

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації
та робототехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

КТ 1. Розробка системи моніторингу кліматичних параметрів
приміщення. ПТ 2. Програмна реалізація.
(тема)

Виконав:
студент 4 курсу, групи АКТАКІТ-20-2
Бутенко Б.А.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Максимова С.С.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І. Ш.
(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та
робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« _____ » _____ 20 _____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Бутенко Богдану Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи КТ 1. Розробка системи моніторингу кліматичних параметрів
приміщення. ПТ 2. Програмна реалізація.

затверджена наказом університету від 03 06 2024 р. № 544 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 11 06 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____
Аналіз технічного завдання. Вступ. Аналіз тенденцій використання систем моніторингу
клімату. Особливості виконання систем моніторингу. Принципи роботи протоколу
передачі даних в IoT. Розробка архітектури програмного забезпечення, проектування
структури БД для зберігання параметрів виробничого приміщення. Розрахунок пропускної
здатності мережі для роботи системи. Аналіз та вибір MQTT брокера. Розробка алгоритму
роботи. Реалізація функцій передачі даних через протокол MQTT. Розробка НМІ
інтерфейсу для візуалізацій параметрів виробничого приміщення. Тестування макета
модуля системи моніторингу параметрів виробничого приміщення. Охорона праці.
Висновки. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) _____

Слайди: Мета, актуальність, задачі дипломної роботи, аналіз функціонування систем моніторингу клімату, архітектура програмного забезпечення системи, опис функціональності системи моніторингу, вибір протоколу передачі параметрів з мікроконтролера на сервер, аналіз та вибір MQTT брокера, алгоритм роботи, реалізація функція передачі даних через протокол, розробка інтерфейсу для візуалізації.
Висновки

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літератури за темою атестаційної роботи	11.05 – 12.05.24	Виконано
2	Аналіз вхідної інформації і вимог технічного завдання	13.05 – 14.05.24	Виконано
3	Аналіз тенденцій використання систем моніторингу	15.05 – 19.05.24	Виконано
4	Розробка архітектури програмного забезпечення	20.05 – 22.05.24	Виконано
5	Розробка алгоритму роботи програмного засобу	23.05 – 25.05.24	Виконано
6	Реалізація функцій передачі даних	26.05 – 02.06.24	Виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	08.06.24	Виконано
8	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом Unicheck	09.06.24	Виконано
9	Подання роботи на відгук	09.06.24	Виконано
10	Подання роботи на рецензію	09.06.24	Виконано
11	Подання роботи на підпис зав. кафедри	10.06.24	
12	Подання атестаційної роботи в ЕК	18.06.24	

Дата видачі завдання 11 05 2024 р.

Студент Бутенко Богдан Андрійович
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Максимова С.С.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

Я, Бутенко Богдан Андрійович як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«16» червня 2024 р.

Бутенко Б.А.

РЕФЕРАТ

Звіт містить: 84 с., 8 табл., 26 рис., 1 дод., 25 джерел.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ, ПРОТОКОЛ ПЕРЕДАЧІ, ПЕРЕДАВАЧ, БРОКЕР, БАЗА ДАНИХ, MQTT.

Мета розробки – створення програмного засобу системи моніторингу кліматичних параметрів з підвищеною ефективністю, який дозволяє переглядати показання із датчиків, керувати параметрами вологості, температурою в приміщенні.

Результати та їх новизна – реалізовано програмний модуль системи управління підприємством виготовлення паперових виробів; проведено моделювання системи та її синтез, що забезпечить якісне та ефективне управління системою, та дозволить отримувати високі показники надійності проведення технологічних операцій.

В кваліфікаційній роботі проведений аналіз характеристик автоматизованих систем управління підприємством. Розроблено структурну та функціональну схему системи виготовлення паперових виробів, яка може бути застосована на підприємстві. Проведено вибір технічних засобів автоматизації, згідно яких буде виконуватись процес виготовлення.

Для розробки програмного модулю управління системою прийнято рішення використати програмний засіб моделювання Matlab. Проведено моделювання системи управління програмним модулем, та синтез системи управління.

Розглянуто питання охорони праці.

THE ABSTRACT

The report contains: 84 p., 8 tabl., 26 fig., 1 adj., 25 sources.

AUTOMATED CONTROL SYSTEM, PAPER PRODUCT, PRESSURE SENSOR, AUTOMATION TOOLS, TECHNOLOGICAL PROCESS.

The purpose of the development is to create a software module for an automated enterprise management system.

The object of development is automated enterprise management systems.

The subject of development is a software module that is used to model an automated enterprise management system.

Results and their novelty – a software module of the enterprise management system for the production of paper products was implemented; the system was modeled and synthesized, which will ensure high-quality and effective system management, and will allow obtaining high reliability indicators for technological operations.

In the qualification work, the characteristics of automated enterprise management systems are analyzed. A structural and functional scheme of the paper product manufacturing system has been developed, which can be applied at the enterprise. A selection of technical automation tools was made, according to which the manufacturing process will be performed.

To develop a software module for managing the system, it was decided to use the MATLAB modeling software tool. Modeling of the software module control system and synthesis of the control system are performed.

The issues of labor protection are considered.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	10
Вступ	11
1 Аналіз предметної області та технічного завдання	13
1.1 Аналіз системи моніторингу кліматичних параметрів приміщень на виробництві	13
1.2 Сучасні системи моніторингу кліматичних параметрів	17
1.3 Аналіз параметрів модуля керування на базі мікроконтролера ESP8266... 23	23
1.4 Аналіз структури протоколу передачі даних в IoT	27
2 Розробка структури та схеми макета системи моніторингу параметрів виробничого приміщення	33
2.1 Розробка архітектури програмного забезпечення системи моніторингу.... 33	33
2.2 Візуалізація та опис функціональності системи моніторингу	36
2.3 Вибір протоколу передачі параметрів виробничого приміщення з мікроконтролера на сервер	39
2.4 Розробка алгоритму роботи..... 45	45
3 Програмна реалізація системи моніторингу кліматичних параметрів	50
3.1 Огляд інструментів та технологій..... 50	50
3.2 Програмна Реалізація Системи Моніторингу	52
3.2.1 Створення Графічного Інтерфейсу Користувача (GUI)..... 53	53
3.2.2 Ініціалізація Даних..... 53	53
3.2.3 Налаштування MQTT	54
3.2.3 Створення Вікна Журналу..... 55	55
3.2.4 Функція для Відкриття Вікна Налаштування Параметрів..... 56	56
3.2.5 Функція для Встановлення Параметрів	56
3.2.6 Функція для Оновлення Даних	58
3.2.7 Функція для Збереження Журналу в Файл	59

4 Охорона праці.....	60
Висновки.....	64
Перелік джерел посилання	67
Додаток А	69
Додаток Б.....	78

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСУ – Автоматизована Система УправлінняБД – База Даних

ГІС – Геоінформаційна Система

Інтернет – Міжнародна Мережа Інформаційного Обміну

ІоТ – Інтернет Речей (Internet of Things)

МП – Мікропроцесор

ПЗ – Програмне Забезпечення

СКМ – Система Керування МоніторингомТЗ – Технічне Завдання

ВСТУП

Загальновідомо, що здоров'я людини і його працездатність, стан цінних предметів, а також стан технологічних процесів визначаються в тому числі умовами мікроклімату приміщення. Забезпечення необхідних параметрів мікроклімату в приміщенні є завданням, вирішити яку можна з використанням сучасних апаратно-програмних засобів. Стан мікроклімату в деякий момент часу визначається цілим набором параметрів, серед яких особливо виділяються температура і вологість повітря, як основні параметри мікроклімату приміщень.

Підтримання стандартів з охорони праці за рахунок забезпечення параметрів мікроклімату в приміщеннях, які мають ознаки старіння, руйнування та дефектів в межах норм, зараз актуальні для України.

Тому обрана тема є актуальною.

Мета розробки – створення програмного засобу системи моніторингу кліматичних параметрів з підвищеною ефективністю, який дозволяє переглядати показання із датчиків, керувати параметрами вологості, температурою в приміщенні

Для досягнення поставленого завдання потрібно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз програмних засобів в області моніторингу параметрів клімату;
- провести аналіз параметрів модуля керування та структури протоколу передачі даних;
- провести розробку архітектури програмного засобу системи моніторингу;
- провести візуалізацію та опис функціональності системи

моніторингу;

- провести вибір протоколу передачі параметрів виробничого приміщення з мікроконтролера на сервер;

- розробити алгоритм роботи системи моніторингу;

- розглянути питання охорони праці;

- оформити кваліфікаційну роботу згідно ДСТУ 3008:2015 [1], а також з методичними вказівками з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [2].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз системи моніторингу кліматичних параметрів приміщень на виробництві

Основним завданням, що ставиться при проектуванні системи моніторингу кліматичних параметрів, є надання для прийняття управлінських рішень достовірної інформації про стан контрольованих параметрів клімату середовища, а також прогнозів зміни їх стану. Дані, накопичувані і оброблювані при моніторингу, служать основою роботи систем підтримки прийняття управлінських рішень як в оперативному режимі, так і при аналізі накопичувальної інформації.

Сучасна система моніторингу являє собою комплекс програмних і технічних засобів для збору, передачі і зберігання даних, обробка яких здійснюється за допомогою програмного забезпечення, реалізує як типові, так і спеціальні алгоритми для вирішення завдань моніторингу [3].

Можна виділити наступні основні завдання моніторингу:

- постійний контроль стану параметрів клімату та процесів функціонування техногенних об'єктів, надання необхідної інформації для надання оптимального керуючого впливу на дані параметри;

- оперативний і відкладений аналіз накопичуваної інформації в системі моніторингу, а також прогноз змін стану контрольованих об'єктів;

- надійне і компактне зберігання інформації про стан контролюючих об'єктів.

Основними функціями системи моніторингу є наступні:

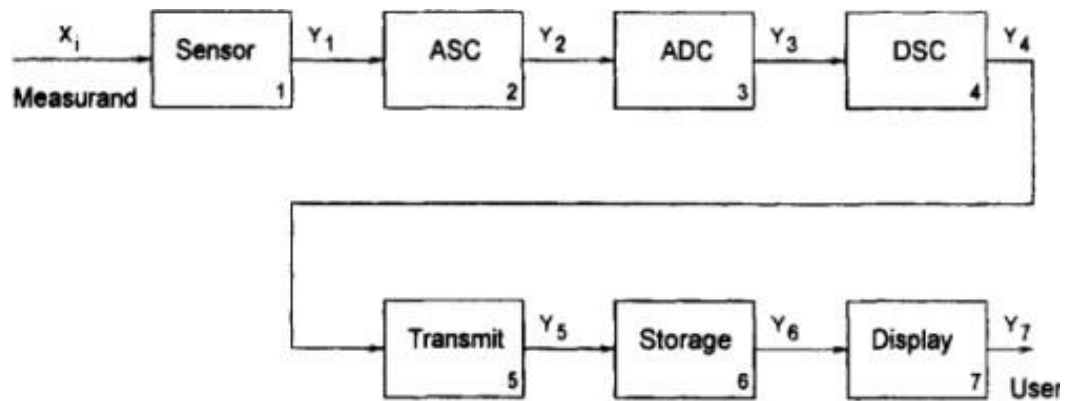
- збір даних по всім контрольованим параметрам об'єкта спостереження з застосуванням апаратно-програмних, аналітичних та інших методів з необхідною періодичністю, яка достатня для оперативного

реагування на критичні зміни стану об'єкта контролю;

- реєстрація та комплексне узагальнення всієї зібраної інформації, введення інформаційних баз даних за всіма контрольованими параметрами;
- визначення необхідності прийняття тих чи інших управлінських рішень, а також надання інтерфейсу для застосування керуючих впливів стосовно об'єктів контролю;
- організація багатокористувацького обміну інформацією про стан об'єкта контролю на різних рівнях пріоритету для осіб, які приймають рішення;
- забезпечення єдності в алгоритмах обробки інформації, в критеріях прийняття рішень;
- формування бази для проведення науково-дослідних робіт, пов'язаних з моніторингом.

Системи моніторингу кліматичних параметрів контролюють такі параметри, як температура повітря, вологість, барометричний тиск, наявність забруднень в повітрі. При цьому важливо, щоб кількість і типи датчиків, комунікаційні канали та пристрої накопичення і обробки даних дозволяли здійснювати достовірні вимірювання і обчислення необхідних параметрів незалежно від умов експлуатації у віддаленому режимі в реальному масштабі часу протягом тривалого періоду. Особливо важливо при цьому оперативно визначати аномальні значення контрольованих параметрів, які можуть мати негативний вплив не тільки на виробничу діяльність, а й на здоров'я робочого персоналу.

Узагальнена функціональна модель систем моніторингу представлена на рисунку 1.1.



1 – датчики; 2 – пристрій обробки аналогового сигналу; 3 – АЦП;
 4 – пристрій обробки цифрового сигналу; 5 – система передачі інформації;
 6 – система збереження інформації; 7 – пристрій відображення

Рисунок 1.1 – Функціональна модель простої системи моніторингу [4]

Дана модель може бути доповнена іншими блоками, необхідними для збору, зберігання, передачі та обробки даних. Для будь-якої системи контролю необхідними є датчики і пристрій відображення. Також в системі можуть бути присутніми пристрої обробки аналогового сигналу, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), пристрій обробки цифрового сигналу, системи передачі і зберігання інформації. Вхідний вектор на рисунку позначений через X_i являє собою вимірювані величини, наприклад, температуру повітря, а виходом в системі моніторингу є Y_7 (наприклад, значення температури в градусах Цельсія). Датчик являє собою первинний вимірний перетворювач, що перетворює значення фізичної величини в електричний сигнал.

