

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

Ігор ЧИЧУРА

«___» _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної магістерської роботи

на тему:

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ
ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ**

Виконав:

Дмитро Овчаренко
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Керівник:

доцент Володимир Цигика
(вчене звання, ім'я та прізвище)

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної магістерської роботи: 69 сторінок, 26 рисунків, 18 джерел посилань.

КЛІМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, КЕРУВАННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ПЛАТФОРМА, ХМАРНИЙ СЕРВІС, ARDUINO

Об'єкт дослідження – автоматизована система кліматичного контролю житлових приміщень на сучасній елементній базі з використанням платформ автоматизації та хмарних сервісів.

Мета роботи - проектування ефективної та гнучкої системи автоматизації мікроклімату в житлових приміщеннях на основі відкритих платформ, протоколів, електрично та конструктивно закінчених модулів.

Методи дослідження - аналіз принципів побудови систем кліматичного контролю та підходів до автоматизації процесів вимірювання, синтез структури та електричних схем системи; розробка конструкторських і інформаційних документів на систему автоматизованого керування давачами та виконуючими приладами.

Проведено вибір платформ автоматизації та протоколів передачі даних в автоматизованих розподілених системах кліматичного контролю розумного будинку. Розроблено структурну схему системи, функціональну та електричну схеми підсистеми керування опаленням житлових приміщень. Створено алгоритми роботи підсистеми та програмне забезпечення мікроконтролерного модуля для моніторингу і керування мікрокліматом приміщення.

Результати роботи можуть бути використані в навчальних цілях та для подальшого вдосконалення системи з додаванням функцій адаптивного керування мікрокліматом, оптимізації енергоспоживання системи, керування автономним живленням.

ABSTRACT

The master's thesis contains: 69 pages, 26 figures, 18 reference sources.

CLIMATE CONTROL, AUTOMATION, MANAGEMENT, TEMPERATURE, PLATFORM, CLOUD SERVICE, ARDUINO

Object of the study – automated climate control system for residential spaces based on modern componentry, using automation platforms and cloud services.

Objective of the work – design of an efficient and flexible microclimate automation system for residential premises, utilizing open platforms, protocols, and electrically and structurally complete modules.

Methods of research – analysis of principles for building climate control systems and approaches to process automation; synthesis of the structure and electrical diagrams of the system; development of design and informational documentation for the automated control system for sensors and actuators.

The choice of automation platforms and data transfer protocols for automated distributed climate control systems in smart homes has been conducted. The structural, functional, and electrical diagrams of the control subsystem for residential heating have been developed. Algorithms for subsystem operation and software for the microcontroller module for monitoring and managing the indoor microclimate have been created.

The results of this work can be used for educational purposes and for further improvement of the system by adding functions for adaptive microclimate control, optimizing system energy consumption, and managing autonomous power supply.

Ужгородський національний університет

Інженерно-технічний факультет

Кафедра приладобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень "Магістр"

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.ф.-м.н., доц. Ігор ЧИЧУРА

"__" _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Овчаренку Дмитру Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Автоматизована система кліматичного контролю житлових приміщень»

та керівник роботи Цигика Володимир Васильович, к.ф.-м.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені Розпорядженням № ____ по ІТФ від " __ " _____ 2024 року.

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: "10" грудня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: об'єктом розробки є автоматизована система кліматичного контролю житлових приміщень.

Умови експлуатації пристрою:

- температура навколишнього середовища від + 10°C до +45 °C;
- атмосферний тиск від 720 до 780 мм.рт.ст.;
- відносна вологість повітря до 85 %;
- тип електроживлення – встановлюється у процесі проектування;
- габарити і маса – мінімальні.

Характеристики пристрою:

- ввід початкових параметрів – напівавтоматичний при інсталяції пристрою;
- режим контролю - неперервний;
- контрольовані параметри: температура, вологість, концентрація вуглекислого газу, концентрація угарного газу, концентрація метану;
- формат вихідних керуючих сигналів – цифрові виходи, пакети керування та даних безпроводних персональних мереж;
- відображення режимів роботи пристрою – вивід на комп'ютер та екран персональних мобільних пристроїв;
- безперебійний та енергозберігаючий тип електричного живлення.

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

Аналіз проблем контролю мікроклімату житлових приміщень. Огляд сучасних автоматизованих систем кліматичного контролю. Розробка структурної, функціональної та принципової схем. Розробка блок-схеми та програми кліматичного контролю приміщень. Моделювання процесу функціонування системи контролю.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- структурна схема системи (1 аркуш А3);
- функціональна схема пристрою (1 аркуш А3);
- принципова схема керуючого пристрою (1 аркуш А3);
- блок-схема алгоритму роботи керуючого пристрою (1 аркуш А3).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Алгоритми роботи контролера	Ігор ЧИЧУРА, доцент кафедри		

7. Дата видачі завдання: 16 вересня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз принципів побудови систем кліматичного контролю	27.10.2024	
2	Огляд існуючих систем кліматичного контролю житлових приміщень.	13.11.2024	
3	Розробка та опис структурної схеми.	15.11.2024	
4	Обґрунтування вибору апаратного забезпечення	22.11.2024	
5	Розробка схем та алгоритмів системи.	25.11.2024	
6	Написання пояснювальної записки.	29.11.2024	
7	Оформлення роботи та креслень.	04.12.2024	

Студент

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Гарант ОП «Магістр»

(підпис)

(ініціали та прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	9
2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	13
3 САНІТАРНІ НОРМИ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	20
4 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ	22
4.1 Вибір протоколів передачі даних в системі	22
4.2 Вибір платформи керування пристроями	28
4.3 Вибір хмарного сервісу дистанційного контролю та керування пристроями	31
4.4 Опис структурної схеми	33
5 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ	36
6 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	49
7 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ	54
7.1 Розробка алгоритму роботи підсистеми керування мікрокліматом	54
7.2 Налаштування середовища для розробки програмного забезпечення	58
7.3 Розробка програмного забезпечення для Arduino	61

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ			
		Прізвище ім'я	Підпис	Дата				
Розробив	Овчаренко Д.В.				Автоматизована система кліматичного контролю житлових приміщень Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Цигика В.В.					у	6	68
Г. контроль						ІТФ, кафедра ПБ, 2 курс магістри денна форма		
Н. контроль								
Затвердив	Чичура І. І.							

ВИСНОВКИ..... 65

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ..... 67

ДОДАТКИ..... 69

ВСТУП

Сучасні технології стають важливою складовою для підвищення зручності та ефективності в нашому повсякденному житті, зокрема в облаштуванні житлових приміщень. У цьому контексті автоматизовані системи кліматичного контролю виступають як інноваційне рішення для керування середовищем у будинках, дозволяючи забезпечувати комфорт і оптимальне використання ресурсів.

Автоматизована система кліматичного контролю поєднує у собі передові технології моніторингу, керування та зв'язку. Використовуючи датчики для вимірювання параметрів повітря, таких як температура, вологість, атмосферний тиск, швидкість повітря, концентрація вуглекислого газу в повітрі та інших забруднювачів і небезпечних для людини газів, система здатна аналізувати отримані дані та коригувати роботу відповідно до заданих умов. Вона також надає можливість дистанційного керування через мобільні додатки, що робить її зручною та адаптивною до потреб користувача. Інтеграція з хмарними платформами відкриває додаткові можливості для аналізу, зберігання даних та реалізації більш складних алгоритмів керування.

Серед основних переваг таких систем можна виділити зниження енергоспоживання, покращення якості життя мешканців, підвищення рівня безпеки та зменшення екологічного сліду.

Метою роботи є вивчення особливостей функціонування автоматизованих систем кліматичного контролю для житлових приміщень та розробка рішення, яке дозволить не лише налаштовувати мікроклімат приміщення але і здійснювати дистанційний контроль та керування підсистемами кліматичного контролю.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Системи кліматичного контролю житлових приміщень відіграють важливу роль у створенні комфортного та безпечного середовища для життя. Вони забезпечують підтримку оптимальних параметрів температури, вологості, якості повітря та рівня вуглекислого газу (CO₂). Це особливо важливо в умовах підвищення енергоефективності будівель та впровадження сучасних технологій автоматизації.

У даній роботі проаналізовано основні принципи побудови систем кліматичного контролю, їх ключові компоненти та технології, що застосовуються для автоматизації та оптимізації функціонування.

Основні принципи побудови систем кліматичного контролю:

Системи кліматичного контролю будуються на основі інтеграції трьох основних складових:

1. Сенсорні модулі (вимірювальні пристрої):
 - Сенсори температури для моніторингу теплових параметрів у приміщенні.
 - Сенсори вологості для підтримки комфортного рівня відносної вологості (40-60%).
 - Сенсори CO₂ для контролю якості повітря.
 - Інші датчики (наприклад, детектори летких органічних сполук, пилу, шуму).
2. Виконавчі пристрої:
 - Системи опалення (радіатори, теплі підлоги).
 - Кондиціонери для охолодження та обігріву.
 - Вентиляційні установки (приточно-витяжні системи).
 - Зволожувачі або осушувачі повітря для регулювання вологості.
3. Контролери та алгоритми керування:

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- Контролери обробляють дані з сенсорів і надсилають команди виконавчим пристроям.
- Програмне забезпечення використовує алгоритми для адаптивного налаштування параметрів залежно від часу доби, пори року, кількості людей у приміщенні тощо.

Архітектура систем кліматичного контролю:

Сучасні системи кліматичного контролю можуть бути централізованими або децентралізованими:

1. Централізовані системи:

- Управління всіма параметрами здійснюється з одного центру (наприклад, через сервер або головний контролер).
- Ефективно для великих приміщень або багатоквартирних будинків.
- Переваги: легке адміністрування, масштабованість.
- Недоліки: висока залежність від центрального елемента, складність модернізації.

2. Децентралізовані системи:

- Кожен модуль працює автономно або взаємодіє з іншими через бездротові технології (Bluetooth, Wi-Fi, Zigbee).
- Підходить для індивідуальних будинків.
- Переваги: гнучкість, можливість поступового розширення.
- Недоліки: складність синхронізації між модулями.

Використання автоматизації та IoT:

Інтернет речей (IoT) значно розширив можливості систем кліматичного контролю:

1. Розумні сенсори:

- Інтелектуальні пристрої здатні аналізувати зміни середовища та адаптуватися до них у режимі реального часу.

2. Хмарні технології:

- Дані з сенсорів передаються на сервери для аналізу та довгострокового зберігання.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- Забезпечують доступ до системи через мобільні додатки або веб-інтерфейси.

3. Машинне навчання:

- Використовується для прогнозування поведінки системи (наприклад, зміни температури залежно від погодних умов або звичок мешканців).

Енергоефективність та сталий розвиток:

Автоматизовані системи кліматичного контролю сприяють зменшенню споживання енергії завдяки:

- Використанню відновлюваних джерел енергії (сонячні панелі, теплові насоси).
- Оптимізації роботи обладнання (мінімізація зайвого нагрівання або охолодження).

Нормативна база:

Системи кліматичного контролю необхідно проектувати відповідно до гігієнічних норм та стандартів, серед яких:

- ДСанПіН: визначає параметри мікроклімату (температура, вологість, рівень вентиляції).
- Міжнародні стандарти: ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), ISO 7730.

Системи кліматичного контролю для житлових приміщень є важливим елементом сучасного побуту. Їх розробка базується на інтеграції сенсорів, виконавчих пристроїв та інтелектуальних алгоритмів, що забезпечують комфортні умови проживання, енергоефективність та екологічну безпеку. Подальший розвиток технологій автоматизації та використання IoT відкривають нові горизонти для підвищення функціональності та зниження витрат енергії. Успішне впровадження таких систем залежить від дотримання стандартів і врахування потреб користувачів. Крім того, розвиток нових матеріалів і технологій, таких як фотокаталітичні покриття та розумні вікна, дозволяє додатково оптимізувати мікроклімат в приміщенні. Наприклад,

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

розумні вікна автоматично регулюють прозорість залежно від рівня освітленості та температури, що знижує потребу у використанні систем охолодження. Фотокаталітичні покриття можуть активно очищувати повітря, розщеплюючи шкідливі речовини на нешкідливі компоненти під впливом світла. Також перспективним напрямком є використання низькотемпературного опалення у поєднанні з тепловими насосами, яке забезпечує високий рівень енергоефективності та комфорту. Застосування великих даних (Big Data) дозволяє системам кліматичного контролю адаптуватися до поведінки користувачів, прогнозуючи їхні потреби та оптимізуючи витрати ресурсів. Розробка інтерфейсів, орієнтованих на користувача, також відіграє важливу роль: системи стають простішими у використанні, забезпечуючи доступність широкому колу споживачів. Впровадження розумного керування мікрокліматом не лише підвищує якість життя, але й сприяє загальному зменшенню негативного впливу на довкілля. В умовах кліматичних змін і зростання урбанізації такі системи стають невід'ємною частиною сталого розвитку суспільства. З огляду на це, подальше дослідження та вдосконалення автоматизованих систем кліматичного контролю є перспективним напрямом для інженерів, дизайнерів та екологів, що працюють над створенням інноваційних рішень для майбутнього.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Розглянемо існуючі систем кліматичного контролю корпорації Honeywell. Серед її напрямків — автоматизація, електроніка, енергетика та системи комфорту. Компанія відома своїми інноваціями у сфері інтелектуальних систем керування будинком, зокрема кліматичним контролем.

