

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних систем

Кафедра електронних комунікацій та інтернету речей

«До захисту допущено»

ВО завідувача кафедри

_____ В'ячеслав НОСКОВ

«__» _____ 2025 р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

**на тему: «Застосування технології Інтернету речей при реалізації
концепції «Розумний будинок»**

Виконав:

студентка IV курсу, групи ТС-12

Кравченко Мар'яна Сергіївна

Керівник:

Старший викладач кафедри ЕКІР, к. т. н.,

Новіков В. І.

Рецензент:

Професор кафедри ТК, д.т.н., професор

Лисенко О.І.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2025 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра електронних комунікацій та інтернету речей

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма – «Системи електронних комунікацій та інтернету речей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

ВО завідувача кафедри

_____ В'ячеслав НОСКОВ

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студентці Кравченко Мар'яна Сергіївна

1. Тема роботи: Застосування технології Інтернету речей при реалізації концепції «Розумний будинок», керівник роботи Новіков Валерій Іванович, затверджена наказом по університету від 26 травня 2025 р. № 1755 – с.

2. Термін подання студенткою роботи 12 червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: Інформаційні матеріали з теми технології Інтернету речей та структурований план з матеріалами для дипломної роботи.

4. Зміст роботи:

У роботі обґрунтувати актуальність застосування технологій Інтернету речей у контексті створення систем «Розумного будинку». Сформулювати концептуальні підходи та основні вимоги до таких систем. Охарактеризувати сервіси «Розумного будинку» та відповідне обладнання. Проаналізувати принципи управління інженерними системами будинку з використанням IoT.

Як приклад, розглянуто технічне рішення на основі проєкту «Система аварійного відключення водопостачання»

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо):

- Тема, мета, об'єкт і предмет дослідження дипломної роботи.
- Опис типової схеми системи «Розумний будинок»;
- Централізована архітектура систем домашньої автоматизації;
- Схема керування інженерними мережами у «Розумному будинку»;
- Порівняльний аналіз протоколів обміну даними, що застосовуються в таких системах;
- Схема організації віддаленого доступу до системи «Розумний будинок» через хмарне середовище;
- Приклад основних технічних рішень проєкту «Система аварійного відключення водопостачання »;
- Висновки за результатами роботи.

6. Дата видачі завдання: 31.11.2025 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Концепція «Розумний будинок»: • Технічні вимоги до реалізації «Розумного будинку» • Типове обладнання для реалізації «Розумного будинку»	21.04.2025
2	Особливості управління інженерними системами на основі IoT: • Структура та функції внутрішніх мереж житлових об'єктів • Роль сенсорів та виконавчих пристроїв у системі керування • Протоколи обміну даними • Організація віддаленого доступу для керування та одержання повідомлень • Безпека мережі електронних	28.04.2025

	• комунікацій при керуванні інженерними мережами	
3	Приклад основних технічних рішень проєкту «Система аварійного відключення водопостачання» • Вихідні технічні дані для проєктування • Структура та вибір технічних компонентів • Вибір технології та протоколу обміну даними в системі «Аварійного відключення водопостачання» • Налаштування системи та дистанційне управління. Організація моніторингового доступу.	05.05.2025
4	Оцінка ефективності розробленого рішення та можливості подальшого впровадження • Аналіз технічної ефективності та надійності • Практичне значення та варіанти масштабування системи • Перспективи інтеграції IoT-технологій у майбутньому	18.05.2025
	Вступ, висновки	18.05.2025
	Чистовий варіант дипломної роботи, плакати	9.06.2025

Студентка

Мар'яна КРАВЧЕНКО

Керівник роботи

Валерій НОВІКОВ

РЕФЕРАТ

Розмір пояснювальної записки – аркушів 71, містить ілюстрації 20, 1 таблицю.

Ця дипломна робота присвячена темі «Застосування технології Інтернету речей при реалізації концепції «Розумний будинок»», а саме дослідженню організаційно-технічних рішень для керування інженерними системами житлового приміщення з використанням IoT-технологій.

У сучасному світі активно розвивається концепція «Розумного будинку», яка передбачає інтеграцію цифрових технологій у побут для забезпечення зручності, безпеки, енергоефективності та автономності житла. Застосування Інтернету речей у цій сфері відкриває нові можливості для автоматизованого управління інженерними мережами, таких як вентиляція, освітлення, опалення, водопостачання тощо.

У роботі розглянуто ключові поняття «розумного будинку», окреслено основні вимоги до таких систем, проаналізовано типове обладнання, а також технічні принципи взаємодії пристроїв у рамках єдиної IoT-мережі. Особливу увагу приділено аспектам віддаленого керування та моніторингу, що дозволяють підвищити ефективність експлуатації інженерних систем.

Також у дипломній роботі представлено приклад практичного застосування IoT-рішень — проєкт «Система аварійного відключення водопостачання», який охоплює етапи визначення вхідних технічних даних, вибір обладнання, розробку логіки функціонування, обґрунтування використання відповідних технологій і протоколів передачі даних. Окремо розглянуто процес інсталяції, налаштування системи та реалізацію механізмів віддаленого керування і моніторингу.