Сучасні системи метеорологічного моніторингу включають групи датчиків для кожного контролюваного параметра. Датчики опитуються контролерами, які, в свою чергу, передають зібрані дані на комп'ютери або інші пристрої зберігання даних, пов'язані обчислювальною мережею.

Параметри мікроклімату формуються в результаті впливу на приміщення зовнішнього середовища, технологічного процесу в приміщенні і систем опалення-охолодження і вентиляції або кондиціонування повітря

Структурна схема формування мікроклімату в приміщенні представлена на рисунку 1.2.

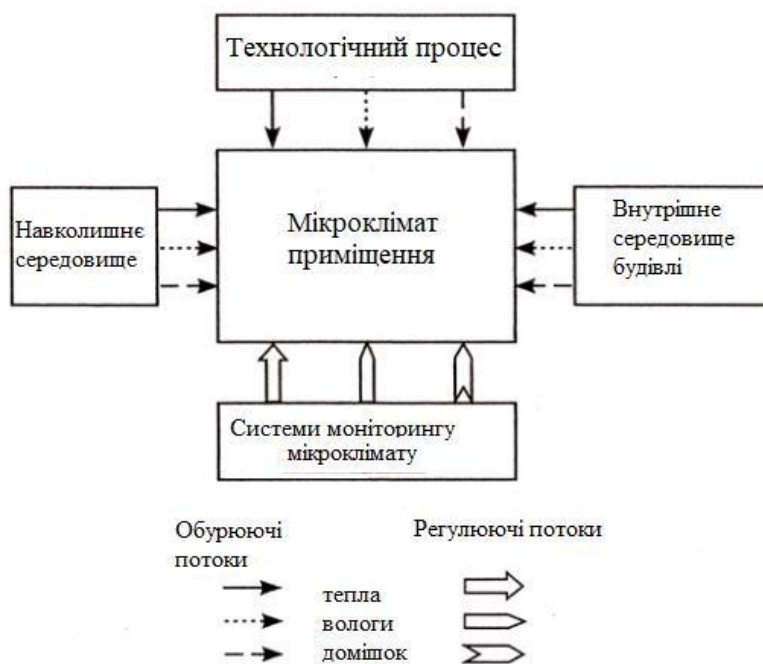


Рисунок 1.2 – Структурна схема формування мікроклімату в приміщенні

Зовнішнє середовище впливає на мікроклімат приміщення через огорожувальні конструкції і внутрішні перегородки в приміщенні.

Технологічний процес відіграє важливу роль у формуванні мікроклімату.

Для створення нормальних умов праці у виробничих приміщеннях забезпечують нормативні значення параметрів мікроклімату, температури повітря, його відносної вологості і швидкості руху, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Основним методом забезпечення необхідних параметрів мікроклімату і складу повітряного середовища є застосування систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря.

Не маючи можливості ефективно впливати на явища, які відбуваються в атмосфері, процеси які створюють клімат, люди розташовують якісні

системами моніторингу повітряного середовища всередині виробничих приміщень.

1.2 Сучасні системи моніторингу кліматичних параметрів

Відстеження значень температури і вологості на виробництві є регулярним, а тому трудомістким завданням. Існує кілька способів виконання завдання моніторингу: в ручному режимі, за допомогою вбудованих засобів автоматизації, за допомогою систем віддаленого моніторингу.

Для моніторингу вручну необхідний працівник, який буде регулярно здійснювати обхід виробництва і вимірювання показників і записувати їх в журнал. Яка б не була частота обходів, якщо станеться аварія, про це стане відомо сильно пізніше і ліквідувати наслідки буде набагато складніше. Крім того, висока ймовірність виникнення людських помилок і недобросовісної поведінки: людина може помилитися у вимірах або саботувати моніторинг, записавши дані «з голови». З плюсів такого варіанту можна відзначити низьку вартість в порівнянні з іншими.

Вбудовані засоби моніторингу є, наприклад, в камерах для дозрівання сирів, холодильних і морозильних камерах — це екрани, на які виводяться температура і рівень вологості. На жаль, вони не повідомляють про несправність безпосередньо, часто лише надсилають звуковий сигнал, тому працівник все одно повинен періодично обходити приміщення.

Таким чином, вартість цього рішення навіть вище попереднього: обладнання з вбудованими датчиками коштує дорожче, а необхідність в співробітнику не відпадає. При цьому як і раніше ймовірні людські помилки.

У цього варіанту є і плюси: сигнали про несправності все одно надходять, що скорочує час на виявлення і ліквідацію аварій. Крім того, відповідальні працівники можуть витратити менше часу на моніторинг, що звільняє їх від більш важливих завдань.

Автоматизація з використанням систем моніторингу має на увазі установку датчиків і контролерів на об'єктах і підключення їх до спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ). Такі рішення дистанційно «повідомляють» про несправності безпосередньо і без затримок в єдиний диспетчерський центр. Таким чином можна не тільки позбутися від людських помилок, а й прискорити процес ліквідації аварій. А також звільнити час співробітників для більш важливих завдань виробництва.

Недоліком цього рішення можна назвати необхідність покупки обладнання та проведення робіт по його установці.

Переваги автоматизації:

- збільшується швидкість виконання завдання;
- скорочуються витрати на виконання завдання;
- збільшується швидкість реакції на позаштатні ситуації;
- зменшується кількість помилок, викликаних людським фактором.

Довільно активно використовують хмарні технології в системах моніторингу кліматом. Хмарні системи вже давно підкорили ринок і вважаються зручним і надійним способом зберігання даних.

На відміну від інших систем моніторингу для установки хмарної системи не потрібно купувати спеціалізоване ПЗ і окремі сервери для зберігання даних, тому установка і настройка хмарного сервісу виконується швидше.

При використанні хмарної системи диспетчерський центр можна розташувати на будь-якій відстані від об'єктів моніторингу, а доступ до даних можливий з будь-якої точки світу, де є Інтернет. Для захисту від витоку даних в хмарі передбачена технологія шифрування, яка відповідає сучасним стандартам і відповідає останній версії сертифіката SSL/TLS [5].

Система моніторингу для вимірювання таких кліматичних параметрів, як температура і вологість, складається з двох частин:

Апаратна: контролери і датчики температури або вологості, які встановлюються безпосередньо на об'єктах і відповідають за збір первинних

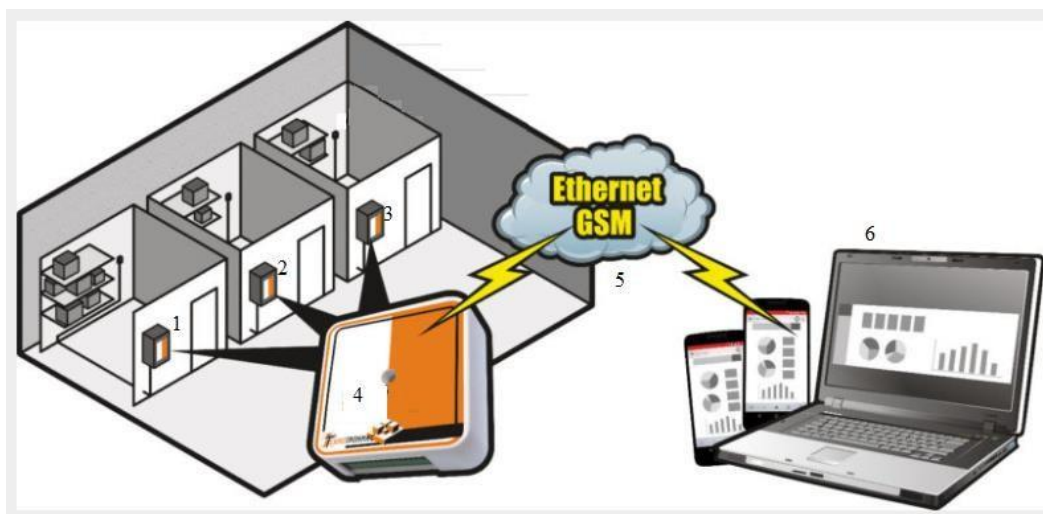
даних. Датчики необхідно розміщувати в тих місцях, де потрібно знімання значень параметрів. Робочий діапазон датчиків становить від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до

$+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, так що вони здатні збирати дані навіть в найсуворіших умовах.

Щоб дані від датчиків надходили в ПЗ, необхідно підключати датчики до контролерів, які відповідають за первинну обробку і трансляцію даних в ПЗ. Діапазон робочої температури контролерів вже не такий широкий (від $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$), оскільки вони оснащені більш серйозною електронікою, що не терпить сильного перепаду температури.

Використовувати хмарний сервіс можна на будь-якому пристрої (комп'ютер, планшет, смартфон) і через будь-який браузер. Головне – наявність підключення до Інтернету.

Функціональна схема системи моніторингу із використанням хмарних технологій представлена на рисунку 1.3.



1, 2, 3 – датчики; 4 – контролер;

5 – мережа Інтернет; 6 – хмарний сервіс

Рисунок 1.3 – Схема пристрою системи моніторингу «Технотронікс» [5]

Рішення «Технотронікс» дозволяє відстежувати показники температури і вологості на об'єкті безперервно. При цьому в програмній частині системи можна виставити порогові значення і максимально допустимі відхилення показників. При перевищенні допустимих відхилень

система подасть сигнал про проблему: вкажуть величину відхилення і конкретний датчик і відправить повідомлення на e-mail і в Telegram відповідальним співробітникам.

Система володіє наступним функціоналом:

- контроль температури;
- моніторинг вологості;
- зберігання даних;
- створення звітів за певний період;
- установка порогових значень і величин максимального відхилення від них;
- оповіщення про перевищення порогових значень по e-mail і через Telegram;
- безперервний моніторинг показників 24/7;
- доступ до даних через Інтернет з будь-якої точки світу.

Додаткові функції:

- контроль відкриття дверей;
- дистанційне керування обладнанням;
- дистанційне зняття показань з лічильників;
- контроль протікання;
- контроль наявності напруги;
- вимірювання напруги.

Впровадження системи моніторингу на основі хмарного сервісу «Технотронікс» дозволяє отримати наступні переваги:

- позбутися від необхідності здійснювати вимірювання і контроль вручну;
- звести до мінімуму кількість помилок в журналі і зберігати його віддалено в електронному вигляді. Журнал завжди доступний, за бажанням диспетчер може вивантажити звіт за цікавить його період, щоб докладніше розібратися в причинах аварії;
- отримувати повідомлення про перевищення порогових значень в

конкретному об'єкті без затримок і відразу в кілька каналів, нічого не пропускаючи. Завдяки цьому більше не потрібно витрачати час на обходи і звірки.

Графічний інтерфейс має адаптивний дизайн і може відобразитися як на мобільних пристроях, так і на стаціонарних робочих станціях. Система зручно проглядається і в горизонтальній, і у вертикальній орієнтації. Відсутня необхідність в закупівлях будь-яких додаткових програмних продуктів.

Ще одним прикладом моніторингу клімату в виробничому приміщенні є система управління віддаленим об'єктом на базі контролера ОВЕН ПЛК110, що служить прототипом для систем віддаленого моніторингу та управління.

Для спрощення управління авторизація навмисно відсутня. Користувачеві на дві хвилини надається роль власника з можливістю управління обладнанням.

На реальних об'єктах за процесом може спостерігати будь-який співробітник, але можливість управління з'являється тільки після авторизації або введення логіна і пароля (рис. 1.4).

Управління здійснюється через веб-інтерфейс. Немає необхідності купувати ліцензійні ключі та встановлювати будь-яке програмне забезпечення. Захист від злому, DDoS-атак та інших неприємностей реалізується за допомогою шифрованого протоколу, а також засобів захисту хостинг-провайдера.

Інформація по зашифрованому протоколу передається з контролера в хмарне сховище OwenCloud. Веб-інтерфейс по API збирає інформацію з хмари і відображає її. Коли власник вносить зміни в роботу механізмів, вони потрапляють в OwenCloud і далі – в контролер.

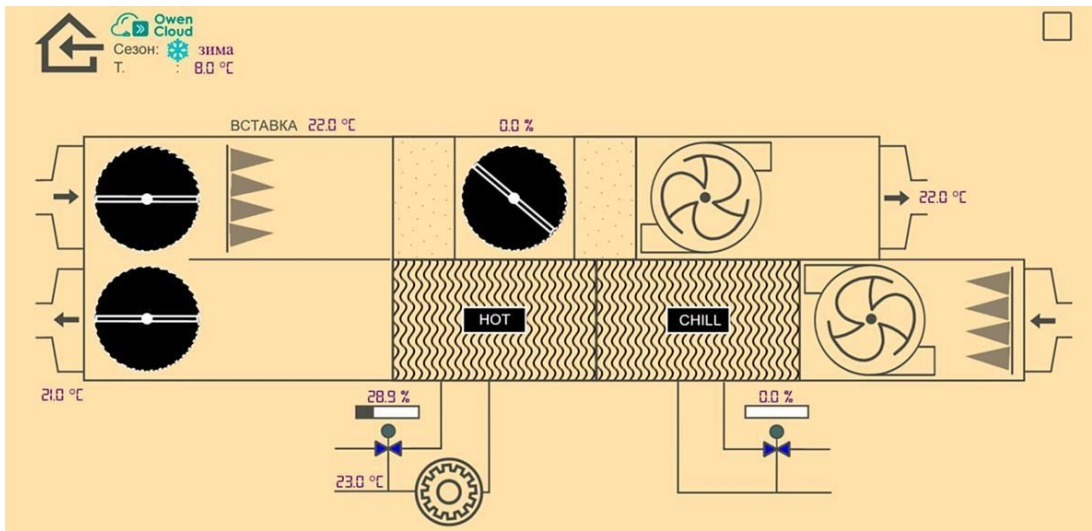


Рисунок 1.4 – Веб-візуалізація на промисловому об’єкті [9]

Інтерфейс дозволяє віртуально переміщатися по об’єкту автоматизації, спостерігати за режимами і станом вхідних підсистем на смартфоні або будь-якому іншому пристрої з виходом в інтернет. Існує можливість злиття і публікації даних з різних об’єктів. Для доступу до системи потрібно тільки веб-браузер з підтримкою JavaScript.