Honeywell широко впроваджує розумні рішення для управління кліматом, поєднуючи простоту використання з передовими технологіями. Їхні пристрої допомагають покращити комфорт у приміщеннях, оптимізувати енергоспоживання та зменшити екологічний вплив.

Прилади Honeywell для кліматичного контролю:

Основні категорії пристроїв:

1. Розумні термостати: Призначені для автоматичного керування температурою та енергоефективності.



Рисунок 2.1 – Термостат Honeywell Lyric Round Wi-Fi Thermostat 2nd Generation

2. Давачі температури та вологості: Використовуються для точного контролю мікроклімату в приміщенні.



Рисунок 2.2 – Давач вологості Honeywell HIH-4000-001

3. Очищувачі та зволожувачі повітря: Для покращення якості повітря.



Рисунок 2.3 – Очищувач повітря Honeywell HPA 830 WE4

4. Системи вентиляції: Для підтримки циркуляції свіжого повітря у приміщенні.



Рисунок 2.4 – Вентилятор HONEYWELL HYF260E4

Honeywell Home T9 Smart Thermostat — це розумний термостат нового покоління, розроблений для забезпечення комфорту та енергоефективності у домашніх умовах. Завдяки інноваційним функціям і можливості інтеграції з іншими пристроями розумного будинку, T9 забезпечує просте управління температурою та підтримку оптимальних умов у приміщенні.



Рисунок 2.5 – Honeywell Home T9 Smart Thermostat

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Основні характеристики:

- Розміри: 10 см x 10 см x 2.5 см.
- Дисплей: Сенсорний кольоровий дисплей діагоналлю 10.9 см.
- Матеріал корпусу: пластик.
- Живлення: 24 В.
- Енергоспоживання: менше 2 Вт у режимі очікування.
- Інтерфейси зв'язку:
 - Wi-Fi (802.11 b/g/n, 2.4 ГГц).
 - Bluetooth Low Energy (BLE) для локального керування.
- Сумісність: підходить для більшості систем опалення, вентиляції та кондиціонування, зокрема теплових насосів і газових систем.

Функціональні можливості:

- Зональний контроль: підтримка до 20 додаткових датчиків температури, що дозволяє створювати різні температурні зони у будинку.
- Інтелектуальне навчання: термостат вивчає звички користувача і автоматично налаштовує температуру для оптимального комфорту та економії енергії.
- Геолокація: автоматичне перемикавання між активним і економічним режимами залежно від того, чи знаходяться мешканці вдома.
- Сенсор Farsight: активується, коли хтось наближається до пристрою, і показує інформацію про поточну температуру, погоду або час.
- Віддалене керування: можливість управління через мобільний додаток Honeywell Home, який дозволяє змінювати налаштування, переглядати історію температури та отримувати сповіщення.
- Інтеграція з розумним будинком: підтримка Alexa, Google Assistant і Apple HomeKit для голосового керування та інтеграції з іншими пристроями.
- Режим Eco: підвищена енергоефективність, коли будинок порожній, для економії енергії.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Давачі:

- Температури: вбудовані давачі для точного вимірювання температури в приміщенні.
- Вологості: давачі для вимірювання рівня вологості, що дозволяє оптимізувати мікроклімат.
- Руху: сенсори для визначення присутності осіб у приміщенні.
- Зовнішній давач (додатковий): Може бути підключений для моніторингу температури та вологості в інших частинах будинку.

Пристрої фірми Tado:

Tado Smart AC Control V3+ — це розумний пристрій, призначений для керування кондиціонерами за допомогою інфрачервоного (IR) зв'язку.

Він дозволяє зробити будь-який кондиціонер частиною екосистеми розумного дому, забезпечуючи комфорт, економію енергії та зручність управління.

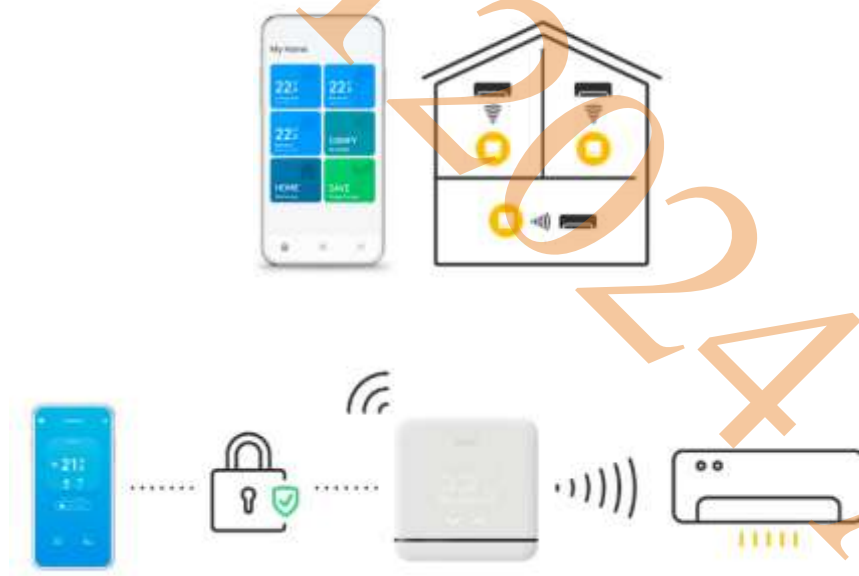


Рисунок 2.6 – Smart AC Control V3+

Smart AC Control V3+ замінює стандартний пульт дистанційного керування кондиціонером, надаючи можливість керувати пристроєм через додаток, голосові команди або автоматично, використовуючи функції

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

геолокації та розумного розкладу. Ідеально підходить для будь-якого кондиціонера, що підтримує управління через інфрачервоний пульт дистанційного керування.

Характеристики:

– Розміри: 100 x 100 x 15 мм.

Вага: 70 г.

– Матеріал корпусу: Матовий білий пластик.

– Індикатори: Сенсорний LED-дисплей.

– Живлення: Кабель USB-C (5 В, 1 А).

– Зв'язок:

- Wi-Fi 802.11 b/g/n (2.4 ГГц).

- Інфрачервоний передавач радіус дії до 6 м.

– Сумісність:

- підтримує всі кондиціонери, які працюють на інфрачервоному пульті.

- інтеграція з системами розумного будинку: Google Assistant, Amazon Alexa, Apple HomeKit, IFTTT.

– Діапазон робочих температур: від 0°C до +50°C.

– Вологість: до 95% без конденсації.

Функціональні можливості:

1. Інтелектуальне управління:

– Керує кондиціонером через мобільний додаток Tado для Android та iOS.

– Підтримує налаштування охолодження, нагріву, вентиляції та автоматичного режиму.

2. Функція геолокації:

– Використовує дані про місцезнаходження смартфонів мешканців для автоматичного вмикання або вимикання кондиціонера.

– Знижує витрати на енергію, вимикаючи пристрої, коли нікого немає вдома.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3. Розумний розклад:

- Дозволяє створювати точні графіки роботи кондиціонера, адаптовані до часу доби або потреб користувача.

4. Моніторинг повітря:

- Інтеграція із зовнішніми сервісами для відображення якості повітря та погодних умов у реальному часі.

5. Енергозбереження:

- Аналізує використання пристрою та надає рекомендації для оптимізації енергоспоживання.

6. Голосове керування:

- Підтримує голосові команди через Alexa, Google Assistant та Siri.

7. Історія використання:

- Можливість перегляду звітів про роботу кондиціонера, енергоспоживання та вплив використання.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3 САНІТАРНІ НОРМИ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Санітарні норми, що регулюють комфортний мікроклімат у житлових приміщеннях України, встановлюються на основі Державних санітарних норм та правил (ДСанПіН). Ці нормативи створені для забезпечення здорового середовища проживання, яке не лише відповідає сучасним стандартам комфорту, а й мінімізує ризики для здоров'я мешканців. Системи кліматичного контролю, такі як вентиляція, кондиціонування та опалення, мають функціонувати відповідно до цих норм.

Основні параметри мікроклімату житлових приміщень:

1. Температура повітря:

- В холодний період року:
 - Житлові кімнати: $+18-22^{\circ}\text{C}$.
 - Кухні: $+16-20^{\circ}\text{C}$.
 - Ванні кімнати: $+25^{\circ}\text{C}$.
- В теплий період року:
 - Житлові приміщення: до $+24-28^{\circ}\text{C}$ (з урахуванням вентиляції).

2. Відносна вологість повітря:

- Норма: 40–60%.
- Допустимий діапазон: 30–70% (за короткочасного перевищення).
Вологість впливає на комфорт і здоров'я мешканців, а також на збереження меблів і будівельних матеріалів.

3. Швидкість руху повітря:

- У холодний період: 0,15–0,2 м/с.
- У теплий період: 0,2–0,5 м/с.

Занадто сильні повітряні потоки можуть спричинити дискомфорт або переохолодження, тоді як відсутність руху повітря може викликати застійні явища.

4. Якість повітря:

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- Концентрація вуглекислого газу (CO₂): не більше 1000 ppm.
- Допустима концентрація пилу, алергенів та інших домішок повинна відповідати Державним санітарним правилам та нормам (ДСанПіН).

Рекомендації для проектування систем кліматичного контролю

1. Зонування температури:

- У багатокімнатних квартирах або будинках рекомендується застосовувати роздільне керування температурою в кожному приміщенні для економії енергії та покращення комфорту.

2. Моніторинг параметрів мікроклімату:

- Встановлення датчиків температури, вологості та якості повітря дозволяє оперативно реагувати на зміни умов у приміщенні.

3. Регулярне обслуговування:

- Системи вентиляції та кондиціонування повинні регулярно очищатися від пилу, грибків і бактерій, щоб уникнути їхнього негативного впливу на здоров'я.

4. Сумісність із розумними системами:

- Використання інтегрованих систем управління кліматом (наприклад, Google Nest, Tado°, Honeywell) забезпечує автоматизацію роботи системи відповідно до санітарних норм.

Дотримання санітарних норм забезпечує комфортне середовище проживання, знижує ризик захворювань, пов'язаних із якістю повітря, і сприяє раціональному використанню енергії.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

4 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ

4.1 Вибір протоколів передачі даних в системі

Протоколи передачі даних — це набір правил, стандартів і процедур, які визначають, як інформація передається, обробляється, кодується та декодується між різними пристроями в мережі. Вони забезпечують ефективний, надійний і безпечний обмін даними, незалежно від фізичного середовища передачі (кабельне чи бездротове).

Протоколи класифікують за рівнями мережевої моделі Open Systems Interconnection, яка описує процес передачі даних, на наступні:

1. Фізичний рівень (кабельна чи бездротова передача):

Протоколи, які визначають електричні, механічні та фізичні аспекти передачі даних. Наприклад: Ethernet (дротовий), Wi-Fi (бездротовий).

2. Канальний рівень (формування кадрів):

Відповідає за передачу кадрів даних між пристроями в межах однієї мережі. Наприклад: Bluetooth, Zigbee, Z-Wave.

3. Мережевий рівень (маршрутизація):

Забезпечує передачу даних між різними мережами. Наприклад: IP (Internet Protocol).

4. Транспортний рівень (надійність):

Відповідає за передачу даних без втрат і забезпечує повторну відправку в разі помилок. Наприклад: TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol).

5. Прикладний рівень (інтерфейс користувача):

Взаємодія між програмами, які передають дані. Наприклад: HTTP (для веб-браузерів), MQTT (для IoT).

Набільш широко вживаним протоколом каналного рівня в системах кліматичного контролю є Zigbee. Zigbee — це мережевий стандарт бездротової передачі даних, розроблений для пристроїв із низьким енергоспоживанням у мережах із низькою швидкістю передачі даних, таких як системи автоматизації будинку, розумні давачі, освітлення та кліматичний контроль. Zigbee працює на базі протоколу IEEE 802.15.4 і орієнтований на прості пристрої, які обмінюються невеликими обсягами даних.



Рисунок 4.1 – Zigbee

Мережа Zigbee базується на наступних ключових елементах:

Шлюз (Gateway) – це пристрій, який забезпечує зв'язок між мережею Zigbee і зовнішніми системами, такими як інтернет або локальна мережа Wi-Fi. Це дозволяє керувати пристроями Zigbee через мобільні додатки або хмарні сервіси.

Координатор (Coordinator) – центральний елемент мережі Zigbee, який створює і підтримує мережу, забезпечує маршрутизацію даних між пристроями, розподіляє адреси і управляє мережею. В мережі Zigbee може бути лише один координатор.