Ключові слова: розумний будинок, Інтернет речей, система аварійного відключення водопостачання.

ABSTRACT

The size of the explanatory note is 71 sheets , it contains 20 illustrations, 1 table.

This thesis is devoted to the topic "Application of Internet of Things technology in the implementation of the concept of "Smart House"", namely the study of organizational and technical solutions for managing engineering systems of a residential building using IoT technologies.

In the modern world, the concept of "Smart House" is actively developing, which involves the integration of digital technologies into everyday life to ensure convenience, security, energy efficiency and autonomy of housing. The use of the Internet of Things in this area opens up new opportunities for automated management of engineering networks, such as ventilation, lighting, heating, water supply, etc.

The paper examines the key concepts of a "smart house", outlines the basic requirements for such systems, analyzes typical equipment, as well as technical principles of device interaction within a single IoT network. Particular attention is paid to aspects of remote control and monitoring, which allow increasing the efficiency of the operation of engineering systems.

The thesis also presents an example of the practical application of IoT solutions – the project "Emergency Water Shut Off System", which covers the stages of determining input technical data, selecting equipment, developing operating logic, justifying the use of relevant technologies and data transmission protocols. The installation process, system configuration, and implementation of remote control and monitoring mechanisms are separately considered.

Keywords: smart home, Internet of things, Emergency Water Shut Off System.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	11
1 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ТА КОНЦЕПЦІЯ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	13
1.1 Поняття “Інтернет речей”	13
1.2 Концепція “Розумного будинку”	16
1.3 Технічні вимоги до реалізації “Розумного будинку”	18
1.4 Типове обладнання для реалізації «Розумного будинку»	27
1.5 Висновки до розділу 1	30
2 ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ	32
2.1 Структура та функції внутрішніх мереж житлових об’єктів	32
2.2 Роль сенсорів та виконавчих пристроїв у системі керування	34
2.3 Технології та протоколи обміну даними	39
2.4 Механізми дистанційного доступу та надсилання сповіщень	43
2.5 Висновки до розділу 2	47
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЯК ПРИКЛАД ІОТ-РІШЕННЯ	49
3.1 Вихідні технічні дані для проектування	49
3.2 Структура та вибір технічних компонентів	50
3.3 Вибір технології та протоколу обміну даними в системі «Аварійного відключення водопостачання»	55
3.4 Налаштування системи та дистанційне управління. Організація моніторингового доступу	57
3.5 Зразок проєкту мережі електронних комунікацій «Розумного будинку»	58
3.6 Висновки до розділу 3	60
4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО РІШЕННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ПОДАЛЬШОГО ВПРОВАДЖЕННЯ	60
4.1 Аналіз технічної ефективності та надійності	60
4.2 Практичне значення та варіанти масштабування систем	62
4.3 Перспективи інтеграції ІоТ-технологій у майбутньому	64
4.4 Висновки до розділу 4	66

ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IoT (Internet of Things) – Інтернет речей, концепція підключення фізичних об'єктів до мережі Інтернет з можливістю обміну даними без участі людини.

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – бездротова технологія передачі даних у локальній мережі з високою швидкістю.

Zigbee – енергоефективний бездротовий протокол, орієнтований на створення mesh-мереж у системах автоматизації.

Z-Wave – бездротовий протокол для систем розумного дому, який працює на низьких частотах та підтримує mesh-архітектуру.

BLE (Bluetooth Low Energy) – енергоощадна версія Bluetooth, яка використовується для обміну даними на коротких відстанях.

API (Application Programming Interface) – програмний інтерфейс, що дозволяє взаємодіяти між різними компонентами системи.

SDK (Software Development Kit) – набір програмних інструментів для розробки додатків.

Home Assistant – платформа з відкритим кодом для автоматизації систем розумного будинку.

ДБЖ – джерело безперебійного живлення, яке підтримує роботу системи при перебоях електропостачання.

Mesh-мережа – топологія бездротової мережі, в якій кожен вузол може передавати дані іншим пристроям, забезпечуючи гнучкість та надійність зв'язку.

IPv4 / IPv6 – версії протоколу Інтернету, що визначають формат IP-адрес.

Реле – електричний пристрій, що замикає або розмикає ланцюг залежно від сигналу керування.

Електромагнітний клапан – пристрій для автоматичного перекриття або відкриття подачі рідини за сигналом керування.

ZHA / Zigbee2MQTT – способи інтеграції пристроїв Zigbee у систему Home Assistant.

Push-повідомлення – миттєві сповіщення, що надсилаються на мобільний пристрій через мережу.

Nabu Casa – офіційний хмарний сервіс для безпечного віддаленого доступу до Home Assistant.

ВСТУП

Сучасний світ невинно рухається в напрямку цифровізації всіх сфер життєдіяльності людини. Однією з ключових тенденцій останніх років стало активне впровадження технології Інтернету речей (IoT), яка передбачає створення інтелектуального середовища, здатного здійснювати збір, обробку та передачу даних між фізичними об'єктами без участі людини. Зокрема, в умовах стрімкого розвитку інформаційно-комунікаційних технологій, особливе значення має застосування IoT у побутовій сфері, де формується концепція «розумного будинку».