Проект повністю налаштовується під вимоги замовника. Дизайн підбирається індивідуально під власника і узгоджується на етапі технічного завдання. Можливі будь-які колірні і графічні рішення з використанням векторної графіки. Система онлайн-моніторингу складається з двох частин. Центральна серверна частина розташовується на публічному хостингу, також може встановлюватися на виділеному віртуальному або фізичному сервері. Серверна частина відповідає за взаємодію з OwenCloud, буферизацію, агрегування та попередню обробку даних. Тут же розташовуються шар безпеки і бізнес-аналітика. Клієнтська частина побудована на сучасному реактивному фреймворку і відповідає за надання інформації користувачеві в зручному для сприйняття вигляді.

У приміщенні проведена модернізація інженерних систем, Стара автоматика Siemens Desigo замінена на обладнання ОВЕН: контролери ПЛК110 [M02] і сенсорні панелі СП307. Для збору даних з датчиків і

управління виконавчими механізмами застосовуються модулі введення/виведення Mx110. У Owncloud організований віддалений контроль і моніторинг параметрів роботи обладнання.

До системи моніторингу підключені системи управління: теплими підлогами, витяжкою з санвузлів, кондиціонування, тепловим пунктом у складі трьох контурів (опалення, вентиляція, ГВП). Розподілена система управління об'єднує кілька приміщень, пов'язаних один з одним оптичною мережею. Така схема застосовується для підтримки локального управління на випадок обриву зв'язку. На місцях управління встановлена шафа автоматики з контролером ОВЕН ПЛК110 і панеллю оператора СП307-р. Управління може здійснюватися локально через АРМ оператора або через веб-інтерфейс. Подібна побудова розподіленої системи дозволяє досягти відмовостійкості і забезпечити безперебійний контроль над обладнанням.

1.3 Аналіз параметрів модуля керування на базі мікроконтролера ESP8266

Розглянемо один із масово розповсюджений Wi-Fi модуль ESP8266 компанії Espressif, яка постійно здійснює науково-дослідницьку та проектну діяльність в області нових технологій.

Модуль продається із завантаженою прошивкою, яка утворює Wi-Fi-UART міст для підключення до іншого мікроконтролера, в тому числі і до Arduino. Налаштування та обмін даними відбуваються за допомогою AT команд.

Із технічних характеристик ESP8266 розглянемо особливості модулю:

- процесор: одноядерний Tensilica L106 частотою до 160 MHz;
- підтримувані стандарти WI-FI: 802.11 b/g /n;
- підтримувані типи шифрування: WEP, WPA, WPA2;
- підтримувані режими роботи: клієнт (STA), точка доступу (AP),
- клієнт та точка доступу (STA + AP);

- напруга живлення: 1,7 В – 3,6 В;
- споживаний струм: до 215мА в залежності від режиму роботи;
- кількість GPIO: 16. Доступно на модулях: ESP-01-4, ESP-03 – 8;
- інтерфейси: 1 ADC, I2C, UART, SPI, PWM;
- зовнішня Flash пам'ять може бути встановлена від 512 кб до 4 мб;
- RAM даних 80 кб, RAM інструкцій-64 кб [10].

Зовнішній вигляд модулів ESP8266-07 та ESP8266-12 представлений на рисунку 1.5.

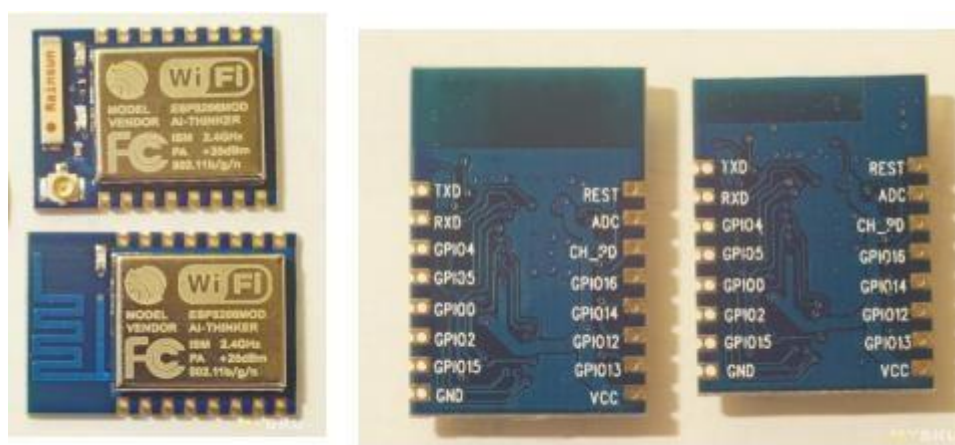


Рисунок 1.5 – Модулі ESP8266-07 та ESP8266-12 [10]

Мікроконтролер не має на кристалі користувальницької енергонезалежної пам'яті. Виконання програми ведеться з зовнішньої SPI ПЗП шляхом динамічного завантаження необхідних ділянок програми в кеш інструкцій. Підтримується до 16 МБ зовнішньої пам'яті програм. Можливий Standard, Dual або Quad SPI інтерфейс. Чіп ESP8266 є одним з найбільш високо інтегрованих рішень для роботи з Wi-Fi.

Енергоспоживання – одна з найважливіших характеристик інтернет-речей. Споживачі не готові міняти батареї в датчиках кожні два-три місяць. Тому «вихід в мережу» доводилося забезпечувати мостами, підключеним до постійної електрики. І тепер з появою цього модуля, Wi-Fi можна використовувати навіть в автономних датчиках, працюють на невеликих

батареях. Завдяки використанню просунутих механізмів управління енергоспоживанням. Якщо подивитися на характеристики споживання чіпа, 215 mA в режимі передачі, близько 60 mA в режимі глибокого сну (з працюючими годинами реального часу) і менше 1,0 mA (DTIM=3) або менше 0,5 mA (DTIM=10) в режимі підтримки зв'язку з точкою доступу Wi-Fi.

Щоб спростити використання мікроконтролера в типових проектах можливе використання готових бінарних файлів, придатних до прямої заливці в ПЗП модулів. Готові прошивки можна розділити на кілька груп відповідно до концепції їх використання:

- прошивки для роботи під управлінням зовнішнього контролера. В цих прошивках реалізований якийсь функціонал, якому зовнішній контролер через UART задає параметри роботи. До таких прошивок відноситься: прошивка з управлінням AT-командами з SDK Espressif;

- прошивки з вбудованими інтерпретаторами різноманітних мов високого рівня. Ці прошивки дозволяють довантажувати через UART і виконувати скрипти розробника пристрою;

- прошивки для Інтернету речей. Цей клас прошивок дозволяє з одного боку підключити до ESP8266 набір датчиків і виконавчих пристроїв з іншого боку надає необхідний мережевий функціонал для роботи в інфраструктурі Internet of Things.

Для управління процесом оновлення прошивки є безліч утиліт:

- XTCOM – консольна утиліта з Espressif SDK;
- NodeMCU-Flasher – віконна утиліта під Win;
- esptool_сk – консольна утиліта, написана на C;
- esp_tool – консольна утиліта, написана на C++;
- esptool.py – консольна утиліта, написана на Python.

Програмний комплект розробника SDK складається з:

- компілятора, який має відкриті вихідні тексти, то в різних SDK можуть міститися різні збірки цього компілятора, трохи відрізняються підтримуваними опціями;

- бібліотек для роботи з периферією контролера, стеків протоколів WiFi, TCP/IP;

- засобів завантаження виконуваного файлу в пам'ять програм мікроконтролера;

- опціональною IDE.

Espressif вільно розповсюджує свій комплект розробників. В цей комплект входить компілятор GCC, бібліотеки Espressif і завантажувальна утиліта XCOM. Бібліотеки поставляються у вигляді скомпільованих бібліотек, без вихідних текстів.

Espressif підтримує дві версії SDK: одна на основі RTOS, інша на основі зворотних викликів (callback).

ESP8266 можна використовувати в розумних розетках, Mesh-мережах, IP камерах, бездротових сенсорах, що носиться електроніці і так далі.

Передбачено два варіанти використання чіпа:

- у вигляді моста UART-Wi-Fi, коли модуль на базі ESP8266 підключається до існуючого рішення на базі будь-якого іншого мікроконтролера і управляється AT-командами, забезпечуючи зв'язок рішення з інфраструктурою Wi-Fi;

- впровадження нового рішення, що використовує сам чіп ESP8266 як керуючого мікроконтролера.

Основне застосування ESP8266 знаходить в управлінні різноманітними побутовими приладами через бездротові мережі. Існує кілька популярних реалізацій концепції IoT в плані обміну даними по мережі:

- HTML сервер на ESP8266. Контроль і управління пристроєм ведеться через браузер. Великовагове рішення, підходить автономним пристроям автоматика;

- AllJoyn – набирає популярність відкритий IOT протокол цифрової техніки «Allseen»;

- MQTT – це простий протокол поверх TCP / IP. Дуже популярне рішення. Існує велика кількість IOT додатків верхнього рівня для Android,

iOS та інших платформ, що підтримують цей протокол;

- SNMP – розширюваний протокол управління мережевими пристроями. Основний недолік в тому що в більшості мереж файрволли блокують проходження SNMP;

- ModBus та інші протоколи промислової автоматизації.

Модулі ESP8266 – це дуже дешеве рішення для побудови мережі розумного будинку та іншої домашньої автоматизації з використанням Wi-Fi. Але для роботи в якості самостійного контролера ESP8266 має замало ресурсів.

1.4 Аналіз структури протоколу передачі даних в IoT

На сьогоднішній день існує велика різноманітних протоколів і стандартів зв'язку, які використовуються в системах моніторингу. Застосовність того чи іншого стандарту або протоколу залежить від множини факторів, таких як необхідна пропускна здатність, дальність зв'язку, стійкість до перешкод, безпеки, споживання енергії. Розглянемо декілька протоколів передачі даних.

SPI – це протокол послідовного зв'язку синхронного типу, який складається з двох ліній даних (MOSI і MISO), однієї тактової лінії (SCK) і лінії вибору підлеглих (SS).

У випадку з SPI в будь-який момент часу може бути тільки один ведучий пристрій і кілька інших ведених, які відповідають тільки на виклик ведучого. Весь зв'язок обробляється самим ведучим; жоден підлеглий не може надсилати дані за власним бажанням. Ведучий надсилає дані через MOSI, а підлеглі відповідають через лінію MISO. У всьому процесі SCK (послідовне тактування) відіграє дуже важливу роль, кожен підлеглий залежить від цього годинника, щоб читати дані з MOSI та відповідати через MISO. SS (вибір підлеглого) використовується для того, щоб конкретний підлеглий прокинувся, з ким майстер хоче спілкуватися. На рисунку 1.6

представлена ілюстрація принципу підключення за допомогою інтерфейсу SPI.

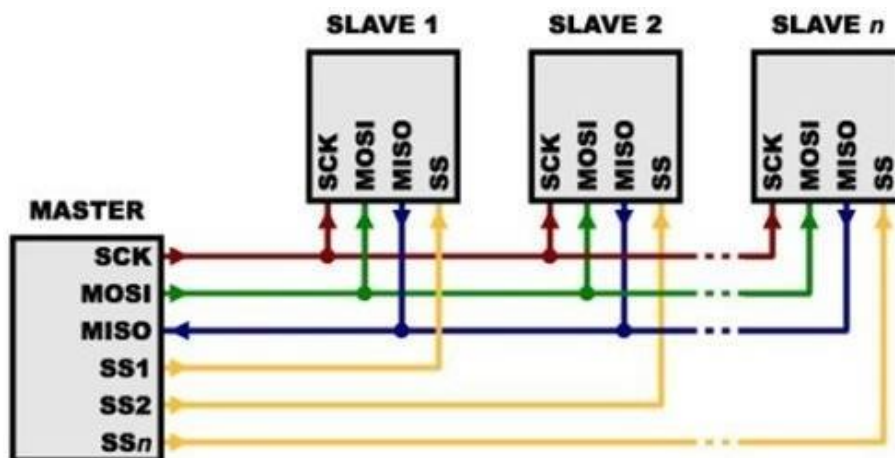


Рисунок 1.6 – Принцип підключення SPI

Існує кілька регістрів, які використовуються для реалізації зв'язку SPI. Всі нижчеперелічені регістри мають довжину 8 біт: SPDR (реєстр даних) використовується для зберігання одного байта даних, який повинен бути переданий або отриманий, SPSR (реєстр стану) містить біти стану, що беруть участь у передачі SPI, SPCR (реєстр управління) містить контрольні біти, що беруть участь у передачі SPI.