Маршрутизатор (Router) - розподіляє адреси і управляє мережею. Передає дані від інших пристроїв, розширюючи покриття мережі (створює mesh-мережу).

Кінцевий пристрій (End Device) – пристрій, який підключається до мережі Zigbee для збору даних або виконання команд та не бере участі в маршрутизації даних. Він виконує конкретну функцію, наприклад, вимірювання температури, контроль освітлення, керування приводами, та інше. Підключається до координатора або маршрутизатора. Має найменше енергоспоживання, зазвичай живиться від батареї.

Основні переваги Zigbee :

Низьке енергоспоживання:

Завдяки оптимізованому протоколу, пристрої Zigbee можуть працювати на батареї до кількох років.

Mesh-мережа:

Zigbee підтримує топологію mesh, де кожен маршрутизатор або координатор може передавати дані іншим пристроям. Це дозволяє збільшувати дальність і забезпечувати надійність зв'язку.

Широка підтримка пристроїв:

Багато виробників використовують Zigbee у своїх пристроях (Philips Hue, Xiaomi, IKEA Tradfri тощо), що робить його універсальним рішенням.

Робота в неліцензованому частотному діапазоні:

Zigbee працює на частотах 2,4 ГГц , що не потребує спеціальних дозволів.

Економічність:

Zigbee-чіпи дешевші у виробництві порівняно з Wi-Fi, що знижує загальну вартість пристроїв.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Найбільш широко вживаним протоколом прикладного рівня в системах передачі даних для об'єднання різних платформ в єдину систему є MQTT. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) — це протокол передачі даних, який широко використовується в системах IoT. MQTT призначений для передачі невеликих обсягів даних між пристроями через мережу з мінімальним використанням ресурсів.

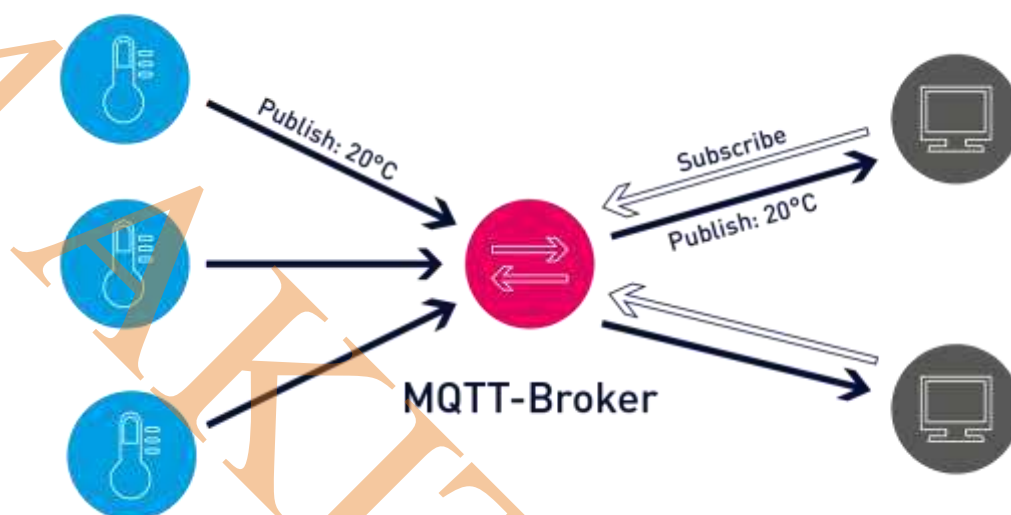


Рисунок 4.2 – MQTT

Основні характеристики MQTT

1. Тип протоколу:

Легкий, відкритий, стандартний протокол обміну повідомленнями, заснований на моделі "публікація-підписка" (publish-subscribe).

Працює поверх TCP/IP, забезпечуючи надійне з'єднання.

2. Призначення:

Використовується для пристроїв з низькою потужністю або для мереж з обмеженою пропускнуою здатністю та в автоматизації будинку, системах розумного міста, промислових додатках і телеметрії.

3. Модель роботи:

MQTT працює за схемою "клієнт-сервер", де:

Брокер (сервер) — центральний вузол, який приймає повідомлення від видавців і передає їх підписникам.

Клієнти — пристрої, які підключаються до брокера. Вони можуть або публікувати повідомлення в певні теми, або підписуватися на них, щоб отримувати дані.

MQTT має наступні переваги:

Легкість:

Споживає мало ресурсів, підходить для пристроїв з низькою потужністю.

Надійність:

Підтримка різних рівнів якості обслуговування (QoS):

- QoS 0: Доставка "один раз, без підтвердження".
- QoS 1: Доставка "щонайменше один раз".
- QoS 2: Доставка "тільки один раз".

Мінімальний трафік:

Оптимізований для роботи в мережах з обмеженою пропускнуою здатністю.

Відкритість:

MQTT — це відкритий стандарт, що забезпечує велику кількість реалізацій і підтримку.

Наступним протоколом канального рівня з широким використанням для локальних мереж є Wi-Fi.

Wi-Fi — це технологія бездротової передачі даних, заснована на стандартах IEEE 802.11. Вона використовується для створення локальних мереж (LAN) і забезпечує високошвидкісний обмін інформацією між пристроями в межах покриття мережі.

Основні характеристики Wi-Fi:

Тип протоколу: Бездротовий протокол, який працює у діапазонах частот 2,4 ГГц, 5 ГГц.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Призначення: Використовується для підключення пристроїв до інтернету або для створення локальних мереж без фізичних дротів. Швидкість передачі даних: залежить від стандарту і може бути від 11 Мбіт/с (802.11a) до 1 Гбіт/с (802.11ac). Дальність дії: у межах 30-50 м у приміщенні та до 100 м на відкритій місцевості. Wi-Fi мережі підтримують наступну інфраструктуру: Точка доступу (Access Point, AP): Забезпечує центральний вузол для обміну даними між пристроями. Може бути окремим пристроєм або вбудованим у роутер. Клієнтські пристрої: Будь-який пристрій із вбудованим Wi-Fi модулем (смартфони, ноутбуки, давачі IoT). Шлюз: Пристрій, який з'єднує локальну Wi-Fi мережу з інтернетом. Зазвичай це Wi-Fi роутер.

Переваги Wi-Fi: Висока швидкість: Можливість передавати великі обсяги даних. Широка доступність: Wi-Fi є стандартною технологією в більшості сучасних пристроїв. Зручність: Відсутність фізичних з'єднань робить мережу мобільною і простою у використанні. Сумісність: Підтримка різних типів пристроїв без додаткового обладнання.

Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee та MQTT є основними протоколами, які використовуються для передачі даних у системах автоматизації, розумних будинках та IoT. Кожен з них має свої особливості, переваги та недоліки, що робить їх придатними для різних сценаріїв. Wi-Fi забезпечує високу швидкість передачі даних і стабільне з'єднання, що робить його ідеальним для пристроїв, які потребують значного обміну інформацією, наприклад, камер відеоспостереження або стрімінгових пристроїв. Однак, він має високе енергоспоживання, що обмежує його застосування у пристроях з автономним живленням. Bluetooth, навпаки, спеціалізується на енергоефективності, особливо в його версії BLE (Bluetooth Low Energy), і забезпечує з'єднання на короткі дистанції. Цей протокол використовується в пристроях, що потребують швидкої передачі невеликих обсягів даних, таких як фітнес-браслети чи розумні замки. Zigbee, у свою чергу, пропонує низьке енергоспоживання і можливість створення багатовузлових mesh-мереж, де кожен пристрій може передавати дані через інші пристрої в мережі. Це робить

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

його ідеальним для розумного будинку, наприклад, для освітлення, термостатів і датчиків, які працюють тривалий час від батареї. Хоча Zigbee менш енергоефективний, ніж Bluetooth, його здатність створювати великі мережі з багатьма вузлами є ключовою перевагою. MQTT, у свою чергу, є протоколом обміну повідомленнями, що працює на основі моделі видавця-підписника. Він не залежить від типу фізичного з'єднання і може працювати поверх Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee або інших мереж. MQTT добре підходить для передачі даних у середовищах з обмеженими ресурсами, оскільки мінімізує навантаження на мережу, але для його роботи зазвичай потрібен центральний сервер (брокер).

MQTT доповнює ці протоколи, забезпечуючи ефективний обмін даними в системах IoT і можливість адаптації до різних фізичних мереж. Вибір між цими протоколами залежить від вимог до енергоефективності, радіусу дії, швидкості передачі даних та архітектури мережі.

4.2 Вибір платформи керування пристроями

Існує багато різних платформ керування пристроями як приватних, так і з відкритим кодом. Однією з платформ для автоматизації розумного будинку, яка використовується частіше, є Home Assistant. Вона є програмним забезпеченням із відкритим вихідним кодом, яке дозволяє інтегрувати і керувати різноманітними пристроями IoT через єдиний інтерфейс. Платформа розроблена з акцентом на приватність та локальну обробку даних, тобто більшість операцій виконується безпосередньо на пристрої, де встановлено Home Assistant, без необхідності постійного підключення до хмарних сервісів. Home Assistant працює як центральний вузол або хаб, який об'єднує всі розумні пристрої в будинку незалежно від виробника чи протоколу, який вони використовують. Платформа встановлюється на локальний сервер (найчастіше це Raspberry Pi, але можна використовувати інші пристрої, наприклад, сервери з Linux, Windows або навіть Docker-контейнери). Завдяки

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

модульній архітектурі Home Assistant підтримує тисячі інтеграцій через спеціальні компоненти, що дозволяє додавати нові пристрої та сервіси.

Користувачі налаштовують автоматизації, які виконують дії залежно від заданих умов. Наприклад, увімкнення освітлення при детекції руху, регулювання температури на основі часу доби або надсилання повідомлень про відкриття дверей.

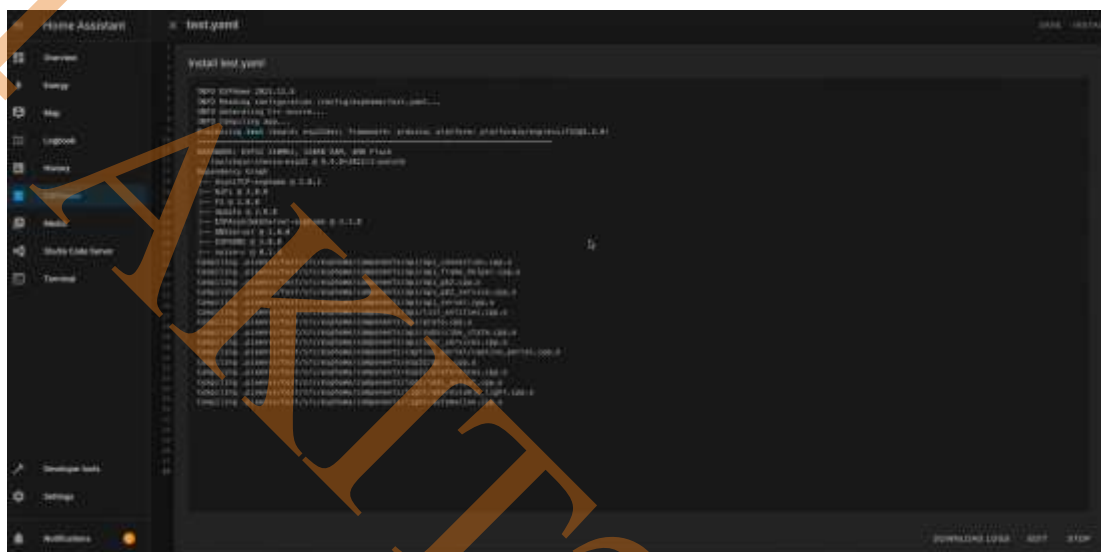


Рисунок 4.3 – Інтерфейс Home Assistant

Основні терміни Home Assistant:

1. Інтеграція (Integration):

Це модуль, який дозволяє підключити певний пристрій або сервіс до Home Assistant. Наприклад, інтеграції для Philips Hue, Zigbee2MQTT, MQTT, Bluetooth, Wi-Fi тощо.

2. Автоматизація (Automation):

Це правила, які визначають, що має відбутися, коли виконуються певні умови. В автоматизації використовуються три основні складові: тригери (Triggers), умови (Conditions) та дії (Actions).

3. Сцени (Scenes):

Дозволяють створювати попередньо налаштовані сценарії, які одночасно змінюють стан кількох пристроїв (наприклад, "Нічний

режим": вимкнення освітлення, закриття жалюзі та зниження температури).

4. Сутності (Entities):

У Home Assistant всі підключені пристрої, давачі чи служби представлені у вигляді "сутностей". Наприклад, лампа буде сутністю типу light, а давач температури — типу sensor.

5. Шлюз (Gateway):

Пристрій або програмне забезпечення, що дозволяє об'єднати пристрої, які використовують певний протокол, з Home Assistant. Наприклад, шлюз для Zigbee або Z-Wave.

