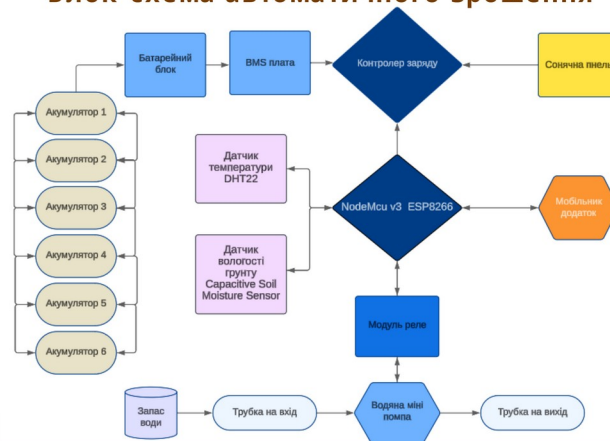
Сонячна панель



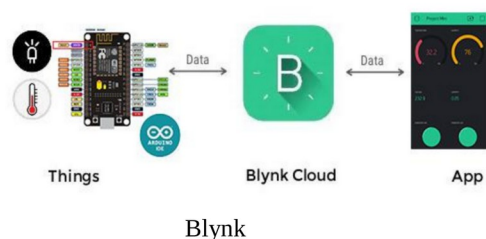
Батареї 18650

Наша система автоматизованого поливу використовується NodeMCU v3 з Wi-Fi модулем ESP8266 для моніторингу вологості ґрунту та дистанційного управління поливом. Вона працює на основі сонячної панелі, що забезпечує автономне живлення через контролер заряду та акумуляторний блок з батареями 18650, захищений BMS контролером. Датчики DHT22 вимірюють температуру і вологість повітря, а датчик вологості ґрунту передає дані на NodeMCU для управління помпою. Модуль реле вмикає або вимикає помпу, подаючи воду відповідно до рівня вологості. Користувач може контролювати систему через мобільний додаток, налаштовувати графіки поливу та отримувати сповіщення.

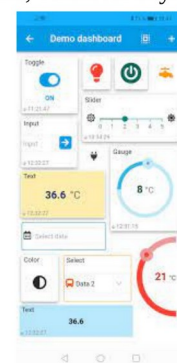
Блок-схема автоматичного зрошення



MQTT є простим та надійним протоколом для IoT-проектів, забезпечуючи стабільний обмін даними в реальному часі. Завдяки масштабованості, можна легко додавати нові пристрої, а використання мінімальних ресурсів робить проект доступним. Для управління обрано мобільний додаток MQTT Dash, який дозволяє змінювати поріг вологості, контролювати насос і переглядати дані датчиків. Це простий інтерфейс, ідеальний для тестування IoT-систем, на відміну від альтернатив, таких як Blynk і Home Assistant, що потребують складнішого налаштування.



Home Assistant



MQTT Dash

Висновок

Система є автономною завдяки сонячній панелі, достатньої потужності для підтримки роботи на площі до 10 м². Для більшої площі потрібно більше датчиків, потужніша помпа і сонячна панель. Електрична енергія зберігається в акумуляторному блоці з шести батарей 18650, заряджається через контролер з вбудованим стабілізатором напруги. Плата контролю ініціює полив на основі моніторингу та заданих параметрів. Система працює на 12 В, споживає 1500 мА в активному режимі(26.9 годин) і 50 мА в режимі сну(13.9 днів). Сонячна панель виробляє 180W на день(6 годин), що забезпечує достатньо енергії для роботи. Програма аналізує дані датчиків і запускає полив при необхідності. Система економічна, зручна для фермерів і може бути розширена для додаткових мікрокліматичних параметрів.

За допомогою системи поливу можна забезпечувати оптимальні умови для вирощування рослин, через навколишнє середовище, що швидко змінюється.

Тези

Постановка задачі

Сучасні системи поливу часто характеризуються значними втратами води через недостатньо точне управління, нерівномірність розподілу вологи або недосконалість ручного контролю. З огляду на зростаючу потребу у збереженні природних ресурсів, постає завдання створення інтелектуальної системи, яка могла б оптимально управляти процесом поливу залежно від поточних умов та потреб рослин.

Результати дослідження

Створення інтелектуальної системи поливу на основі Інтернету речей (IoT) передбачає інтеграцію сенсорних пристроїв для вимірювання вологості ґрунту, температури, рівня освітленості та інших параметрів. Система дозволяє автоматично налаштовувати інтенсивність поливу в залежності від змін цих параметрів. Запропонована система дозволяє ефективно автоматизувати процес поливу, знижуючи споживання водних ресурсів та енергії, покращуючи догляд за рослинами, а також забезпечує користувачам зручний інструмент для моніторингу та управління через мобільний додаток.

Мета дослідження

Мета дослідження інтелектуальної системи автоматизованого поливу на основі IoT-технологій з використанням мобільних додатків полягає у створенні ефективного, зручного та економічного рішення для управління поливом рослин у різних умовах. В умовах глобальних змін клімату та зростаючої потреби в ефективному використанні водних ресурсів дане дослідження прагне оптимізувати процес поливу завдяки впровадженню сучасних технологій. Це дозволяє здійснювати моніторинг стану рослин у реальному часі та автоматизувати систему поливу, адаптуючи її до конкретних вимог кожної культури. Основною метою проєкту є розробка інтелектуальної системи автоматизованого поливу, що базується на IoT-технологіях та використовує мобільний додаток як засіб управління та моніторингу.

Висновки та перспективи

Така система забезпечує можливість моніторингу вологості ґрунту, погодних умов та потреб рослин у реальному часі, що дозволяє ефективно регулювати процеси поливу. Завдяки інтеграції з мобільними додатками, користувачам забезпечується зручний доступ до даних та можливість управління системою з будь-якої точки світу. В майбутньому інтелектуальні системи поливу можуть бути покращені за допомогою ШІ для прогнозування потреб рослин, адаптації до різних погодних умов та змін у властивостях ґрунту. Це дозволить системі поливу ставати ще більш адаптивною і точнішою в управлінні водними ресурсами.