Переваги інтерфейсу SPI наступні.

- забезпечує синхронний послідовний зв'язок, який набагато надійніше асинхронного;
- кілька пристроїв можуть бути підключені до одного ведучого пристрою;
- швидка форма послідовного зв'язку.

До недоліків SPI віднесемо, що потрібно кілька ліній вибору ведених для підключення декількох підлеглих пристроїв. Тільки ведучий контролює весь процес комунікації; ніякі підлегли не можуть безпосередньо зв'язуватися один з одним.

Іншим дуже корисним синхронним протоколом послідовного зв'язку є

протокол I2C або Inter-Integrated Circuit. На відміну від SPI, I2C використовує лише два проводи для всього процесу, можливо, тому він також відомий як протокол двопровідного інтерфейсу (TWI). Ці два проводи є SDA (послідовні дані) та SCL (послідовне тактування). Протокол I2C може підтримувати кілька підлеглих пристроїв, але на відміну від SPI, який підтримує лише один головний пристрій, I2C також може підтримувати кілька головних пристроїв. Кожен пристрій надсилає/приймає дані, використовуючи лише один провід, який є SDA. SCL підтримує синхронізацію між пристроями через загальну систему тактування, яка реалізується активним провідним пристроєм. Принцип роботи протоколу I2C представлений на рисунку 1.7.

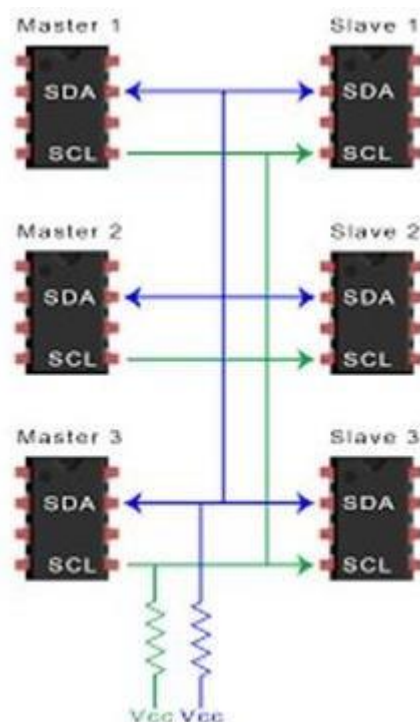


Рисунок 1.7 – Принцип роботи протоколу I2C

Кожен підлеглий пристрій має свою унікальну адресу (від 7 до 10 біт), яку ведучий використовує для їх ідентифікації. Щоразу, коли ведучий хоче надіслати дані, він спочатку генерує запит, який має конкретну адресу цього веденого. Кожне підлеглий пристрій зіставляє цю адресу зі своїм і той, чия адреса відповідає, відповідає ведучому. Кожне повідомлення починається з

умови запуску і закінчується умовою зупинки. Одне повідомлення може містити кілька байтів даних, кожен з яких має біт підтвердження (ACK) або негативний біт підтвердження (NACK) між ними.

Переваги I2C наступні. По-перше, кілька ведучих і кілька ведених можуть з'єднуватися один з одним. По-друге, для цього протоколу потрібні лише два дроти. До недоліків протоколу I2C можна віднести те, що він повільніше в порівнянні з SPI, тому що в рамках цього протоколу виконується багато операцій з кадрами даних.

CAN (Controller Area Network) – це промисловий стандарт, що дозволяє здійснити об'єднання в єдину мережу різних вузлів, механізмів, датчиків. Протокол є ширококомовним, це означає, що всі пристрої в CAN-мережі приймають всі передаються по шині сигнали. Режим передачі даних- послідовний, при цьому байти повідомлень формують кадри певного виду.

Важливою умовою працездатності шини є наявність на кінцях кручений пари узгоджувальних резисторів, які також називають термінаторами, з опором 120 Ом, що представлено на рисунку 1.8.

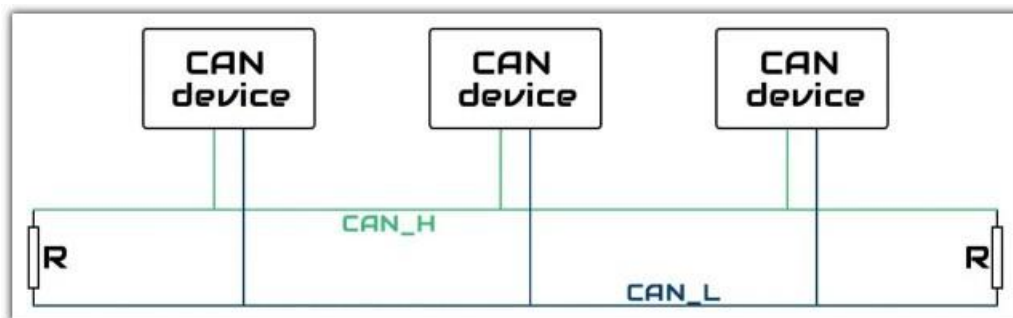


Рисунок 1.8 – Принцип роботи протоколу CAN

Основні характеристики протоколу CAN:

- дуже висока надійність і захищеність;
- кожне повідомлення має свій пріоритет;
- реалізовано механізм виявлення помилок;
- автоматична повторна відправка повідомлень, які були доставлені з

ПОМИЛКОЮ;

- широкомовний характер передачі даних;
- можливість присутності декількох провідних (master) пристроїв в одній мережі;
- широкий діапазон швидкостей роботи;
- висока стійкість інтерфейсу до перешкод;
- механізм виявлення «збійних» вузлів з подальшим видаленням таких вузлів з мережі.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – легкий і простий протокол обміну повідомленнями, що реалізує модель «публікація/підписка» і призначений для зв'язку комп'ютеризованих пристроїв, підключених до локальної або глобальної мережі, між собою і різними публічними або приватними веб-сервісами. Схема роботи протоколу MQTT представлена на рисунку 1.9.

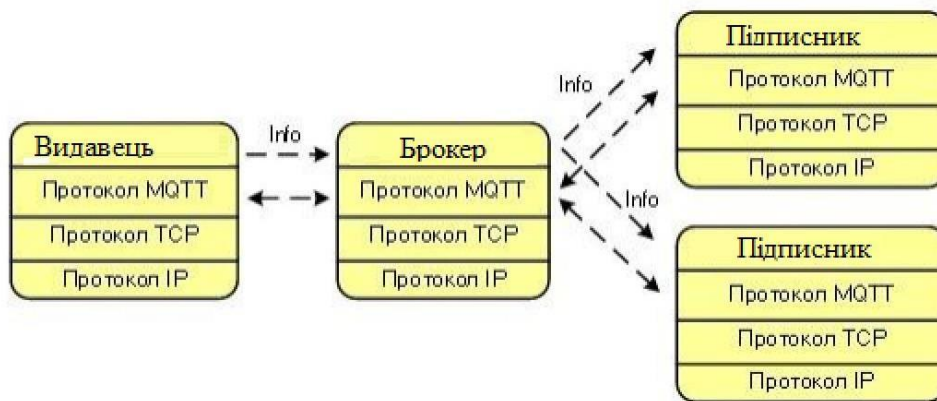


Рисунок 1.9 – Схема роботи протоколу MQTT

Протокол MQTT спочатку був створений для датчиків, що відстежують стан труб, проте пізніше сфера його діяльності була розширена і він знайшов своє застосування в безлічі вбудованих рішень, в тому числі в смартфонах. Так соціальна мережа Facebook застосовує цей протокол для обміну повідомленнями.

У мережі на базі протоколу MQTT розрізняють 3 об'єкти:

- видавець (publisher) – MQTT-клієнт, який при виникненні певних подій передає інформацію про нього в брокер;

- брокер (broker) – MQTT-сервер, який приймає інформацію від видавців і передає її відповідним передплатникам, в складних системах та може виконувати також різні операції, пов'язані з аналізом і обробкою даних. Брокери можуть бути налаштовані мостом, таким чином можна масштабувати мережу управління;

- підписник (subscriber) – MQTT-клієнт, який після підписки у відповідного брокера більшу частину часу «слухає» його і постійно готовий до прийому та обробки вхідного повідомлення від брокера.

Специфікація MQTT відкрита та доступна в Інтернеті. В даний час є два варіанти специфікації MQTT:

- MQTT v3.1 – основна специфікація для мереж на базі TCP/IP;
- MQTT-S v1.2 для датчиків і вбудованих пристроїв в мережах, відмінних від TCP / IP, наприклад ZigBee.

MQTT вже використовується в роботі супутників, а також у медицині та деяких промислових сферах.

Основні переваги протоколу MQTT:

- невеликі накладні витрати на транспортному рівні (заголовок фіксованого розміру довжиною 2 байт);
- протокол обміну зведений до мінімуму для зменшення мережевого трафіку;
- вбудований механізм контролю з'єднання.

Протокол MQTT має ряд переваг, в порівнянні з протоколом HTTP:

- менші накладні витрати на передачу даних і менша смуга пропускання;
- для своєї роботи він не вимагає постійного з'єднання між клієнтом і сервером (як у випадку HTTP).

MQTT також добре адаптований до роботи по каналах зв'язку з низькою пропускнуною спроможністю.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ТА СХЕМИ МАКЕТА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

2.1 Розробка архітектури програмного забезпечення системи моніторингу

Структурна схема системи моніторингу кліматичних параметрів повинна розроблятися на перших етапах розробки проекту тому, що вона дозволяє проаналізувати всі ланки об'єкту розробки та сприяє розробці подальших схем, необхідних для його реалізації. Побудована структурна схема зображена на рисунку 2.1.

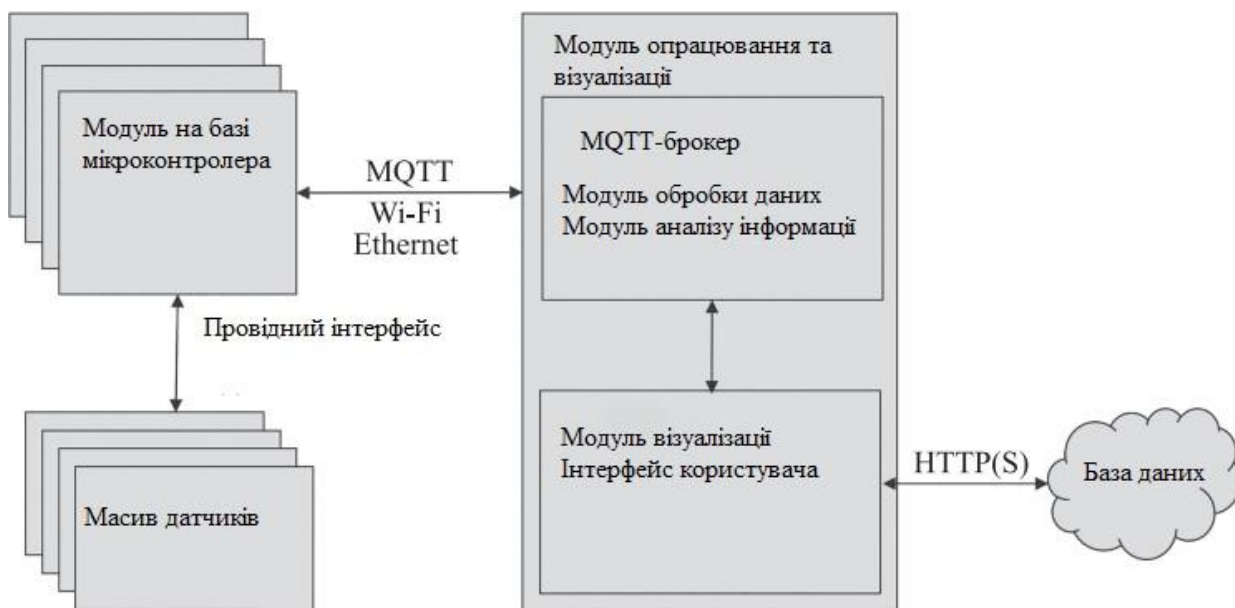


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи моніторингу кліматичних параметрів

Основою ІОТ-пристрою є універсальний застосунок-шаблон сенсора в якому реалізовано: робота з мережею; збір даних про фізичне оточення пристрою; можливості конфігурації та інтеграції пристрою з керуючою системою; обмін даними з нею. Для адаптації шаблону до роботи з

конкретним фізичним пристроєм необхідно виконати розробку частини програми, що відповідає за логіку роботи з цим пристроєм, використовуючи бібліотеки підтримки (або драйвери пристроїв). Це дозволяє сфокусуватися на логіці роботи інтернету речей і не розробляти бібліотеки для роботи з її апаратною частиною, що знижує складність і скорочує час розробки.

Для розробки IoT-пристроїв використана програмна платформа прототипування Arduino. Це обумовлено наступними факторами:

- платформа підтримує популярні мікроконтролери і SoC-системи, в тому числі ESP8266;
- платформа підтримує велику кількість модулів зовнішніх пристроїв, що спрощує розробку програмного коду IoT-пристрої і позбавляє від самостійної розробки драйверів пристроїв;
- платформа підтримується розробником, оновлюється і популярна в призначених для користувача;
- для Arduino розроблено великий обсяг бібліотек.