6. Логіка автоматизації (Blueprints):

Це шаблони автоматизацій, які дозволяють користувачам швидко створювати автоматизації без необхідності писати їх з нуля.

Home Assistant підтримує роботу з усіма основними протоколами, включаючи Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth та MQTT. Кожний протокол виконує свою роль у загальній екосистемі Home Assistant:

Wi-Fi забезпечує швидкий і прямий доступ до пристроїв без необхідності додаткових шлюзів. Однак високе енергоспоживання

Wi-Fi-пристроїв обмежує їх використання у давачах або автономних пристроях.

Zigbee дозволяє створювати mesh-мережі з низьким енергоспоживанням, що робить його ідеальним для автоматизації будинку. Використовуючи шлюзи, такі як Zigbee2MQTT, ці пристрої інтегруються в Home Assistant.

Bluetooth використовується для підключення пристроїв, які знаходяться в безпосередній близькості. BLE добре підходить для пристроїв з обмеженим енергоспоживанням, таких як давачі температури або руху.

MQTT функціонує як універсальний протокол для обміну повідомленнями між пристроями. Це дозволяє легко інтегрувати DIY-пристрої чи сторонні платформи в екосистему Home Assistant.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Переваги Home Assistant:

Приватність і локальність: Всі дані обробляються локально, що знижує залежність від Інтернету та хмарних сервісів, підвищуючи безпеку.

Гнучкість: Завдяки інтеграціям Home Assistant підтримує широкий спектр пристроїв і сервісів.

Розширюваність: Використовуючи YAML-конфігурацію, користувачі можуть створювати власні сценарії, інтеграції та автоматизації.

Сумісність: Home Assistant підтримує всі основні протоколи та працює з популярними виробниками розумних пристроїв, такими як Philips, Xiaomi, Tado, Honeywell, Google Nest та інші.

Відкритий код: Завдяки відкритому вихідному коду Home Assistant має велику спільноту користувачів і розробників, які постійно розширюють його функціонал.

4.3 Вибір хмарного сервісу дистанційного контролю та керування пристроями

Існує багато різних мобільних додатків для налаштування дистанційного керування пристроями через інтернет мережу. Одним з найбільш відомих додатків, який використовується, як для промислового, корпоративного, так і приватного сектору, є Blynk. Blynk — це популярна хмарна платформа для Інтернету речей, яка дозволяє створювати та налаштовувати системи моніторингу та керування для різних пристроїв через мобільний додаток. Платформа надає можливість швидко та просто розробляти проекти IoT без необхідності глибоких знань програмування завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу.

Переваги Blynk

Простота використання:

Blynk має мобільний додаток для iOS та Android, який дозволяє

користувачам створювати інтерфейси управління за допомогою простого drag-and-drop редактора.

Широка сумісність:

Платформа підтримує різні мікроконтролери, зокрема ESP8266, ESP32, Arduino, Raspberry Pi та інші пристрої, що дозволяє створювати універсальні IoT-рішення.

Гнучкість у створенні інтерфейсів: Користувачі можуть створювати власні інтерфейси за допомогою віджетів, таких як кнопки, перемикачі, давачі, графіки та інші елементи, що полегшує інтеграцію даних та управління пристроями.

Підтримка кількох протоколів:

Blynk підтримує протоколи MQTT, HTTP, WebSocket, що забезпечує гнучкість у виборі способу з'єднання між пристроєм і платформою.

Можливість автоматизації:

Вбудовані функції автоматизації дозволяють створювати сценарії для керування пристроями, що робить систему більш інтерактивною та корисною у повсякденному житті.

Home Assistant має підтримку інтеграцій за допомогою протоколу MQTT, що є одним із основних протоколів, який використовується в Blynk. Після налаштування Blynk, необхідно підключити платформу до Home Assistant за допомогою додаткового налаштування MQTT-брокера. Home Assistant може отримувати дані від Blynk і надсилати команди на пристрої, що підключені до Blynk, використовуючи MQTT-брокер як канал передачі даних. Це забезпечує обмін інформацією між системами у реальному часі. Після налаштування інтеграції, користувачі можуть створювати сценарії та автоматизацію, що використовують дані з Blynk. Наприклад, можна налаштувати Home Assistant так, щоб в разі зміни стану певного датчика в Blynk автоматично включалася певна дія (увімкнення світла, запуск вентилятора тощо).

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Переваги поєднання Blynk з Home Assistant:

- Мобільний доступ: З інтеграцією Blynk в Home Assistant користувачі отримують зручний доступ до управління своїми пристроями через мобільний додаток, що додає мобільного комфорту до роботи системи.
- Розширена автоматизація: Можливість використовувати дані з Blynk для створення складних сценаріїв автоматизації в Home Assistant, які можуть реагувати на зміни у реальному часі.
- Гнучкість і кастомізація: Завдяки мобільному додатку Blynk можна створювати унікальні інтерфейси для управління пристроями, які доповнюють можливості Home Assistant.
- Підвищена безпека: Можливість налаштування приватного сервера Blynk додає додатковий рівень безпеки та контролю за даними.

4.4 Опис структурної схеми

На основі розглянутих технологій створено структурну схему автоматизованої системи кліматичного контролю житлових приміщень рис.4.4, робота якої полягає в наступному:

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

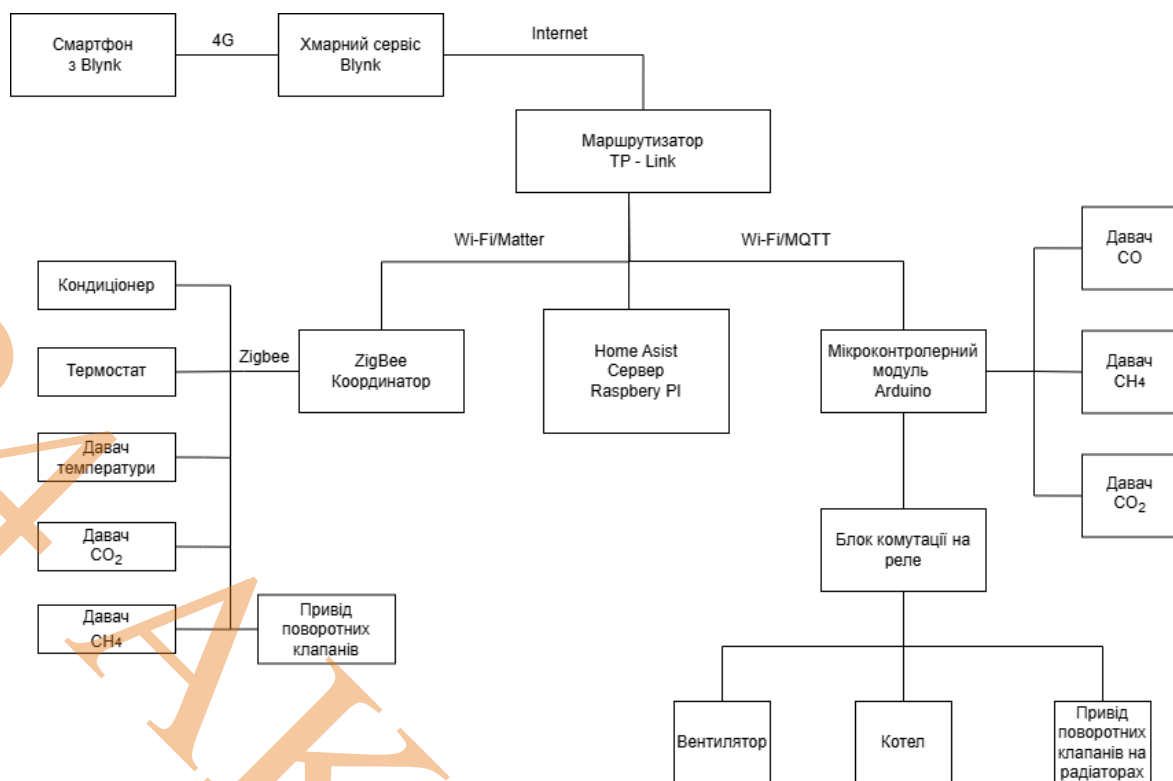


Рисунок 4.4 – Структурна схема

Представлена структура системи є розподіленою, яка об'єднує різноманітні пристрої та протоколи для забезпечення оптимального вибору елементів, налаштування та експлуатації. Основним вузлом системи є мінікомп'ютер Raspberry PI який працює на операційній системі Linux з встановленою платформою Home Assistant. В автоматизованій системі кліматичного контролю цей блок виконує функцію локального сервера який дає можливість об'єднання різних пристроїв від різних виробників, що побудовані на різних технологіях передачі даних з різними протоколами в єдину систему як по Wi-Fi так і по провідному Ethernet. До сервера через блок маршрутизатора на базі пристрою TP-Link через Wi-Fi підключаються блок ZigBee координатора який виконує також функцію шлюза і підключений по протоколу Matter. Також до Home Assistant підключений модуль Arduino з підключеними до нього датчиками CO, CH4, CO2, датчем температури, приводами поворотних клапанів для керування температурою батарей опалення в приміщенні 1. Мікроконтролерний модуль взаємодіє з датчиками та пристроями в приміщенні 2 через блок Home Assistant за допомогою

протоколу MQTT. Блок Arduino виконує основну функцію по керуванню температурою приміщень. Для можливості налаштування параметрів температури, вологи та відслідковування показів давачів дистанційно використовується блок хмарний сервіс Blynk. Він надає через мобільний застосунок інтерфейс перегляду показів давачів та керування пристроями за допомогою смартфона через мобільний 4G інтернет. Wi-Fi маршрутизатор підключається до блоку Blynk через Інтернет.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

5 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ

Для реалізації системи було обрано наступні компоненти.

Arduino Nano 33 IoT — мікроконтролерний модуль розробки у вигляді плати на основі мікросхеми SAMD21 Cortex-M0+, розроблений для інтеграції в IoT-системи та підтримки підключення до Інтернету через Wi-Fi та Bluetooth Low Energy (BLE). Плата є компактною і має розширені можливості завдяки вбудованому модулю u-blox NINA-W102, який забезпечує бездротовий зв'язок та інтеграцію з різними периферійними пристроями. В роботі вона керує підсистемою опалення.

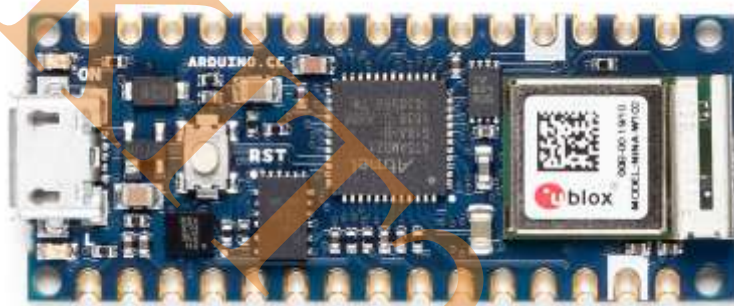


Рисунок 5.1 – Arduino Nano 33 IoT

Технічні характеристики Arduino Nano 33 IoT:

Мікроконтролер:

Модель: ATSAMD21G18A.

Архітектура: 32-розрядний ARM Cortex-M0+.

Частота: 48 МГц.

Пам'ять:

- Флеш-пам'ять: 256 КБ.
- Оперативна пам'ять (RAM): 32 КБ.

Безпроводні модулі:

Модуль Wi-Fi/Bluetooth: u-blox NINA-W102, забезпечує підтримку Wi-Fi (802.11 b/g/n) та Bluetooth 4.2 (BLE).

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Інтерфейси: Модуль взаємодіє з мікроконтролером через інтерфейс UART і використовується для передачі даних та комунікацій.

I/O інтерфейси:

Цифрові виводи: 22 цифрових вивода, із можливістю налаштування як вхідних/вихідних.

Аналогові входи: 8 аналогових входів (ADC) з роздільною здатністю 12 біт, максимальна величина вхідного сигналу 3.3 В.

PWM: 6 каналів, забезпечують широтно-імпульсну модуляцію для керування пристроями.

Інтерфейси зв'язку:

- UART: 1 порт, підтримка асинхронної передачі даних.
- I2C: 1 порт, підтримка стандартів 100 кбіт/с та 400 кбіт/с.
- SPI: 1 порт, підтримка передачі даних до 8 Мбіт/с.

Живлення та регулювання:

Вхідна напруга (VIN): 7–12.

USB живлення: 5 В через USB-C роз'єм, забезпечує зарядку плати та передачу даних.

Вбудований стабілізатор напруги.

Розміри: 45 x 18 мм.

Індикатори:

- Power LED: Свідчить про подачу живлення.
- Status LED: Індикатор роботи Wi-Fi/Bluetooth модуля.

Програмування: Підтримка середовища Arduino IDE, PlatformIO та інших сумісних інструментів.