Платформа не позбавлена недоліків: платою за сумісність з великою кількістю зовнішніх пристроїв є обмежена сумісність зовнішніх пристроїв між собою, завдяки використанню фрейм ворка Arduino користувачеві доступно менше апаратних ресурсів (стек, пам'ять, процесорний час), і доступно всього лише одне переривання незалежно від наданих контролером апаратних можливостей.

Так як в якості стандарту передачі даних вибрано поєднання мережі Wi-Fi і протоколу MQTT, пристрій повинен містити клієнт Wi-Fi і мати можливість працювати в режимі станції, і утримувати клієнт MQTT для обміну повідомленнями з сервером з метою передачі даних сенсорів і отримання команд від сервера. Також необхідно обробляти дані з зовнішніх пристроїв-сенсорів, і вміти обробляти команди від зовнішніх пристроїв (натиснута кнопка, увімкнутий вимикач), що надходять способом, відмінним від передачі MQTT-повідомлення. Для реалізації конфігурації пристрій має WEB-інтерфейс, який дозволяє модифікувати значення деяких його змінних.

Зберігання налаштувань здійснюється в енергонезалежній пам'яті пристрою (EEPROM, Flash). Для початкового налаштування пристрою використовується режим точки доступу. У разі неможливості підключення до Wi-Fi-мережі пристрій переходить в режим точки доступу і надає свій WEB інтерфейс у власній Wi-Fi-мережі. Для обробки зовнішніх команд використовується апаратне переривання.

Для створення необхідної температури повітря в виробничому приміщенні застосовуються датчики температури, пристрої вентиляції та нагрівальні пристрої. Датчики температури використовуються для безперервного вимірювання температури робочого середовища. Фахівці рекомендують визначати їх кількість та тип, враховуючи площу складського приміщення. Так на приміщення в 36 м² потрібні чотири датчики температури, один варто розмістити на зовні, для вимірювання температури повітря на вулиці. В холодну пору року (коли температура нижче +100 °С) температура в середині складу має бути 22 °С – 23 °С, а в теплу (температура вище +100 °С) 23 °С – 25 °С. Опрацьований сигнал від датчиків передається до мікроконтролера по шині 1-Wire.

У теплу пору року серед виконавчих пристроїв підсистеми може бути кондиціонер повітря або вентилятор, призначений для подачі чистого зовнішнього повітря. Управління і вентилятором, і кондиціонером здійснюється через реле, яке під'єднане до мікроконтролера через цифровий вихід.

Для підтримки заданої температури повітря у виробничому приміщенні холодну пору року може використовуватись електричний конвектор. Управління конвектором здійснюється через димер, який під'єднаний до аналогового виходу мікроконтролера. Димер дозволить плавно регулювати напругу, що подається на нього, зменшуючи або збільшуючи температуру нагрівання ТЕНи.

Для рівномірного розподілення повітряних мас та створення однорідного температурного середовища в складському приміщенні можна

використовувати стельовий вентилятор. Управління вентилятором здійснюється через реле, яке під'єднане до мікроконтролера через цифровий вихід.

Для створення заданої відносної вологості повітря в складському приміщенні застосовуються датчики вологості та система зволоження або осушення повітря. Датчики вологості застосовуються для вимірювання відносної вологості повітря. Опрацьований сигнал від датчика подається на цифровий вхід мікроконтролера. Для підтримки оптимального рівня вологості в приміщенні використовується зволожувач повітря, який під'єднаний до мікроконтролера через аналоговий вихід.

2.2 Візуалізація та опис функціональності системи моніторингу

В основі програмного забезпечення лежить методологія об'єктно-орієнтованого програмування, суть якого полягає в поданні у вигляді сукупності об'єктів програмного продукту, кожен з яких є екземпляром свого класу.

Модуль мікроконтролера ESP8266 відповідає за зчитування показань з усіх датчиків і пристроїв, наявних в системі. Але найголовніше в його роботі це реагування на зовнішній вплив за допомогою повідомлень, які надсилають різні команди. Діаграма прецедентів зображена на рисунку 2.2.

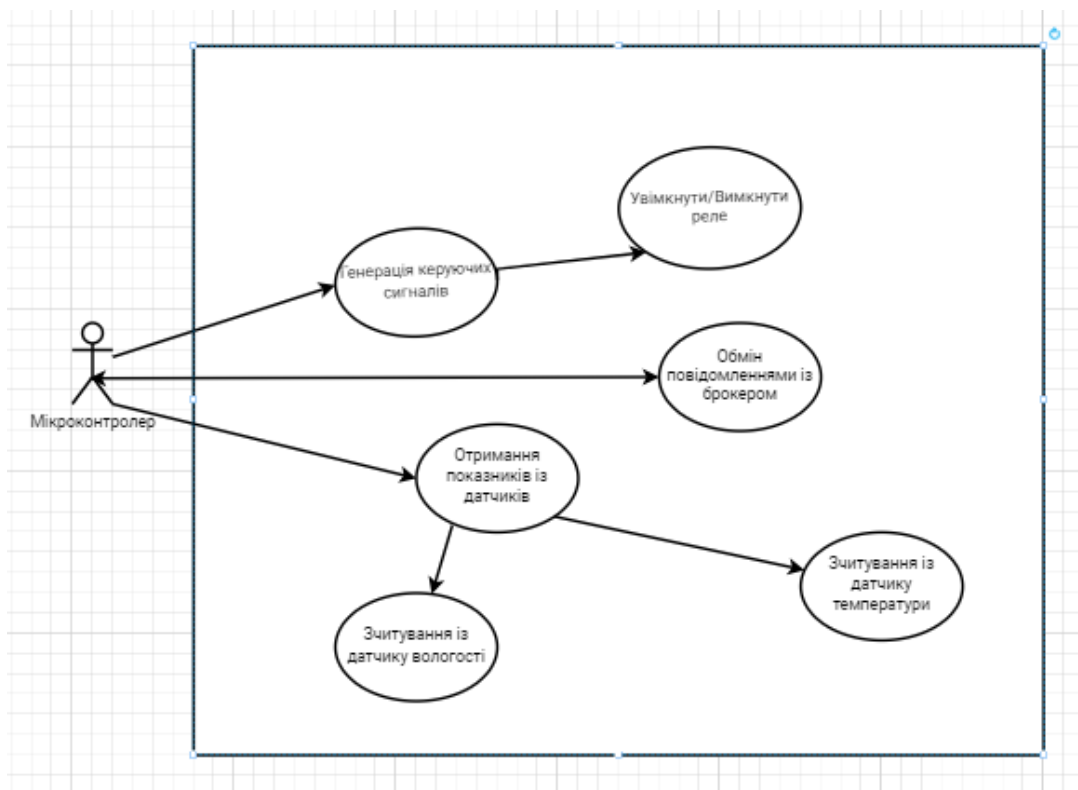


Рисунок 2.2 – Діаграма прецедентів для мікроконтролеру

На діаграмі представлені основні можливості модуля – це генерування керуючих сигналів і ініціалізація отримання даних з датчиків. Асоціацію від «Обмін повідомленнями з брокером» варто розуміти, як автоматичну передачу даних як від брокера до мікроконтролеру, так і у зворотний бік. Прецеденти «Генерування сигналів» і «Отримання даних з датчиків» докладно описані на діаграмі 2.2.

Реагування на зовнішній вплив здійснюється за допомогою програмних переривань наступним чином: як тільки надходить повідомлення у форматі JSON від брокера, відсилення даних з датчиків припиняється. У цей момент необхідно прочитати отримані дані і повідомити про успішну або невдалу операцію відправника. Повідомлення про отримання повідомлення представляється у вигляді прапора, окремого параметра, який відправляється разом з показаннями датчиків. Діаграма класів для мікронтролеру ESP8266 представлена на рисунку 2.3.

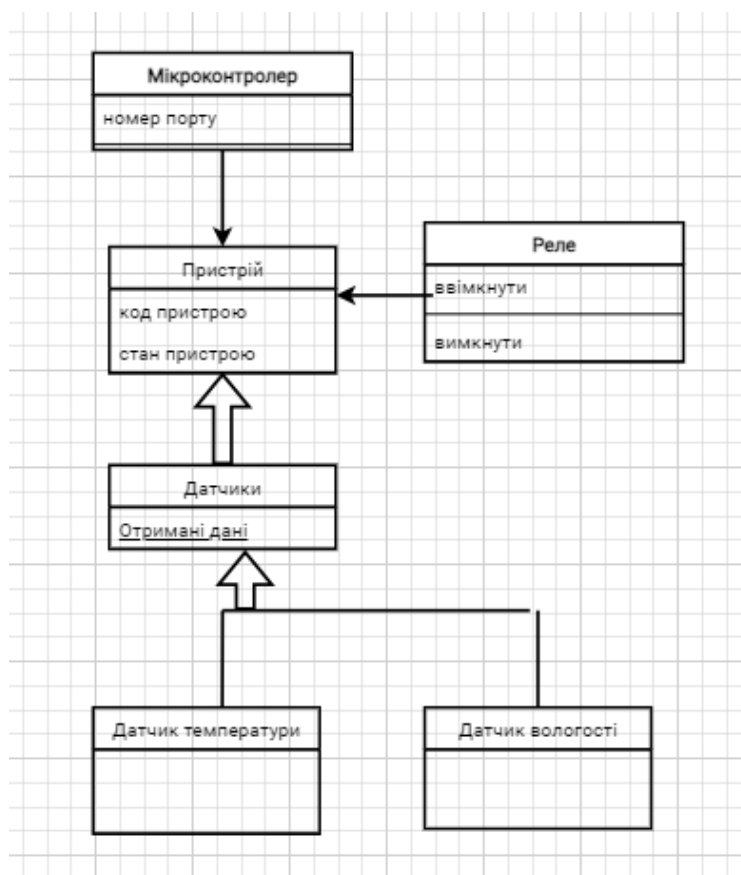


Рисунок 2.3 — Діаграма класів для мікроконтролеру

Мікроконтролер взаємодіє з наявними пристроями. У класу «Пристрій» є свої спадкоємці: це безпосередньо датчики і системи керування реле. У датчиків є функція отримання даних, а у систем тільки варіанти з включенням або відключенням.

Сховище даних з датчиків являє собою базу даних під керуванням СКБД. Під кожен з датчиків створюється окрема таблиця за допомогою методу CREATE, що є стандартною процедурою СКБД. Кожна таблиця складається з набору стовпців: велика частина з них являє собою назву того або іншого датчика. Є і службові стовпці: в них зберігається час запису показань, стан датчиків і пристроїв. Якщо щось виходить з ладу, то момент, коли це сталося, буде відображено у таблиці. Для організації підключення до сховища буде використано ім'я бази даних, логін і пароль для доступу до неї, хост і порт на якому відкрита БД.

Переваги даної структури в наступному:

- можливість роботи з декількома підключеннями до БД одночасно;
- при необхідності можна налаштувати автоматичне збільшення кількості одночасних підключень, якщо в чергах занадто багато запитів;
- при раптовому перезавантаженні сервера БД, автоматично заново встановить з'єднання і відстежить, щоб запити, які були втрачені в ході перезавантаження сервера БД, були виконані.

Наведені вище переваги дозволяють не турбуватися про те, що будь-який користувач не зможе отримати необхідну інформацію про роботу системи.

2.3 Вибір протоколу передачі параметрів виробничого приміщення з мікроконтролера на сервер

MQTT – це протокол, зроблений саме для IoT. Відкритий і простий він призначений для обміну інформацією між різними пристроями і модулями.

Спрощує з'єднання каналів зв'язку швидко, якісно і своєчасно. Відповідає за безпеку з'єднання, швидкість передачі даних і практичне функціонування систем і програм. Захищає від всіляких збоїв і неполадок, якісно виконуючи свою роботу. Спектр можливостей цього протоколу дуже великий. Він дозволяє обмінюватися інформацією між більш масштабними «предметами», а також виконує систематизацію локальних мереж в інтернеті.

Протокол MQTT працює на прикладному рівні поверх TCP/IP та використовує 1883 порт за замовчуванням та 8883 при підключенні через SSL.

На рисунку 2.4 можна побачити ієрархічну модель OSI.

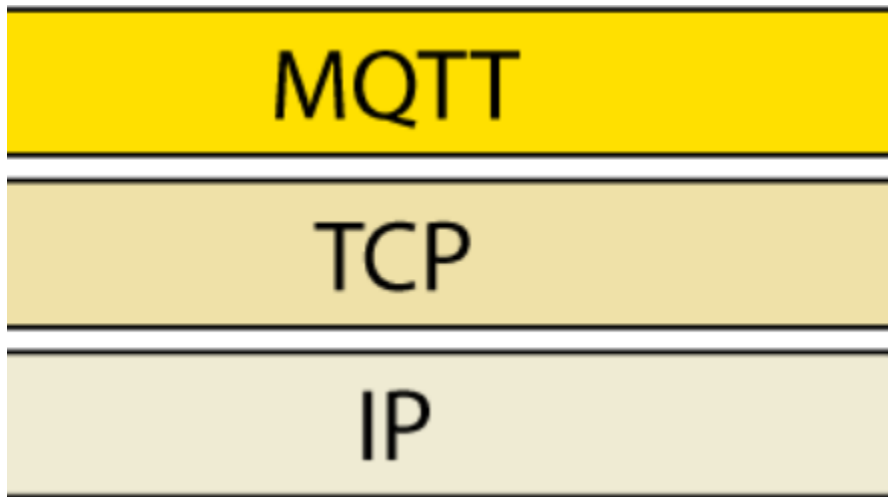


Рисунок 2.4 – Рівні моделі OSI [6]

MQTT протокол складається з MQTT-брокера, MQTT-агентів підписників і виконавців. Всі вони чітко знають і виконують запрограмоване завдання, працюючи чітко і злагоджено. Виконавці займаються публікацією даних призначених для підписників. Це їхня основна функція, без якої з'єднання не буде працювати.