2-канальний релеийний модуль 5В — компактний пристрій, який дозволяє керувати високовольтними електричними приладами за допомогою низьковольтного мікроконтролера, такого як Arduino, Raspberry Pi, ESP8266

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

або ESP32. Він забезпечує безпечну ізоляцію між схемою керування і комутованим обладнанням.



Рисунок 5.2 – Модуль реле двоканальний

Технічні характеристики:

Кількість каналів: 2 (можливість керування двома пристроями незалежно один від одного).

Робоча напруга: 5 В.

Тип реле JQC-3FF-S-Z:

Номінальна напруга котушки: 5 В.

Максимальний струм комутації: 10 А.

Максимальна напруга комутації: 250 В змінного струму (AC) або 30В постійного струму (DC).

Інтерфейс керування:

Логічний рівень для активації реле: 0 В (активний низький сигнал).

Логічна напруга входів: 3.3–5 В (сумісність з більшістю мікроконтролерів).

Індикатори: LED-індикатори стану реле (зелені/червоні світлодіоди для кожного каналу).

Розміри: 50 мм × 40 мм × 18 мм.

Робота модуля:

- Модуль отримує сигнали з мікроконтролера через порти IN1 та IN2.
- Подача низького рівня сигналу на один з входів активує відповідне реле.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- Після активації реле комутує електричний ланцюг, з'єднуючи або розриваючи ланцюг між контактами NO (Normally Open) і COM (Common) або NC (Normally Closed) і COM.

Centra M6063 Rotary Actuator — електричний привід, розроблений для керування поворотними клапанами, що використовуються в системах HVAC (опалення, вентиляція та кондиціонування повітря). Він забезпечує точне регулювання і сумісність із сучасними системами автоматизації.

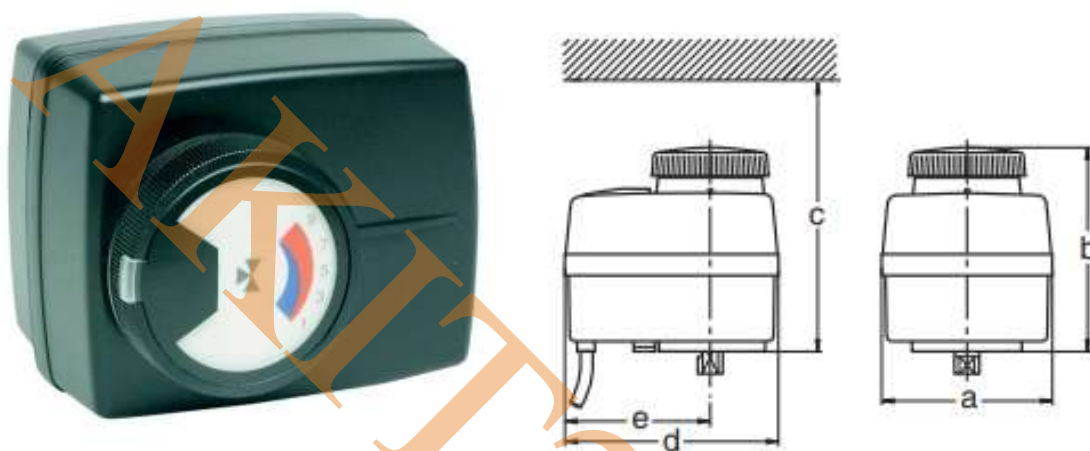


Рисунок 5.3 – Привід поворотного клапана Centra M6063 Rotary Actuator

Технічні характеристики:

Призначення:

Керування поворотними клапанами в системах опалення, охолодження та подачі гарячої води.

Підходить для використання з клапанами, які потребують обертання на певний кут для відкриття або закриття потоку.

Живлення:

Напруга живлення: 24 / 220В змінного струму (AC) або 24В постійного струму (DC) залежно від моделі.

Струм споживання: до 2 Вт

Механічні параметри:

Крутний момент: 6 Нм, достатній для більшості стандартних клапанів.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Кут обертання: 90°, забезпечує повне відкриття або закриття клапана.

Час роботи: Зазвичай 30–60 секунд для повного обертання на 90°, залежно від навантаження.

Зворотний зв'язок: Деякі моделі оснащені виходом для подачі інформації про поточний кут положення.

Привід приймає сигнал від контролера (наприклад, термостата або системи BMS) і перетворює його на обертальний рух. Це дозволяє регулювати положення клапана і, як наслідок, змінювати потік теплоносія в системі. У режимі ON/OFF привід відкриває або закриває клапан, а у пропорційному режимі може встановлювати клапан у проміжне положення залежно від поданого сигналу.

DHT22 (або AM2302) — цифровий давач, який використовується для вимірювання вологості та температури. Він часто використовується у проєктах автоматизації завдяки точності, енергоефективності та простоті використання. DHT22 підходить для застосування в системах кліматичного контролю, моніторингу навколишнього середовища та розумних будинках.



Рисунок 5.4 – Давач DHT22 (Aosong Electronics)

Технічні характеристики DHT22:

Вимірювання температури:

Діапазон: від -40°C до +80°C.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Точність: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Роздільна здатність: 0.1°C .

Вимірювання вологості:

Діапазон: від 0% до 100% RH (відносна вологість).

Точність: $\pm 2\%$ RH (у діапазоні 20–80% RH).

Роздільна здатність: 0.1% RH.

Живлення:

Робоча напруга: 3.3–6 В.

Споживаний струм: до 2.5 мА під час вимірювання.

Інтерфейс:

Цифровий вихід: однопровідний (1-Wire) протокол передачі даних.

Частота передачі даних: 0.5 Гц (одне вимірювання кожні 2 секунди).

Розміри: 15.1 мм $\times$ 25 мм $\times$ 7.7 мм.

Матеріал корпусу: пластик, що забезпечує захист від пилу.

Виводи: 4 контакти (живлення, земля, цифровий вихід, необов'язковий NC).

Робочі умови:

Температурний діапазон: -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$.

Вологість: 0% до 100% RH.

Час відгуку: ≤ 2 с.

Давач використовує ємнісний елемент для вимірювання вологості та термістор для вимірювання температури. Дані перетворюються в цифровий сигнал за допомогою вбудованого АЦП (аналогово-цифрового перетворювача) і передаються через однопровідний інтерфейс до мікроконтролера. Перед початком роботи необхідно ініціалізувати давач мікроконтролером.

Модуль давача якості повітря MQ-135 — пристрій, призначений для визначення концентрації CO_2 , аміаку (NH_3), оксиду азоту (NO_x) та інших шкідливих речовини. Він широко використовується в системах моніторингу

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

якості повітря, автоматизації, екологічному аналізі та кліматичному контролю приміщень.



Рисунок 5.5 – Давач MQ-135

Технічні характеристики MQ-135:

Діапазон вимірювання:

Концентрація газів: від 10 до 1000 ppm.

Електричні параметри:

Напруга живлення: 5 В постійного струму (DC).

Струм споживання: 150 мА.

Тип виходу:

- Аналоговий сигнал (пропорційний концентрації газу).
- Цифровий вихід (порогове значення, налаштоване за допомогою потенціометра).

Чутливість до газів:

Аміак (NH_3), CO_2 , оксиди азоту (NO_x).

Органічні випаровувані сполуки (VOC), такі як бензол, спирт, дим.

Температурний діапазон:

Робоча температура: від -10°C до $+50^\circ\text{C}$.

Вологість: від 20% до 90% RH.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

MQ-135 містить чутливий елемент, виготовлений на основі напівпровідникового матеріалу, який змінює свій опір залежно від концентрації газів у повітрі. Для правильного використання датчика необхідний період прогріву (2-5 хвилин), під час якого нагрівач датчика активується для стабілізації чутливого елемента.

Аналоговий вихід:

Напруга пропорційна концентрації газу.

Зчитується через АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) мікроконтролера.

Цифровий вихід:

Спрацьовує, якщо концентрація газу перевищує заданий поріг.

Поріг налаштовується за допомогою потенціометра на платі.

MQ-4 — датчик, спеціально розроблений для виявлення метану (CH_4) у повітрі. Він є частиною серії датчиків MQ і широко використовується для моніторингу природного газу, детекції витоків метану та у системах безпеки, таких як газові сигналізації.



Рисунок 5.6 – Датчик MQ-4

Технічні характеристики MQ-4

Чутливість до газів:

Основний газ: метан (CH_4).

					КМР.АКТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Додатково: природний газ, пропан, ізобутан (менша чутливість).

Діапазон вимірювання:

Концентрація газу: від 200 ppm до 10,000 ppm.

Електричні параметри:

Напруга живлення нагрівача: 5 В постійного струму (DC).

Струм нагрівача: ≤ 150 мА.

Робоча напруга датчика: 5 В.

Вихідний сигнал:

- Аналоговий (пропорційний концентрації газу).
- Цифровий (пороговий сигнал, налаштований через потенціометр).

Габарити: 32 мм × 22 мм.

Вага: приблизно 15 г.

Температурний діапазон:

Робоча температура: від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Вологість: від 20% до 90% RH.

Час реакції:

Швидкий час реакції (≤ 10 секунд).

Час прогріву перед використанням: 2–5 хвилин для стабілізації.

MQ-4 використовує напівпровідниковий чутливий елемент на основі оксиду металу (SnO_2). У присутності метану опір чутливого елемента зменшується, що викликає зміну напруги на виході. Ця зміна вимірюється через аналоговий вихід або активує цифровий сигнал, якщо концентрація метану перевищує встановлений поріг.

Аналоговий вихід:

Напруга на виході змінюється пропорційно концентрації газу.

Використовується для точного моніторингу концентрації метану.

Цифровий вихід:

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Спрацьовує при перевищенні заданого порогу (налаштовується потенціометром).

MQ-7 — давач, розроблений для виявлення чадного газу (CO) у повітрі. Завдяки своїй високій чутливості та доступній ціні, він часто використовується в системах безпеки, сигналізаціях по витоку газу, а також у проєктах для моніторингу якості повітря.



Рисунок 5.7 – Давач MQ-7

Технічні характеристики MQ-7

Чутливість до газів:

Основний газ: чадний газ (CO).

Менш чутливий до інших газів, таких як водень (H₂), метан (CH₄).

Діапазон вимірювання:

Концентрація газу: від 10 ppm до 10,000 ppm.

Електричні параметри:

Напруга живлення нагрівача: змінна (5 В або 1.4 В, залежно від етапу роботи).

Струм нагрівача: приблизно 150 мА.

Робоча напруга давача: 5 В постійного струму (DC).

Тип виходу:

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- Аналоговий сигнал (пропорційний концентрації газу).
- Цифровий вихід (порогове значення, налаштоване через потенціометр).

Розміри: 32 мм × 22 мм.

Вага: ~10 г.

Температурний діапазон:

Робоча температура: від -20°C до +50°C.

Вологість: від 15% до 90% RH.

Час реакції:

Реакція на зміну концентрації газу: ≤ 20 секунд.

Час прогріву перед використанням: 5–10 хвилин.

MQ-7 працює на основі напівпровідникового чутливого елемента (SnO_2), опір якого змінюється в залежності від концентрації чадного газу в повітрі.

Особливістю цього давача є використання циклу нагріву:

- Висока напруга нагрівача (5 В): пристрій "очищується" від сторонніх речовин, роблячи його готовим до точного вимірювання CO.
- Низька напруга нагрівача (1.4 В): під час цього етапу давач має максимальну чутливість до CO і здійснює вимірювання.

Цей цикл забезпечує точність і стабільність роботи.

Raspberry Pi 4 Model B — одноплатний комп'ютер четвертого покоління від Raspberry Pi Foundation.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46



Рисунок 5.8 – Raspberry Pi 4

Опис і технічні характеристики Raspberry Pi 4 Model B:

Процесор:

- Модель: Broadcom BCM2711.
- 4 ядра ARM Cortex-A72 (64-бітна архітектура).
- Частота: 1.5 ГГц.

Оперативна пам'ять (RAM):

- 4 ГБ, LPDDR4.

Графічний процесор (GPU):

- Модель: VideoCore VI.
- Підтримує 4K-декодування відео (H.265), OpenGL ES 3.0.

Накопичувач:

- MicroSD-карта: використовується як основний носій даних та для завантаження операційної системи.
- USB-накопичувачі: підтримка через USB 3.0.

Мережеві можливості:

- Ethernet: 1 Гбіт/с.
- Wi-Fi: двохдіапазонний 802.11ac (2.4 ГГц і 5 ГГц).
- Bluetooth: версія 5.0 BLE.

2. Інтерфейси вводу/виводу:

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- 2 × USB 3.0 порти.
- 2 × USB 2.0 порти.
- GPIO: 40 контактів для підключення периферійних пристроїв (5V, 3.3V, UART, SPI, I2C та інші).
- HDMI: 2 мікро-HDMI порти.
- 3.5 мм аудіо-вихід (аудіо + композитне відео).
- Живлення USB-C, напруга 5 В.
- Потужність адаптера: 15 Вт (5 В / 3 А).
- Розміри: 85.6 мм × 56.5 мм × 17 мм.
- Вага: ~ 46 г.

Розширення пам'яті та периферія:

- Підтримка зовнішніх модулів (камери, сенсорів, дисплеїв).
- Сумісність з HAT-модулями (Hardware Attached on Top).

Операційна система:

- Raspberry Pi OS (Debian-based), підтримка Linux-дистрибутивів, Windows IoT, Android.

Висока продуктивність центрального процесора ARM Cortex-A72 дозволяє використовувати Raspberry Pi як основний контролер для розумного будинку в таких системах, як Home Assistant, медіацентрах, при розробці та тестуванні в якості сервера, у складних системах моніторингу, автоматизації та збору даних.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

6 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

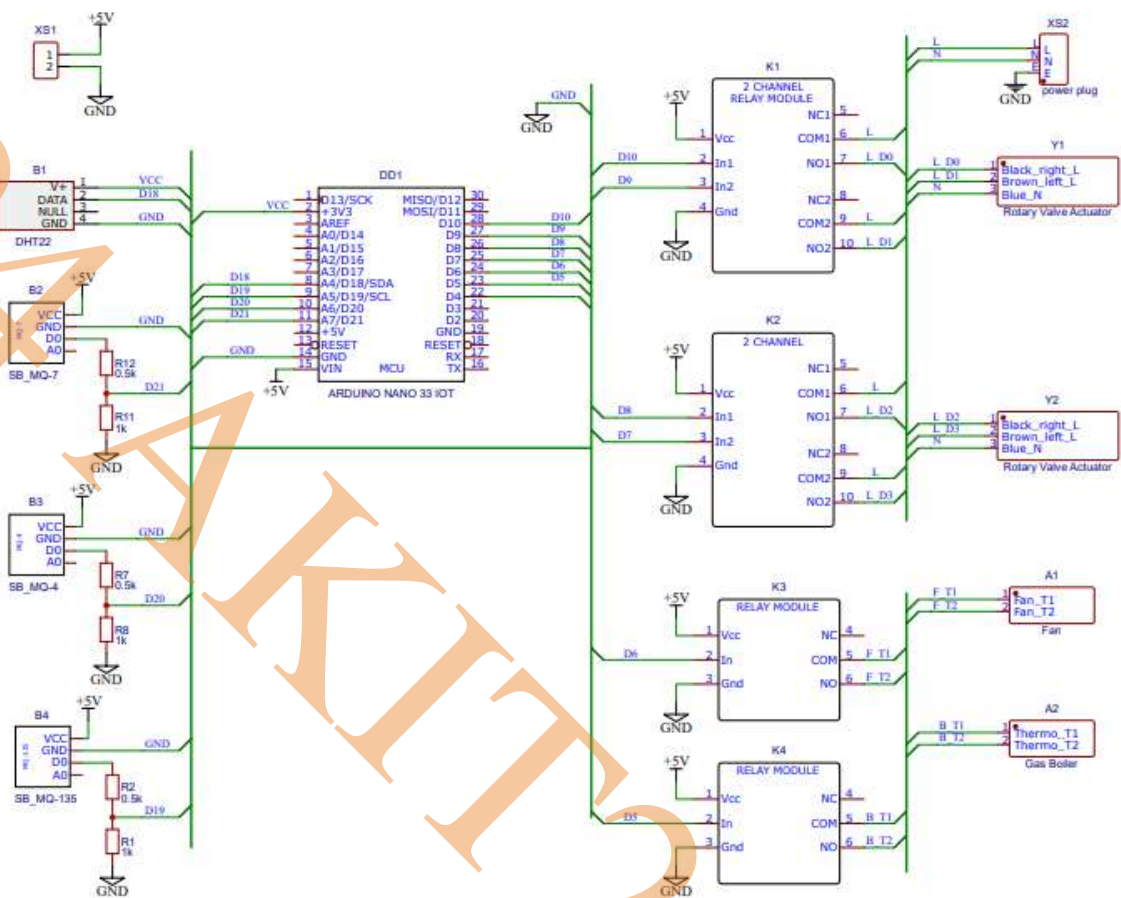


Рисунок 6.1 – Електрична принципова схема підсистеми кліматичного контролю житлових приміщень.

Основним елементом підсистеми керування опаленням є мікроконтролерний модуль DD1 (ARDUINO NANO 33 IoT). Він побудований на мікроконтролері SAMD21 з 32-бітним ARM® Cortex® -M0+ процесором на якому виконується програма керування периферійними пристроями системи опалення, вентиляції, інтерфейс зв'язку з сервером та хмарним сервісом Blynk. Взаємодія між мікроконтролером і хмарною платформою Blynk здійснюється за архітектурою клієнт-сервер. Модуль DD1 виступає в ролі клієнта, ідентифікуючись у системі за допомогою унікального токена (ключ-

сертифікат). Для двосторонньої передачі даних між пристроєм та хмарним сервісом Blynk використовуються віртуальні канали, які програмно пов'язані з кожним периферійним пристроєм.

До модуля DD1 через однопровідну послідовну шину (вивід A4/D18/SDA) підключається давач температури та вологості B1 (DHT22). Встановленні значення температури в інтерфейсі Blynk порівнюються з значеннями температури в кімнаті з давача і програма визначає необхідність роботи системи опалення. Якщо значення температури з давача менші за встановленні покази в інтерфейсі, то запускається підпрограма керування релейними модулями K1, K2 і за допомогою приводів поворотних клапанів Y1, Y2 клапани відкриваються для дозволу циркуляції гарячої води в радіаторних батареях системи опалення. Якщо значення температури з давача більші або рівні за встановленні покази в інтерфейсі, то запускається підпрограма закривання приводів поворотних клапанів Y1, Y2. Коли всі клапани закриті, або температура в системі досягає заданого значення, модуль DD1 за допомогою реле K4 розмикає коло керування котлом A2, що перемикає котел з режиму «Опалення» в режим «Гарячого водопостачання», значно зменшуючи споживання газу та електроенергії, тим самим забезпечуючи оптимальне споживання енергоресурсів.

Також до модуля DD1 підключені давач газу для метану B3 (MQ-4), давач чадного газу B2 (MQ-7) та давач вуглекислого газу B4 (MQ-135). Давач метану своєчасно виявляє витіки газу, запобігаючи вибуху, давач чадного газу попереджає про небезпеку отруєння, а давач вуглекислого газу контролює якість повітря, забезпечуючи комфортні умови для перебування людей. При досягненні заданих порогів спрацювання, давачі генерують високий логічний рівень сигналу, який надходить на цифрові входи D19, D20 та D21 модуля DD1. Комбінація сигналів на даних входах визначає логіку роботи реле K3, що керує вентилятором витяжки A1, та реле K4, яке керує системою опалення A2. Особливість мікроконтролерного модуля DD1 полягає в тому, що він живиться від напруги 5В, а мікроконтролер SAMD21 працює від напруги 3.3В,

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

тому в модуль вбудовано понижуючий перетворювач напруги 5В на 3.3В. Логічні рівні контролера відповідають 3.3В та 0В. Цю особливість враховано при проектуванні електричної принципової схеми. Давачі газу В2 (MQ-7), В3 (MQ-4) та В4 (MQ-135) живляться від напруги 5В та мають цифрові виходи D0 з 5-ти вольтовою логікою, які необхідно узгодити по напрузі з цифровими входами контролера 3.3В. Для цього використовуються подільники напруги на резисторах (R1, R2), (R3, R4) та (R5, R6). При виборі співвідношення 1:2 між значеннями пар опорів резисторів напруга логічної одиниці зменшиться до 2,5В, що відповідає рівням напруги мікроконтролера. В роботі вибрано R1, R3, R5 рівними 1кОм, а R2, R4, R6 – 0,5кОм. При перевищенні граничної концентрації небезпечного газу в повітрі на виході давача з’являється сигнал логічної одиниці, що сигналізує наявність небезпеки.

Виводи мікроконтролерного модуля D10, D9 та D8, D7 підключаються до релейних модулів K1 та K2 відповідно. Ці модулі призначені для керування приводами поворотних клапанів Y1 та Y2 відповідно.

Якщо цифровий вихід D10 модуля DD1 подає постійний високий рівень заданий час на вхід In1 модуля K1, який підключає контакт Black_right_L привода поворотного клапана Y1 до напруги 220В, то це змушує привід обертати клапан на радіаторній батареї за годинниковою стрілкою. З появою на виході D10 логічного нуля привід зупиняється в останньому положенні. При подачі на вхід In2 модуля K1 логічної одиниці з вихода D9 модуля DD1 заданий час контакт Brown_left_L привода поворотного клапана Y1 підключається до напруги 220В, що змушує привід Y1 обертати клапан у зворотному напрямку. Виходи D9, D7 модуля DD1 виконують аналогічні функції для входів In1, In2 модуля K2 та привода Y2.

Розрахунок елементів схеми:

Для вірного вибору параметрів блока живлення необхідно визначити струм споживання підсистеми опалення кліматичного контролю. Він визначається як

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

сума струмів споживання всіх модулів принципової схеми блока керування за виключенням приводів Y1, Y2, та пристроїв A1, A2 які живляться незалежно напругою 220В.

$$I_{\text{заг.}} = I_{\text{DD1}} + I_{\text{K1}} + I_{\text{K2}} + I_{\text{K3}} + I_{\text{K4}} + I_{\text{B1}} + I_{\text{B2}} + I_{\text{B3}} + I_{\text{B4}} \quad (1)$$

де,

I_{DD1} - струм споживання Arduino Nano 33 IoT ,

$I_{\text{K1}}, I_{\text{K2}}, I_{\text{K3}}, I_{\text{K4}}$ - струми споживання релейних модулів,

$I_{\text{B1}}, I_{\text{B2}}, I_{\text{B3}}, I_{\text{B4}}$ - струми споживання датчиків.

Згідно технічних даних:

$I_{\text{DD1}} = 500 \text{ mA}$,

$I_{\text{K1}} = I_{\text{K2}} = 150 \text{ mA}$,

$I_{\text{K3}} = I_{\text{K4}} = 75 \text{ mA}$,

$I_{\text{B1}} = 1 \text{ mA}$,

$I_{\text{B2}} = 150 \text{ mA}$,

$I_{\text{B3}} = 180 \text{ mA}$,

$I_{\text{B4}} = 160 \text{ mA}$

Тоді,

$$I_{\text{заг.}} = 500 + 2 \cdot 150 + 2 \cdot 75 + 1 + 150 + 180 + 160 = 1441 \text{ mA}$$

Для того, щоб блок живлення не працював на максимальній потужності, що призводить до погіршення показників надійності та строку служби, зазвичай прийнято його експлуатувати при навантаженні 70-80 % від максимальної потужності. Тому кінцеве значення розрахованого споживання $I_{\text{заг.}}$ необхідно помножити на коефіцієнт $k = 1,3 - 1,4$.

$$I_{\text{ном.}} = I_{\text{заг.}} \cdot k \quad (2)$$

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$I_{\text{ном.}} = 1441 * 1.4 = 2017 \text{ mA} ,$$

Заокруглюємо значення струму до 2000 mA.

Вибираємо мережевий адаптер загального користування на 5В, 2А модель JKX-912, штекер: 5.5мм / 2.5мм, вхідна напруга 100-240V - 0.55А 50 / 60Hz.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

7 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ

7.1 Розробка алгоритму роботи підсистеми керування мікрокліматом

На Рис 7.1 наведено блок-схему роботи програми мікроконтролерного модуля.

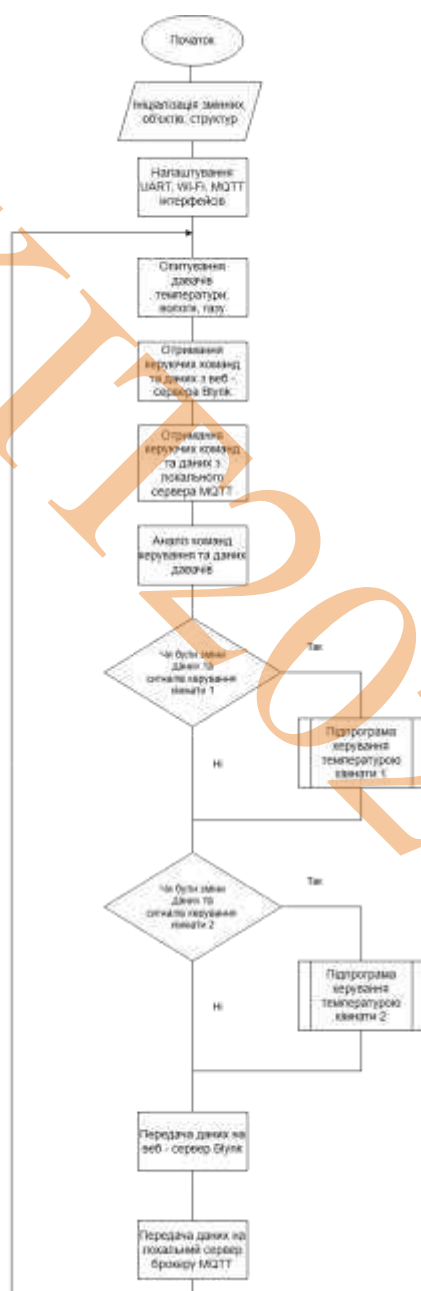


Рисунок 7.1 – Блок-схема алгоритму роботи програми мікроконтролерного модуля підсистеми кліматичного контролю

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ

Арк.