Для адресації повідомлень в протоколі MQTT використовуються передбачена ієрархічна структура топіків. Вони можуть бути однорівневими та багаторівневими та розділяються спеціальним символом «/». Прикладом багаторівневого топіка може бути «home/bedroom/temperature»

На рисунку 2.5 зображена ієрархія топіків.

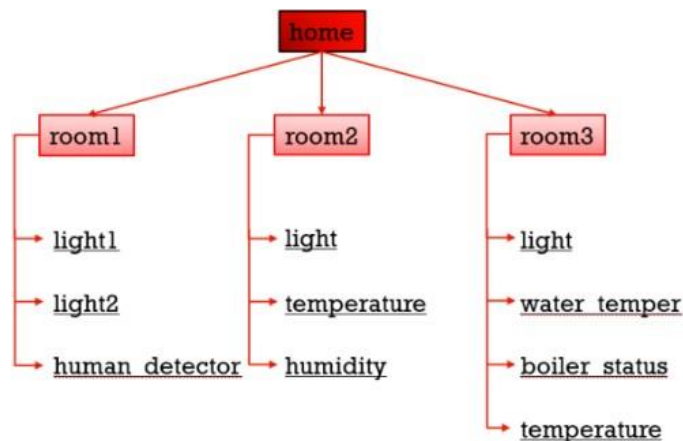


Рисунок 2.5 – Ієрархія топіків у протоколі MQTT [7]

Для передачі повідомлень між MQTT брокером на пристроями використовуються наступні типи повідомлень, які можна побачити в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні типи повідомлень для зв'язку з MQTT брокером

№	Тип повідомлення	Повідомлення
1	Connect	встановити з'єднання з брокером
2	Disconnect	розірвати з'єднання з брокером
3	Publish	опублікувати дані в топик на брокера
4	Subscribe	підписатися на топик на брокера
5	Unsubscribe	відписатися від топика
6	Puback	підтвердження відправки
7	Pubrec	повідомлення отримано
8	Pubcomp	публікація завершена
9	Connack	підтвердження успішного підключення

В системі реалізована підтримка спеціального флагу QoS. Це є головною відмінністю протоколу MQTT від протоколу CoAP (Constrained Application Protocol), тому що надає можливість використовувати різні рівні обслуговування. В залежності від обраного рівня повідомлення можуть підтверджуватися або оброблятися без підтвердження.

Флаг рівня QoS 0 передбачає, що видавець публікує повідомлення брокеру та не вимагає, щоб воно було гарантовано доставлено. Далі брокер відправить це повідомлення до підписника.

Принципова схема флагу рівня QoS 0 зображена на рисунку 2.6.

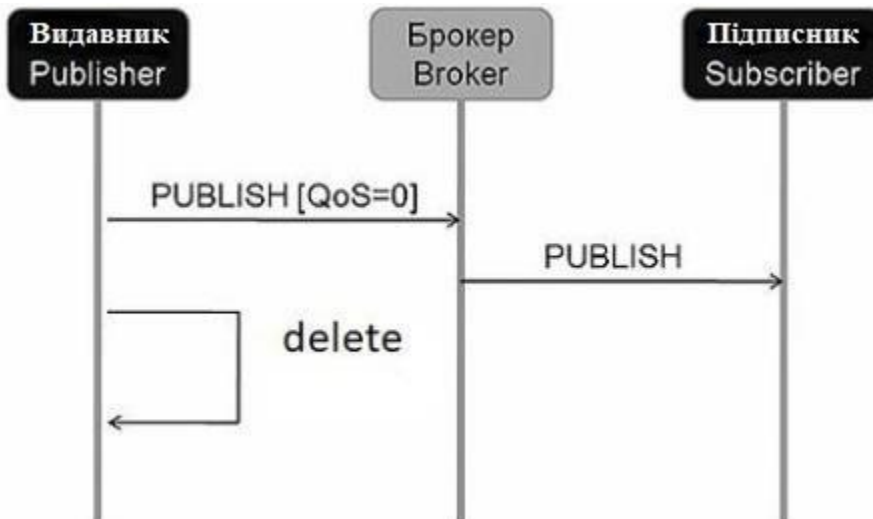


Рисунок 2.6 – Рівень передачі QoS 0

Це означає, що підписник може і не отримати це повідомлення, але це не буде відстежуватись видавцем. Описаний сценарій використовується для тих випадків, коли втрати даних не критичні. Наприклад, при постійному моніторингу температури, коли втрата одиничного вимірювання не відіграє суттєвої ролі в загальній картині. Флаг рівня QoS 1 передбачає, що повідомлення, надіслане видавцем, збережеться та буде надіслано до підписника і тільки після цього видавцю буде надіслано підтвердження.

Принципова схема флагу рівня QoS 1 зображена на рисунку 2.7.

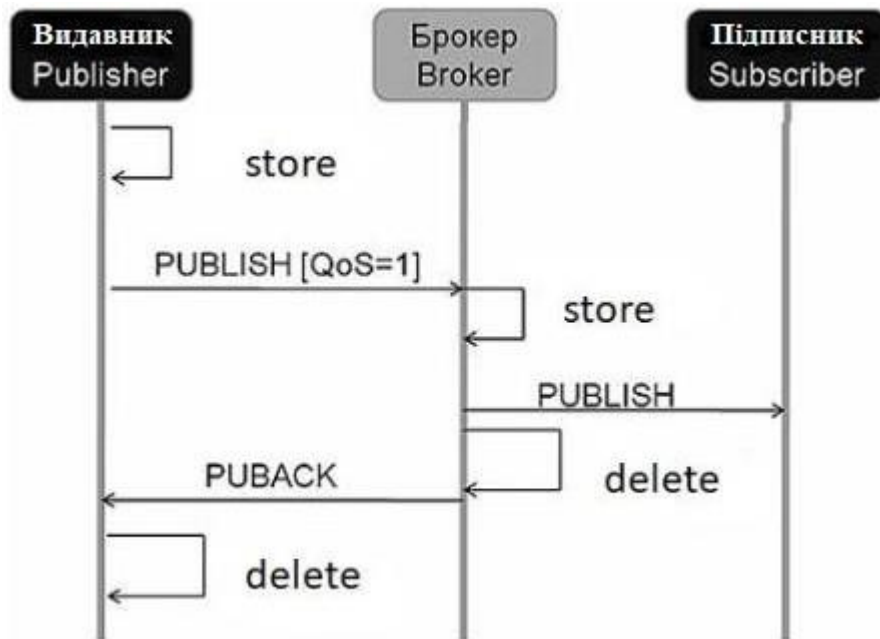


Рисунок 2.7 – Рівень передачі QoS 0

Це означає, що повідомлення буде надсилатися брокеру і підписнику, доки видавець не отримає підтвердження. Це забезпечить гарантію отримання повідомлення мінімум один раз.

Флаг рівня QoS 2 забезпечить гарантію доставки повідомлення та унеможливить дублювання повідомлень за допомогою спеціальних процедур `pubres`, `pubrel`, `pubcomp`.

Принципова схема флагу рівня QoS 2 зображена на рисунку 2.8.

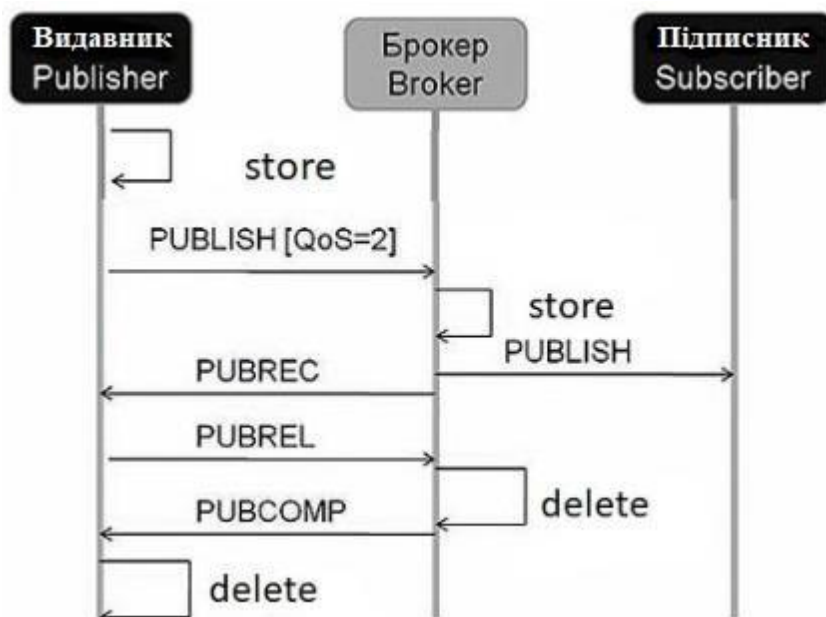


Рисунок 2.8 – Рівень передачі QoS 2

Цей флаг використовується у випадках, коли потрібно гарантувати отримання повідомлення підписником від видавця та уникнути дублювання.

Прикладом може слугувати спрацювання сигналізації та відправки повідомлення до екстреної служби.

Обчислювальні потреби для протоколу MQTT дуже маленькі, тому що він розрахований на вмонтовані пристрої з низькою потужністю. Навіть якщо в мережах низька пропускна можливість, MQTT зберігає високу якість зв'язку і практично не перевантажує роботу системи. Це один з основних плюсів цього протоколу. У структурі даних, які передає протокол майже немає функціональної інформації, в порівнянні з іншими протоколами зв'язку. Що характеризує його з якісної сторони. Наприклад HTTP передає всі службові дані, але в цьому немає ніякої термінової необхідності.

Відмінною особливістю правила передачі даних «видавець-підписник» від клієнт-серверного підходу полягає в тому, що клієнти, які надсилають деякі повідомлення, і клієнти, які отримують повідомлення, як правило, розділені.

Видавець і підписник не надсилають повідомлення один одному

безпосередньо. Вони можуть не знати про один одного.

Брокер безпосередньо передає повідомлення до підписника від видавця і в зворотньому напрямку.

Брокер є центральним елементом системи «видавець-підписник». Саме він відповідає за коректний прийом повідомлень від видавців, їх фільтрацію. Брокер приймає рішення щодо того, хто зацікавлений отримати ці повідомлення, і пересилає повідомлення всім клієнтам які очікують їх.

Весь процес передачі інформації можна описати наступним чином: видавець відправляє повідомлення з даними на брокер, вказуючи при цьому тему, до якої ці дані відносяться.

Брокер аналізує, які з підписників мають підписку на певні теми. Підписникам, які підписані на тему, буде надіслано повідомлення з даними від датчиків брокером.

Таким чином, різні підписники можуть користуватися темами від різних пристроїв та отримувати необхідні дані.

2.4 Розробка алгоритму роботи

Визначимо умови роботи підсистеми моніторингу кліматичних параметрів виробничого приміщення. Пропонована система управління кліматом в складському приміщенні призначена для підтримки заданої температури, відносної вологості. Управління процесами регулювання параметрів вимагає використання складних алгоритмів керування технологічними процесами системи управління кліматом.

На рисунку 2.9 представлений загальний алгоритм роботи проекрованої системи контролю мікроклімату.



Рисунок 2.9 – Алгоритм роботи підсистеми моніторингу

Система розпочинає свою роботу з ініціалізації.

Ініціалізації передуює виконання програми, що приводить систему в режим готовності. Далі відбувається опитування датчиків. Якщо система готова до роботи, то розпочинається головний цикл програми, якщо ні, то система перериває свою роботу. Після повторного запуску відбувається вихід на режими управління параметрами, що підлягають керуванню.

Алгоритм роботи підсистеми підтримки відносної вологості повітря в приміщенні представлено на рисунку 2.10.



Рисунок 2.10 – Алгоритм роботи підсистеми підтримки відносної вологості повітря

Підсистема розпочинає свою роботу з опитування датчика вологості, якщо показники з датчика відрізняються від заданого ($M_{\text{вим.}}=M_{\text{зад.}}$), то вмикається виконавчий пристрій (наприклад, зволожувач повітря).

Якщо рівень вологості відповідає заданому значенню, то мікроконтролер посилає сигнал на відключення виконавчого пристрою. Якщо вологість повітря відповідає заданій відбувається обробка та збереження даних, які відображаються на дисплеї.

Алгоритм функціонування підсистеми підтримки температури зображений на рисунку 2.11.