54

Алгоритм починається з ініціалізації змінних, об'єктів, структур для зберігання значень температури, вологості, газу, стану реле, таймерів та інших необхідних параметрів.

На другому кроці відбувається налаштування інтерфейсу UART для взаємодії з USB та іншими пристроями. Також проводиться налаштування WiFi інтерфейсу вказуючи SSID та пароль локальної мережі, проводиться підключення до MQTT брокера Home Assistant, налаштовуються теми для публікації та підписки на повідомлення.

На третьому кроці регулярно зчитуються значення з датчиків температури, вологості та газу і зберігаються у відповідних змінних або структурах.

Четвертий блок визначає підтримку постійного з'єднання з сервером Blynk, обробку подій (зміна положення віртуальних кнопок, слайдерів) та оновлення змінних на основі отриманих команд.

П'ятий блок визначає обробку вхідних повідомлень з MQTT брокера, їх обробку згідно теми підписки та оновлення відповідних змінних.

На шостому кроці проводиться порівняння отриманих значень з датчиків з заданими пороговими значеннями та аналіз команд керування. На основі прийнятих рішень формуються керуючі сигнали для виконавчих пристроїв підсистеми керування мікрокліматом від сьомого по десятій блоки.

Одинадцятий та дванадцятий блоки виконують дії передачі поточних значень датчиків та індикаторів стану підсистеми на веб-сервер Blynk та локальний сервер через брокер MQTT. Після цих кроків керування передається на третій крок і алгоритм повторюється.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

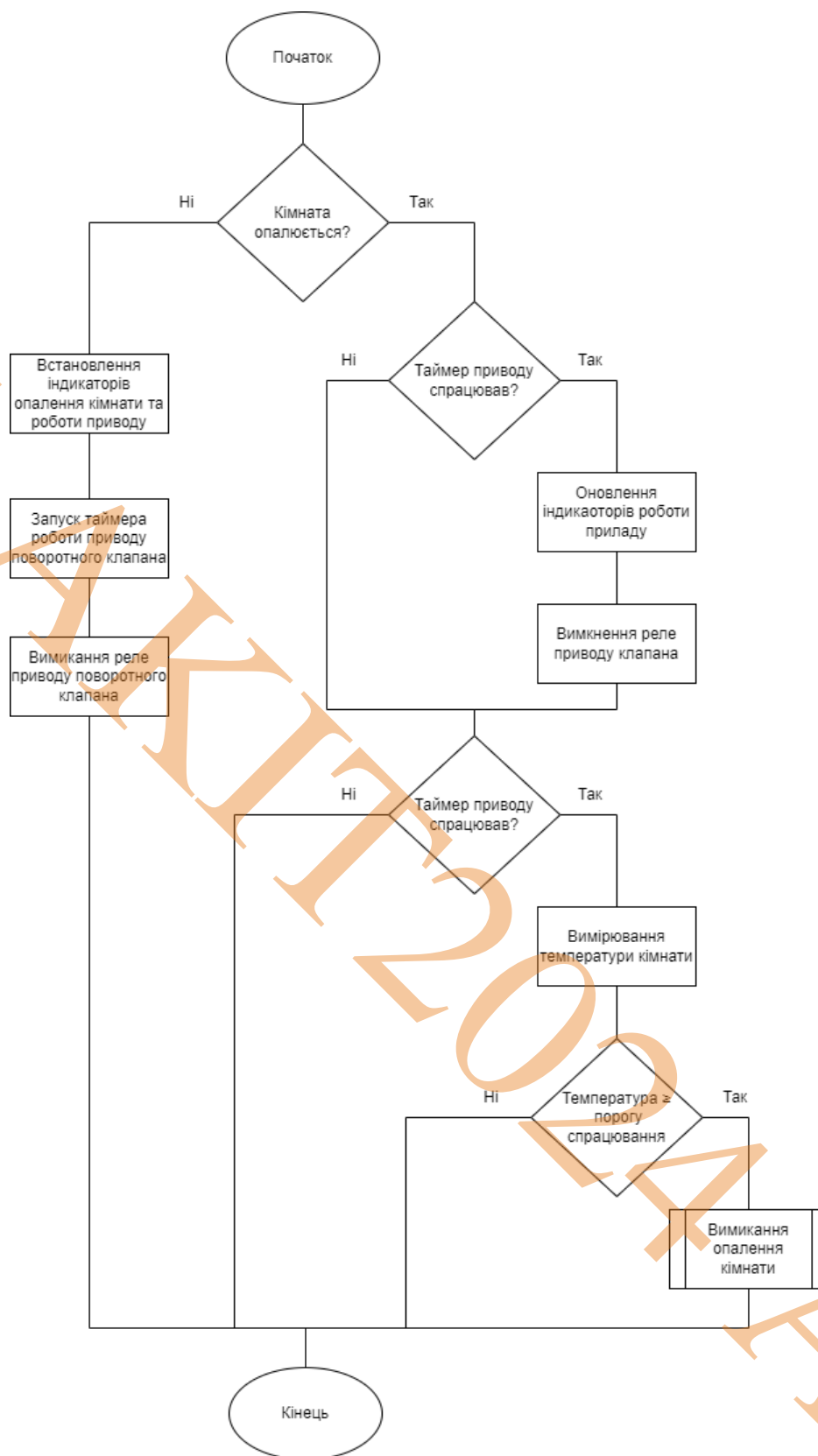


Рисунок 7.2 – Блок – схема підпрограми керування температурою

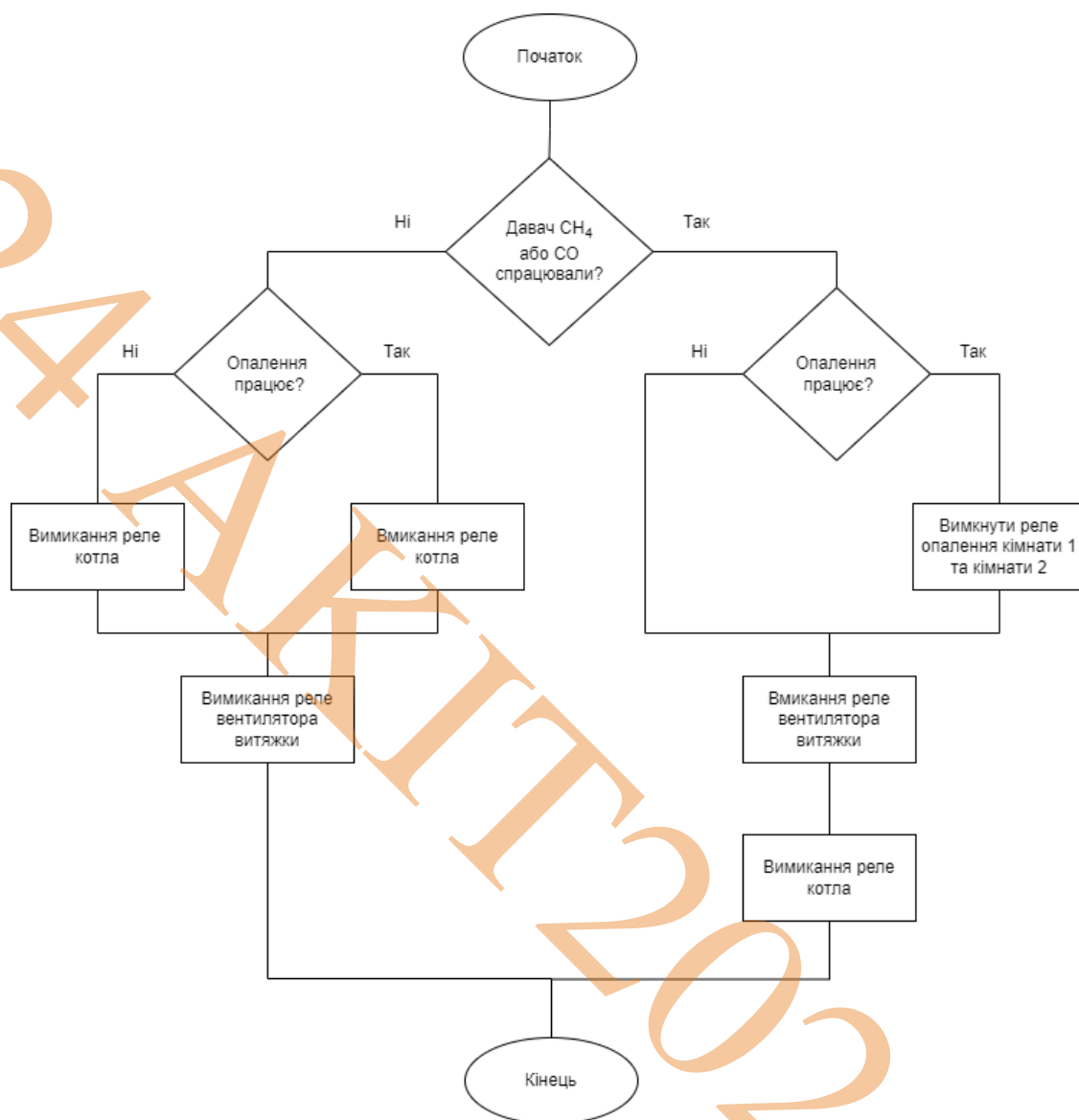


Рисунок 7.3 – Блок – схема підпрограми вимикання системи опалення

7.2 Налаштування середовища для розробки програмного забезпечення

Програмне забезпечення для мікроконтролера в розробленій системі створено на мові програмування C/C++. Як середовище розробки використовували Arduino Web Editor, інтерфейс якого наведено на рисунку 7.4.



Рисунок 7.4 –Arduino Web Editor

Arduino Web Editor — це онлайн-середовище розробки, створене компанією Arduino для написання, компіляції та завантаження програмного коду на мікроконтролери. Воно працює безпосередньо у веб-браузері, що усуває необхідність встановлення додаткового програмного забезпечення на комп'ютер. Однією з основних переваг цього редактора є його безкоштовність, а також підтримка широкого спектру бібліотек, які можна легко інтегрувати в проєкт. Завдяки цьому інструменту розробники отримують зручний доступ до функцій для програмування Arduino-плат у будь-якому місці, де є підключення до Інтернету.

Для виконання завдань у системі використовувалася також хмарна платформа Blynk. Ця платформа спеціалізується на розробці мобільних додатків для

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

керування пристроями Інтернету речей та розумного будинку. Blynk дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі інтерфейси для керування пристроями через смартфон або планшет. Її особливість — це можливість інтеграції з багатьма апаратними платформами та протоколами, що робить її універсальним рішенням для побудови IoT-систем. Blynk надає простий у використанні інструмент для створення віджетів, що дозволяють відстежувати стан давачів, надсилати команди виконавчим пристроям та отримувати зворотний зв'язок у реальному часі. Завдяки підтримці хмарного зберігання даних та широкому функціоналу, ця платформа є оптимальним вибором для швидкої розробки кастомізованих додатків у сфері автоматизації.

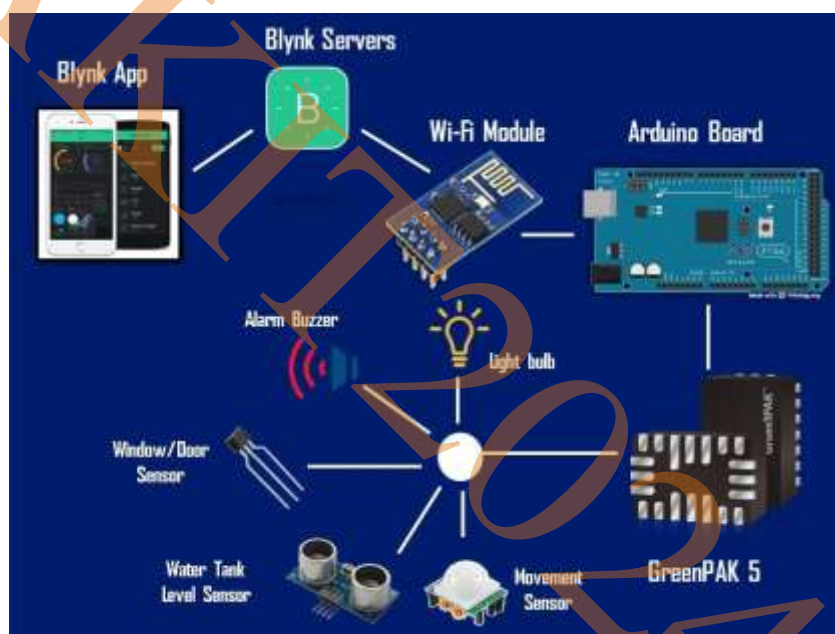


Рисунок 7.5 – Механізм взаємодії елементів автоматизації із сервером Blynk.

Розробка мобільного додатка здійснюється через інтерфейс Web Dashboard хмарної платформи Blynk. Платформа пропонує попередньо налаштовані елементи, такі як екрани, перемикачі та слайдери, для швидкого створення додатка.

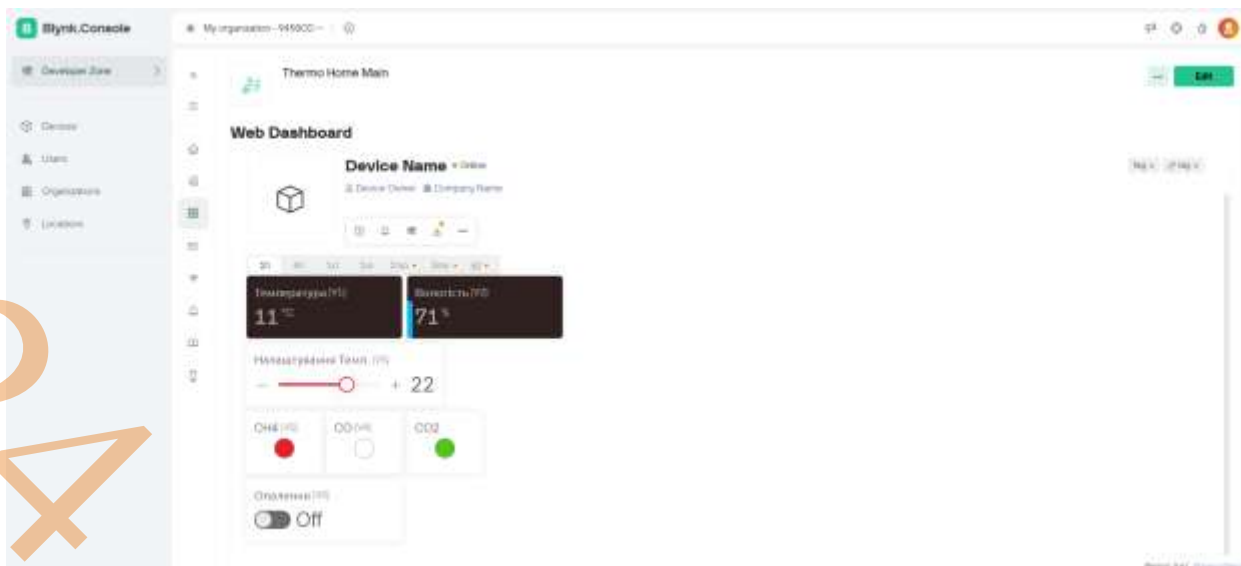


Рисунок 7.6 – Панель редагування Blynk

На рисунку 7.7 наведено спроектований інтерфейс підсистеми керування опаленням кліматичного контролю. Мобільний застосунок дозволяє переглядати покази з датчиків температури та вологості в кімнаті і за допомогою регулятора керувати налаштуваннями температурного режиму в приміщенні. У разі перевищення концентрації метану, чадного газу та вуглецю індикатори світяться червоним та подається звуковий сигнал.



Рис. 7.7 – Керування через додаток Blynk

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

7.3 Розробка програмного забезпечення для Arduino

Код програми для мікроконтролерного модуля починається з ініціалізації бібліотек та змінних визначаючих налаштування основних об'єктів та структур програми.

Приведено частину коду для реєстрації пристрою в Wi-Fi-мережі та інтеграції з платформою Blynk, підключення необхідних бібліотек для взаємодії з платформою, а також ініціалізації клієнтської частини на базі модуля Arduino.

```
include <Blynk.h>
/* Налаштування ідентифікаторів підключення пристрою до платформи Blynk/
#define BLYNK_TEMPLATE_ID          "GMPD415vDZknw"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME        "Start Template"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN           "M2T-d7TCSx3B1OSnL5JPx-pixiZIYRgRf"
#include <SPI.h>
#include <WiFiNINA.h>
#include <BlynkSimpleWiFiShield101.h>
#include <DHT.h>
#include <PubSubClient.h>
const char ssid[] = "Home_Automation";
const char pass[] = "568943";
const char mqtt_server[] = "123.192.128.125";
const int  mqtt_port = 1883;
const char topic_loc[] = "home/ANano/control";
const int dhtPin = 18;
const int DHTTYPE = DHT22;
DHT DHT22_sensor(dhtPin, DHTTYPE);
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
BlynkTimer B_timer;

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

    WiFi.begin(ssid, pass);
```

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

```

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

    delay(500);

    Serial.print(".");

}.....

}

```

Після ініціалізації починається виконуватись основний цикл програми який реалізує алгоритм роботи наведений на рисунку 7.1.

```

// Основна програма

void loop()

{

    if (!client.connected()) {

        reconnect();

    }

    client.loop();

.....

B_timer.run();

}

```

Важливе значення має забезпечення обміном даними між сервісом Blynk та об'єктами програми які відповідають за обробку даних з датчиків, організація підпрограми передачі даних в Blynk наведена нижче.

```

void Send_To_Blynk() {

    Blynk.virtualWrite(V1, Kim1_TempPot);

    Blynk.virtualWrite(V2, Kim1_Vologas);

    Blynk.virtualWrite(V3, val_D20_CH4);

    Blynk.virtualWrite(V4, val_D21_CO);

    Blynk.virtualWrite(V6, val_D19_CO2);
}

```

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ

Арк.

62

```

if (Toggle_indicator_S){

Blynk.virtualWrite(V10, Kim1_TempPoch);

Blynk.virtualWrite(V11, Kim2_TempPoch;

Blynk.virtualWrite(V12, Kim1_ON_OFF);

Blynk.virtualWrite(V14, Kim1_ON_OFF);

Toggle_indicator_S = false;

}}

```

Реалізація алгоритму роботи підпрограми керування температурою кімнати (див. рисунок 7.2) наведено нижче.

```

void Kim2_ON(){

if (!Kim2_Ind_ON) {

if (digitalRead(7)){

Time_Dev_K2 = millis() - Time_Start_K2;

if (Time_Dev_K2 >= Max_Time_K2){

Time_Dev_K2 = 100;

Time_Start_K2 = millis();

digitalWrite(7, LOW);

}}

else{

if((millis() - Time_Start_K2) >= 100){

digitalWrite(8, HIGH);

Kim2_Ind_ON = true;

Time_Start_K2 = millis();

} }}

```

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

```

else{

if (!Motor_Stop_K2){

Time_Dev_K2 = millis() - Time_Start_K2;

if (Time_Dev_K2 >= Max_Time_K2){

digitalWrite(8, LOW);

Motor_Stop_K2 = true;

}}}

}

```

Повний лістинг програми представлено в додатку А.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ВИСНОВКИ

У рамках магістерської роботи було досліджено принципи побудови та розроблено автоматизовану систему кліматичного контролю житлових приміщень, яка є важливим компонентом сучасних технологій автоматизації. Система об'єднує датчики, виконавчі механізми та інтелектуальні алгоритми управління для створення комфортного мікроклімату та оптимального використання ресурсів. Дослідження принципів роботи та реалізації цієї системи поставило питання об'єднання різних типів обладнання від різних виробників в єдину систему з можливістю розширення та керування як локально, так і дистанційно.

Для вирішення цього питання було обрано платформу автоматизації Home Assistant, яка працює на мінікомп'ютері Raspberry Pi. Для можливості об'єднання датчиків та пристроїв керування, побудованих на різних технологіях передачі даних в єдину систему, обрано прикладний протокол обміну даними MQTT. Система забезпечує можливість налаштування температури приміщень, відслідковування показів датчиків та керування виконавчими пристроями дистанційно з мобільного додатку через хмарний сервіс Blynk, що значно підвищує гнучкість і зручність експлуатації.

Розроблена комбінована структурна схема автоматизованої системи кліматичного контролю відповідно до завдання кваліфікаційної роботи. Схема складається з серверного блоку, блоку координатора, мікроконтролерного модуля, хмарного сервісу, блоку комутації на реле, маршрутизатора, датчиків, термостатів та приводів поворотних клапанів.

Проведено аналіз протоколів обміну даними в системі, які реалізуються в автоматизованій системі кліматичного контролю.

Створено функціональну та електричну схеми підсистеми керування опаленням житлових приміщень.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Розроблено блок-схему алгоритму роботи системи, інтерфейс мобільного додатку на основі хмарного сервісу та програмне забезпечення мікроконтролерного модуля підсистеми опалення.

Результатом магістерської роботи стала інтегрована з платформою Home Assistant підсистема, створена на основі модуля Arduino Nano 33 IoT, яка включає датчики температури і вологості (DHT22), контролю якості повітря (MQ-135), метану (MQ-4), чадного газу (MQ-7), релейні комутаційні модулі та електричні приводи поворотних клапанів (Centra M6063). Підсистема пов'язана з локальним сервером на Raspberry Pi через протокол Wi-Fi, утворюючи систему, з якою можна легко інтегрувати за допомогою протокола MQTT пристрої кліматичного контролю різних виробників з іншими протоколами для розширення функціоналу.

Напрацювання в роботі є корисною основою для подальших досліджень у галузі автоматизації та створення "розумних" житлових приміщень. Вони сприятимуть подальшому розвитку технологій енергоефективності та автоматизованого керування кліматом, що відповідає сучасним вимогам до комфорту, безпеки та екологічності.

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іваненко Т. П., Бондаренко Л. А. Технології автоматизації систем кліматичного контролю в житлових приміщеннях. Системи моделювання та управління. Вип. 3 (55). 2020. С. 31-37.
2. Шевченко М. О., Воробйов Д. С. Застосування інтелектуальних алгоритмів у підсистемах «розумного будинку» для енергоефективності. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Технічні науки. №2 (112). 2021. С. 45-52.
3. Білецький А. П., Жеребецький Ю. С., Тимошенко В. Г. Моделювання систем автоматизованого клімат-контролю з використанням Arduino. Збірник наукових праць Харківського політехнічного інституту. Серія: Інженерні системи. №1 (20), 2022. С. 18-27.
4. Honeywell Home T9 Smart Thermostat: Інтелектуальне рішення для управління кліматом. URL: <https://honeywellhome.com.ua/t9-smart-thermostat> (дата звернення: 14.12.2024).
5. Tado° Smart AC Control V3+: Розумний контроль за кондиціонерами. URL: <https://www.tado.com/ua/smart-ac-control> (дата звернення: 14.12.2024).
6. Raspberry Pi 4 Model B. URL: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/> (дата звернення: 14.12.2024).
7. Zigbee Alliance. Визначення стандартів для бездротових мереж. URL: <https://csa-iot.org/zigbee-alliance/> (дата звернення: 14.12.2024).
8. MQTT. Протокол для Інтернету речей (IoT). URL: <https://mqtt.org/> (дата звернення: 14.12.2024).
9. Digital Temperature and Humidity Sensor DHT22. URL: <https://docs.adafruit.com/dht22-sensor/> (дата звернення: 14.12.2024).

					КМР.АКІТ.19050008.01.000 ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

10. MQ-135 Air Quality Sensor Datasheet. URL: <https://datasheetspdf.com/datasheet/MQ135.html> (дата звернення: 14.12.2024).

11. MQ-7 Carbon Monoxide Sensor Module. URL: <https://components101.com/sensors/mq7-carbon-monoxide-sensor> (дата звернення: 14.12.2024).

12. Степаненко Р. М. Інтеграція платформ управління «розумним будинком» з хмарними сервісами. Журнал інженерних досліджень. Вип. 5 (98). 2023. С. 22-29.

13. Arduino Nano 33 IoT: Документація та технічні характеристики. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano-33-iot> (дата звернення: 14.12.2024).

14. Програмування на платформі Arduino. URL: <https://create.arduino.cc> (дата звернення: 14.12.2024).

15. Blynk Cloud: Можливості хмарного сервісу для IoT-проектів. URL: <https://blynk.io/> (дата звернення: 14.12.2024).

16. Zigbee2MQTT: Об'єднання Zigbee пристроїв у єдину мережу. URL: <https://www.zigbee2mqtt.io/> (дата звернення: 14.12.2024).

17. MQTT and Home Assistant Integration. URL: <https://www.home-assistant.io/integrations/mqtt> (дата звернення: 14.12.2024).

18. Огляд технологій для автоматизації кліматичних систем. URL: <https://smart-climate.com.ua/articles/overview> (дата звернення: 14.12.2024).

ДОДАТКИ