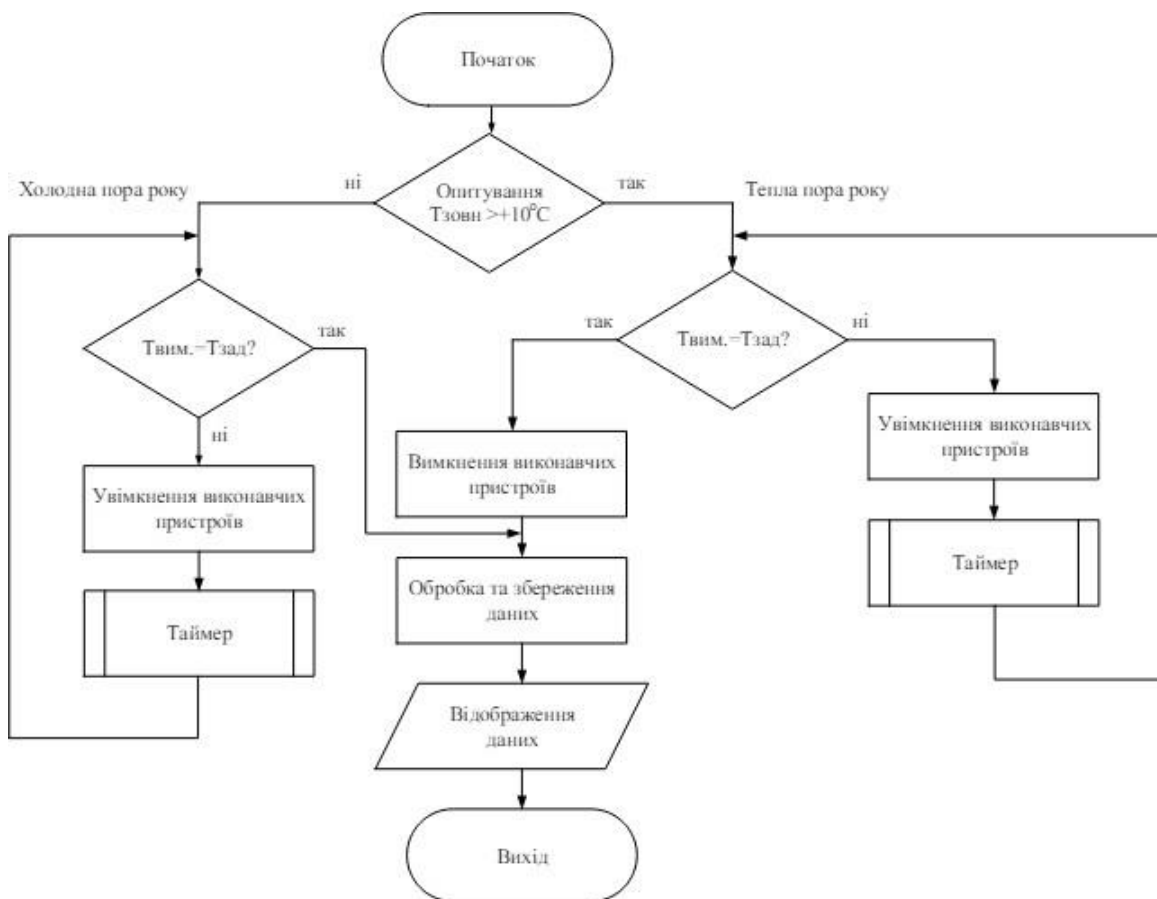


Рисунок 2.11 – Алгоритм роботи підсистеми підтримки температури повітря в приміщенні

Підсистема розпочинає свою роботу з опитування датчика, який знаходиться в приміщенні.

Температура з датчику порівнюється з заданою ($T_{\text{вим.}}=T_{\text{зад.}}$), і якщо вказана температура відрізняється, то мікроконтролер подає команду та вмикається виконавчий пристрій (кондиціонер або вентилятор). Якщо температура відповідає заданій, то мікроконтролер посилає сигнал на відключення вентиляторів. Потім відбувається обробка та збереження даних, які відображаються на дисплеї.

Алгоритм одержання інформації про температуру в скетчі складається з наступних етапів: визначення адреси датчика, перевірка його підключення. На датчик подається команда з вимогою прочитати температуру й викласти отримане значення в регістр. Процедура відбувається довше інших, на неї необхідно приблизно 750 мс. Подається команда на читання інформації з

регістру й відправлення отриманого значення на відображення.

3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

3.1 Огляд інструментів та технологій

Система моніторингу кліматичних параметрів — це комплексне рішення, призначене для збору, аналізу та відображення даних про температуру та вологість у реальному часі. У цьому розділі ми розглянемо особливості програмної реалізації системи, а також переваги та недоліки використання MATLAB як основного інструменту для розробки цього проекту.

MATLAB (Matrix Laboratory) — це високорівневе технічне обчислювальне середовище та мова програмування, яка використовується переважно для математичних розрахунків, аналізу даних, розробки алгоритмів та створення моделей. MATLAB надає широкий набір інструментів і функцій, які значно полегшують процес розробки програмного забезпечення для наукових та інженерних застосувань.

Переваги MATLAB:

- Математичні та Статистичні Обчислення: MATLAB має потужні інструменти для виконання складних математичних і статистичних обчислень. Це робить його ідеальним вибором для розробки систем, що вимагають обробки великих обсягів даних та виконання складних розрахунків.

- Інструменти для Аналізу Даних: MATLAB надає широкий спектр функцій для аналізу даних, включаючи обробку сигналів, аналіз часових рядів, машинне навчання та інше. Це дозволяє швидко та ефективно аналізувати дані з сенсорів та інших джерел.

- Розробка Графічних Інтерфейсів: MATLAB містить засоби для створення інтерактивних графічних інтерфейсів користувача (GUI). Це

дозволяє розробляти зручні та функціональні додатки, що полегшують взаємодію користувача з системою.

– Інтеграція з Іншими Системами: MATLAB підтримує інтеграцію з різними мовами програмування та технологіями, включаючи C/C++, Java, Python, та інші. Це дозволяє використовувати MATLAB у складі складних програмних комплексів.

– Ком'юніті та Підтримка: MATLAB має велику та активну спільноту користувачів, а також надає доступ до широкого спектру навчальних ресурсів, документації та технічної підтримки.

Недоліки MATLAB:

Вартість: MATLAB — це комерційний продукт, і його використання вимагає придбання ліцензії. Вартість може бути досить високою, що робить його менш доступним для невеликих підприємств або індивідуальних розробників.

Продуктивність: Хоча MATLAB добре оптимізований для виконання математичних обчислень, його продуктивність може бути нижчою порівняно з мовами програмування низького рівня, такими як C/C++. Це може бути критично для застосувань, що потребують високої продуктивності.

Закрита Платформа: MATLAB — це пропріетарне програмне забезпечення, що обмежує можливості користувачів у модифікації та налаштуванні ядра системи. Це може бути проблемою для проектів, що вимагають повного контролю над програмним середовищем.

Система моніторингу кліматичних параметрів призначена для збору, аналізу та відображення даних про температуру та вологість у реальному часі. Основні компоненти системи включають:

Збір Даних: Дані про температуру та вологість отримуються від сенсорів або інших джерел даних через протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).

Аналіз Даних: Отримані дані аналізуються та обробляються в MATLAB для виявлення трендів, аномалій та інших важливих

характеристик.

Відображення Даних: Дані відображаються у вигляді графіків та текстової інформації в графічному інтерфейсі користувача. Це дозволяє користувачам легко стежити за змінами кліматичних параметрів у реальному часі.

Збереження Журналу: Всі отримані повідомлення зберігаються у текстовий файл для подальшого аналізу та аудиту.

Основні Функції Системи:

– **Графічний Інтерфейс Користувача (GUI):** Інтерфейс користувача дозволяє візуалізувати дані про температуру та вологість у реальному часі. Він включає графіки, текстові поля для поточних значень параметрів та кнопки для налаштування параметрів.

– **Підключення до MQTT:** Система використовує протокол MQTT для отримання даних від сенсорів. Вона включає налаштування брокера MQTT, створення клієнта для публікації повідомлень та підписувача для отримання даних.

– **Налаштування Параметрів:** Користувач може встановлювати цільові значення температури та вологості через спеціальне вікно налаштування параметрів. Введені параметри перевіряються на коректність та публікуються через MQTT.

– **Збереження Журналу:** Всі отримані повідомлення зберігаються у текстовий файл `mqtt_log.txt`. Це дозволяє зберігати історію даних для подальшого аналізу.

3.2 Програмна Реалізація Системи Моніторингу

Розробка системи моніторингу кліматичних параметрів включає кілька основних етапів: створення графічного інтерфейсу користувача (GUI), ініціалізацію даних, налаштування MQTT, створення вікна журналу, функції для відкриття та встановлення параметрів, оновлення даних, та збереження

журналу.

3.2.1 Створення Графічного Інтерфейсу Користувача (GUI)

Функція `climate_monitoring_simulation` відповідає за створення основного графічного інтерфейсу користувача (GUI) для системи моніторингу кліматичних параметрів.

```
function climate_monitoring_simulation
hFig = figure('Name', 'Система Моніторингу Кліматичних Параметрів',
...
'NumberTitle', 'off', ...
'Position', [100, 100, 600, 500]);
```

Цей код створює головне вікно програми з розмірами 600x500 пікселів і назвою "Система Моніторингу Кліматичних Параметрів".

```
hAxesTemp = subplot(2, 1, 1, 'Parent', hFig);
hAxesHumidity = subplot(2, 1, 2, 'Parent', hFig);
```

Ці рядки створюють дві області для відображення графіків температури та вологості. `subplot(2, 1, 1)` створює верхню область для графіка температури, а `subplot(2, 1, 2)` створює нижню область для графіка вологості.

3.2.2 Ініціалізація Даних

Ініціалізація початкових даних для графіків здійснюється наступним кодом:

```
numPoints = 100;
temperatureData = NaN(numPoints, 1);
humidityData = NaN(numPoints, 1);
timeData = 1:numPoints;
```

Тут визначаються початкові значення даних для графіків:

- `numPoints` визначає кількість точок даних, які будуть зберігатися.
- `temperatureData` і `humidityData` ініціалізуються як масиви розміром `numPoints` з значеннями `NaN` (Not a Number), що означає, що початково дані відсутні.
- `timeData` — це масив з індексами від 1 до `numPoints`, що використовується як часові мітки на графіках.

3.2.3 Налаштування MQTT

Наступний код відповідає за налаштування брокера MQTT та створення клієнта і підписувача для обміну даними через MQTT протокол.

```
broker = MQTTBroker();
if isempty(broker)
    error('Не вдалося створити брокера MQTT.');
```

end

```
publisher = MQTTClient(broker, 'climate/parameters', @updateLog);
if isempty(publisher)
    error('Не вдалося створити клієнта MQTT.');
```

end

```
subscriber = MQTTSubscriber(@updateLog);
if isempty(subscriber)
    error('Не вдалося створити підписувача MQTT.');
```

end

```
broker.subscribe('climate/parameters', subscriber);
```

Тут використовуються наступні підходи:

- Створення об'єкта `broker` для управління MQTT-з'єднанням.
- Перевірка, чи вдалося створити брокера. Якщо ні, виводиться помилка.
- Створення клієнта `publisher` для публікації повідомлень в тему `climate/parameters` та призначення функції `@updateLog` для обробки

отриманих повідомлень.

- Створення підписувача `subscriber`, який буде обробляти повідомлення з теми `climate/parameters`.

- Підписка підписувача на тему `climate/parameters`.

3.2.3 Створення Вікна Журналу

Цей код створює вікно журналу для відображення поточних параметрів температури та вологості.

```
hLogFig = figure('Name', 'Журнал MQTT', ...
'NumberTitle', 'off', ...
'Position', [720, 100, 600, 500]);
```

Вікно з назвою "Журнал MQTT" створюється з розмірами 600x500 пікселів.

```
uicontrol('Style', 'text', 'Position', [20, 415, 150, 20], 'String', 'Поточна
Температура (°C):', 'Parent', hLogFig);
hCurrentTemp = uicontrol('Style', 'text', 'Position', [180, 415, 100, 20],
'String', 'Н/Д', 'Parent', hLogFig);
uicontrol('Style', 'text', 'Position', [20, 385, 150, 20], 'String', 'Поточна
Вологість (%)':, 'Parent', hLogFig);
hCurrentHumidity = uicontrol('Style', 'text', 'Position', [180, 385, 100, 20],
'String', 'Н/Д', 'Parent', hLogFig);
```

Ці рядки створюють текстові поля для відображення поточних значень температури та вологості. Початково значення встановлюються на "Н/Д" (немає даних).

```
uicontrol('Style', 'pushbutton', 'Position', [300, 405, 200, 30], 'String',
'Встановити Параметри', 'Parent', hLogFig, ...
'Callback', @openParameterWindow);
```

Ця кнопка відкриває вікно для налаштування параметрів, коли натиснута.

3.2.4 Функція для Відкриття Вікна Налаштування Параметрів

Функція `openParameterWindow` створює вікно для введення цільових параметрів температури та вологості.

```
function openParameterWindow(~, ~)
hParamFig = figure('Name', 'Встановити Параметри', ...
'NumberTitle', 'off', ...
'Position', [150, 150, 300, 200]);
uicontrol('Style', 'text', 'Position', [20, 140, 150, 20], 'String', 'Цільова
Температура (°C):');
hTargetTemp = uicontrol('Style', 'edit', 'Position', [180, 140, 100, 20],
'String', num2str(targetTemp));
uicontrol('Style', 'text', 'Position', [20, 100, 150, 20], 'String', 'Цільова
Вологість (%):');
hTargetHumidity = uicontrol('Style', 'edit', 'Position', [180, 100, 100, 20],
'String', num2str(targetHumidity));
uicontrol('Style', 'pushbutton', 'Position', [100, 30, 100, 30], 'String',
'Встановити', ...
'Callback', @setParameters);
end
```

Цей код створює нове вікно з полями для введення цільових параметрів температури та вологості. Введені значення будуть передані функції `setParameters`.

3.2.5 Функція для Встановлення Параметрів

Функція `setParameters` відповідає за перевірку введених значень параметрів, їх встановлення та публікацію через MQTT.

```

function setParameters(~, ~)
temp = str2double(get(hTargetTemp, 'String'));
humidity = str2double(get(hTargetHumidity, 'String'));
if isnan(temp) || temp < -20 || temp > 30
errordlg('Температура повинна бути в діапазоні від -20 до 30 °C',
'Помилка');
return;
end
if isnan(humidity) || humidity < 1 || humidity > 100
errordlg('Вологість повинна бути в діапазоні від 1 до 100 %', 'Помилка');
return;
end
targetTemp = temp;
targetHumidity = humidity;
disp(['Цільова температура встановлена на ', num2str(targetTemp), '
°C']);
disp(['Цільова вологість встановлена на ', num2str(targetHumidity), ' %']);
close(hParamFig); % Закрити вікно налаштування параметрів
message = sprintf('Temperature: %.2f, Humidity: %.2f', targetTemp,
targetHumidity);
publisher.publish(message);
end
end

```

Цей код здійснює:

- Читання введених значень температури та вологості.
- Перевірку діапазону введених значень. Якщо значення виходять за межі допустимого діапазону, виводиться помилка.
- Встановлення цільових значень температури та вологості.
- Виведення повідомлення про встановлені значення.
- Публікацію нових параметрів через MQTT, що дозволяє іншим

пристроєм або додаткам отримувати ці дані в реальному часі.

3.2.6 Функція для Оновлення Даних

Функція `updateLog` обробляє вхідні повідомлення MQTT та оновлює графіки та поточні значення параметрів.

```
function updateLog(topic, message)
data = sscanf(message, 'Temperature: %f, Humidity: %f');
newTemp = data(1);
newHumidity = data(2);
temperatureData = [temperatureData(2:end); newTemp];
humidityData = [humidityData(2:end); newHumidity];
plot(hAxesTemp, timeData, temperatureData, 'r');
plot(hAxesHumidity, timeData, humidityData, 'b');
set(hCurrentTemp, 'String', num2str(newTemp));
set(hCurrentHumidity, 'String', num2str(newHumidity));
saveLogToFile(message);
end
```

Ця функція здійснює:

- Розпізнавання отриманого повідомлення та витягування значень температури та вологості.
- Оновлення масивів даних температури та вологості, додаючи нові значення та видаляючи найстаріші.
- Оновлення графіків для відображення нових даних.
- Оновлення поточних значень температури та вологості у відповідних текстових полях.
- Збереження отриманого повідомлення у файл журналу.

3.2.7 Функція для Збереження Журналу в Файл

Функція `saveLogToFile` зберігає отримані повідомлення MQTT в текстовий файл `mqtt_log.txt`.

```
function saveLogToFile(message)
logFile = 'mqtt_log.txt';
fid = fopen(logFile, 'a');
if fid == -1
error('Не вдалося відкрити файл для запису');
end
fprintf(fid, '%s\n', message);
fclose(fid);
end
end
```

Ця функція:

- Відкриває файл `mqtt_log.txt` в режимі додавання (`'a'`).
- Якщо файл не вдалося відкрити, виводиться помилка.
- Записує повідомлення в файл.
- Закриває файл після запису.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота виконувалася із використанням персонального комп'ютеру та обладнанням системи моніторингу. Характер виконуваної роботи розроблюваного проекту є оформлення спеціальної документації, постійна робота з комп'ютером та оргтехнікою. У приміщенні знаходяться: джерело безперебійного живлення, модем, комп'ютери, принтер, телефон.

У приміщенні присутні наступні небезпечні та шкідливі фактори. До фізичних факторів віднесемо:

- підвищений рівень електромагнітних випромінювань від електронних приладів та дисплеїв персональних комп'ютерів, який може спричинити погіршення роботи серцево-судинної системи та погіршити зір людини;

- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замкнення якого може пройти крізь тіло людини;

- підвищений рівень шуму на робочому місці. Джерела – системний блок ЕОМ, принтер. Викликає швидко стомлюваність, роздратування, головний біль, безсоння, незручність спілкування, зниження продуктивність праці;

- недостатня освітленість робочих поверхонь у зоні монітору викликає швидко втому, погіршує працездатність, може привести до професійних захворювань;

- надмірна освітленість, яка сприяє швидкій втомі органів зору і може привести до осліплення працівників.

До психофізіологічних факторів відносимо:

- вимушене положення тіла під час роботи, тривала напруга окремих груп м'язів. При тривалому стоячому положенні може виникнути плоскостопість, варикозне розширення вен, зміни хребта;

- обмеження рухової активності найбільш характерна для різних видів розумової праці. Обмеження рухової активності призводить до зниження

функціональних можливостей м'язової системи: зменшення силових показників, витривалості, тону м'язів тощо;

- перенапруга зору при роботі з екранними пристроями.

Завдання раціональної організації робочих місць інженерів включає в себе устаткування його усім необхідним відповідно до змісту та характеру роботи, яка виконується та раціональне його розміщення, створення комфортних умов праці.

Правильна організація робочих місць сприяє усуненню загального дискомфорту, зменшенню втомлюваності працівника, підвищенню його продуктивності. Проведені дослідження показують, що при раціональній організації робочих місць продуктивність праці зростає до 25 %.

Організація робочого місця передбачає:

- правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні;
- вибір ергономічного обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини;
- раціональну компоновку обладнання на робочих місцях;
- урахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця інженера повинні бути дотримані такі основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні прямування і переміщення;
- необхідно природне і штучне освітлення для виконання поставлених задач;
- рівень акустичного шуму не повинний перевищувати допустиме значення [11].

Характеристикам робочого місця відповідають : висота робочої поверхні стола для відео монітору складає 700 мм.

Розміри стола: висота – 700 мм, ширина – 1000 мм, глибина – 900 мм. Ширина і глибина сидіння складає 500 мм. Висота поверхні сидіння регулюється в межах 400 мм – 500 мм, а кут нахилу поверхні – від 15° вперед до 5° назад. Для забезпечення точного та швидкого читання інформації в зоні найкращого бачення площина екрану монітора розміщувалася перпендикулярно нормальній лінії зору.

Висота спинки сидіння становить 300 мм, ширина – 390 мм. Кут нахилу спинки регулюється в межах 0° – 30° відносно вертикального положення.

Відстань від спинки до переднього краю сидіння регулюється у межах від 260 мм до 400 мм. Відстань від очей до монітору – 650 мм.

Для зниження статичного напруження м'язів рук застосовуються стаціонарні або змінні підлокітники довжиною – 250 мм, шириною від 50 мм до 70 мм, що регулюються по висоті над сидінням у межах 200 мм – 260 мм та по відстані між підлокітниками у межах 350 мм – 500 мм.

Клавіатура зручна для виконання роботи двома руками, кут нахилу клавіатури складає 5° – 10°.

Приміщення оснащені аптечками першої медичної допомоги.

Під час робіт, які виконуються з великим навантаженням, передбачені перерви на 10 хв – 15 хв через кожну годину, при неінтенсивній та монотонній роботі на 10 хв – 15 хв через кожні дві години.

Здійснювалися перерви у роботі: виробнича гімнастика, альтернативна допоміжна робота, приймання їжі тощо.

Природне освітлення в основному виробничому приміщенні здійснюється у вигляді бокового освітлення з лівого боку. У приміщенні передбачено штучне освітлення у відповідності до [12].

Розряд зорових робіт, що виконується у приміщенні – VI; параметри приміщення наступні: довжина – 24 м, ширина – 12 м, висота стелі – 7,2 м.

Обираємо ГСП08В–2000 тип світильника.

Необхідна кількість світильників визначається з формули:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{F \cdot n \cdot u}, \quad (4.1)$$

- де E – нормативна освітленість для VI розряду зорових робіт, 150 лк;
 S – площа приміщення, 27 м²;
 K_3 – коефіцієнт запасу, 1,4;
 Z – поправковий коефіцієнт світильника, 1,1;
 F – світловий потік однієї лампи у світильнику типу ЛСП 02В, 1100 лм;
 n – кількість ламп у світильнику, 1;
 u – коефіцієнт використання освітлювальної установки, 0,47.

Коефіцієнт u визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення φ та коефіцієнтів відбиття стін 30 % та стелі 10 %.

Показник приміщення φ розраховується за формулою:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (4.2)$$

- де a, b – відповідно довжина і ширина приміщення, кожна 12 м;
 h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, 4,5 м.

$$\varphi = \frac{12 \cdot 12}{3,5 \cdot (12 + 12)} = 1,71,$$

$$N = \frac{150 \cdot 27 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{1100 \cdot 1 \cdot 0,47} = 12..$$

Приймаємо 12 світильників ЛСП 02В [12].

Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у випускних роботах ОКР «бакалавр» усіх форм навчання [Текст] / упоряд.: Б. В. Дзюнзюк, В. А. Айвазов, Т. Є. Стиценко. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – 28 с

ВИСНОВКИ

У результаті виконання даної кваліфікаційної роботи було реалізовано систему моніторингу кліматичних параметрів виробничого приміщення, що дозволяє значно підвищити ефективність контролю та управління мікрокліматом. Основні досягнення роботи включають:

Аналіз та розробка системи:

Проведено детальний аналіз сучасних систем моніторингу кліматичних параметрів та їх використання у виробничих приміщеннях.

Розроблено архітектуру програмного забезпечення, що включає функціональні блоки для збору, обробки та візуалізації даних.

Технічна реалізація:

Створено програмний модуль для керування мікрокліматом на основі мікроконтролера з використанням протоколу MQTT для передачі даних.

Розроблено інтерфейс користувача (НМІ), що дозволяє в реальному часі відслідковувати параметри температури та вологості у виробничому приміщенні.

Тестування та оцінка:

Проведено тестування створеної системи на реальних даних, що підтвердило її надійність та ефективність.

Результати тестування показали, що система забезпечує високу точність моніторингу та своєчасне реагування на зміни кліматичних умов.

Охорона праці:

Розглянуто аспекти охорони праці, що пов'язані з впровадженням та використанням системи моніторингу кліматичних параметрів, зокрема забезпечення безпечних умов роботи для обслуговуючого персоналу.

Перспективи подальших досліджень

Розширення функціональності:

Інтеграція додаткових сенсорів для моніторингу інших параметрів мікроклімату, таких як рівень CO₂, освітленість тощо.

Розробка модулів для автоматизованого управління системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря на основі даних моніторингу.

Вдосконалення алгоритмів:

Застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування змін кліматичних умов та оптимізації управлінських рішень.

Розробка адаптивних алгоритмів для більш точного налаштування параметрів системи залежно від специфічних умов виробничого процесу.

Забезпечення безпеки та надійності:

Впровадження засобів захисту від кіберзагроз для забезпечення безпеки даних та безперебійної роботи системи.

Підвищення надійності системи шляхом резервування ключових компонентів та створення механізмів автоматичного відновлення після збоїв.

У цілому, розроблена система моніторингу кліматичних параметрів є ефективним інструментом для забезпечення оптимальних умов у виробничих

приміщеннях, що сприяє підвищенню продуктивності праці та якості виробничих процесів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Навчальний посібник з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів вищої освіти денної і заочної форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» : Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, В.А. Андрусевич, О. В. Токарева, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. – Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2022. 151 с.

2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форми навчання спеціальності

151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов,

О.І. Филипенко, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2023. 64 с.

3. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. структура і правила оформлення. – Введ. 2015-06-22. – К. Держстандарт України, 2017 – 29 с.

4. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у випускних роботах ОКР «бакалавр» усіх форм навчання [Текст] / Упоряд.: Б.В. Дзюндзюк, В.А. Айвазов, Т.Є. Стиценко. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – 26 с.

5. Невлюдов І. Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов та інш. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017 р. – 444 с.

6. Системи моніторингу мікроклімату [Електронний ресурс] /– Режим доступу: [www / URL: https://sensing-labs.com/portfolio-item/senlab-digital-onoff-monitoring/](http://www.sensing-labs.com/portfolio-item/senlab-digital-onoff-monitoring/)

7. Al-Hawari T. Selection of temperature measuring sensors using the analytic hierarchy process / T. Al-Hawari, S. Al-Bo'ol, A. Momani // Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. 2011. Vol. 5. No.5. pp. 451–459.
8. Хмарний сервіс моніторингу температури і вологості [Електронний ресурс] /– Режим доступу: [www / URL: <https://io.adafruit.com/>](http://www.io.adafruit.com/).
9. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарєва, С.П. Новоселов, О.В Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 55 с.
10. Харківський національний університет радіоелектроніки [Електронний ресурс] /– Режим доступу: [www / URL: <https://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>](http://www.nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam).
11. Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) [Електронний ресурс] /– Режим доступу: [www / URL: <https://tapr.nure.ua>](http://www.tapr.nure.ua).
12. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у випускних роботах ОКР «бакалавр» усіх форм навчання [Текст] / упоряд.: Б. В. Дзюнзюк, В. А. Айвазов, Т. Є. Стиценко. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – 28