«Розумний будинок» — це система автоматизованого управління інженерними мережами та побутовими пристроями, яка підвищує комфорт, енергоефективність, безпеку та економічність житла. Вона базується на взаємодії сенсорів, виконавчих механізмів і програмних засобів, що забезпечують централізоване та віддалене керування всіма функціональними елементами житлового простору. Застосування технології Інтернету речей у цьому контексті відкриває нові можливості для оптимізації використання ресурсів, раннього виявлення аварійних ситуацій та зменшення втручання людини у рутинні процеси.

Метою даної роботи є дослідження можливостей використання технології Інтернету речей при реалізації концепції «Розумного будинку», а також розробка та моделювання системи аварійного відключення водопостачання як прикладу практичного IoT-рішення.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- проаналізувати теоретичні основи функціонування IoT-систем;
- дослідити архітектуру та сервіси «розумного будинку»;
- охарактеризувати інженерні системи та методи їх автоматизованого керування;
- розробити проєкт технічного рішення на базі IoT;

- оцінити ефективність реалізованої системи та її подальші перспективи.

Об'єктом дослідження є система «Розумний будинок» як складна інженерна інфраструктура.

Предметом дослідження виступають методи застосування технологій IoT у сфері автоматизації побутових процесів.

1 ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ТА КОНЦЕПЦІЯ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

1.1 Поняття “Інтернет речей”

Інтернет речей (IoT, Internet of Things) — це інноваційна технологія, що дозволяє користувачам дистанційно керувати різноманітними пристроями через інтернет. Завдяки підключенню до мережі, пристрої можуть обмінюватися даними між собою, створюючи єдину «розумну» систему. Керування такими системами здійснюється за допомогою смартфонів, планшетів або інших пристроїв, що відкриває нові можливості для автоматизації у повсякденному житті, промисловості, медицині та транспорті.

Основою Інтернету речей (IoT) є процеси збору, передачі та аналізу даних, що дозволяють здійснювати автоматичне керування пристроями. Сучасний Інтернет об'єднує тисячі корпоративних, наукових, державних та домашніх комп'ютерних мереж. Мережі з різною архітектурою і топологією з'єднуються між собою за допомогою протоколу IP, при цьому кожному учаснику або групі учасників призначається унікальна IP-адреса — постійна або тимчасова (динамічна).

Подібно до цього, Інтернет речей складається з безлічі окремих мереж, що виконують свої завдання. Наприклад, в одному офісному комплексі можуть одночасно функціонувати кілька мереж: для контролю клімату, систем опалення, освітлення, безпеки тощо. Оскільки ці мережі часто працюють за різними стандартами, їх об'єднання в єдину систему є складною технічною задачею.

Крім того, нинішня версія IP-протоколу — IPv4 — обмежена приблизно 4,22 мільярдами адрес, що призводить до їх дефіциту. Хоча не кожен підключений пристрій потребує власної IP-адреси (але обов'язково має мати унікальний ідентифікатор), стрімке зростання IoT посилює проблему браку адрес. Її вирішенням стане впровадження протоколу IPv6, який

забезпечить кожного мешканця планети понад 300 мільйонами можливих IP-адрес.

Термін «Інтернет речей» (Internet of Things) уперше ввів у вжиток Кевін Ештон у 1999 році. Відтоді технології IoT почали активно розвиватися. Спочатку їх використовували переважно для автоматизації та моніторингу виробничих процесів, однак згодом сфери застосування значно розширилися — з'явилися «розумні» будинки, рішення для медицини, транспорту та інших галузей. За останні роки кількість пристроїв Інтернету речей демонструє вибухове зростання. Згідно з прогнозами аналітичних агентств, ця тенденція збережеться. Зокрема, за даними Statista, до 2030 року кількість IoT-пристроїв у світі може майже подвоїтися, досягнувши 32,1 мільярда одиниць.

Виробництво IoT-пристроїв стає дедалі доступнішим з кожним роком. Це стало можливим завдяки масштабуванню виробництва та розвитку Інтернету речей як зрілої галузі. За прогнозами Business Insider Intelligence і Goldman Sachs, середня вартість одного сенсора до 2025 року знизиться майже удвічі — до близько \$0,25. Виробники IoT-пристроїв активніше співпрацюватимуть з провідними технологічними корпораціями, а багато стартапів зосередяться на розробці продуктів спеціально для хмарних платформ, таких як AWS чи Google Cloud.

Згідно з даними Business Insider Intelligence, до 2027 року кількість встановлених IoT-пристроїв у світі перевищить 41 мільярд. Основне зростання очікується протягом найближчих кількох років. Надалі темпи впровадження нових IoT-рішень будуть поступово знижуватися завдяки розвитку інструментів штучного інтелекту та процесам оптимізації, вважають експерти. За прогнозами, у 2027 році обсяг інвестицій у сферу Інтернету речей сягне \$2,4 трильйона, а загальна сума вкладень з 2019 по 2027 роки складе близько \$11,6 трильйона.

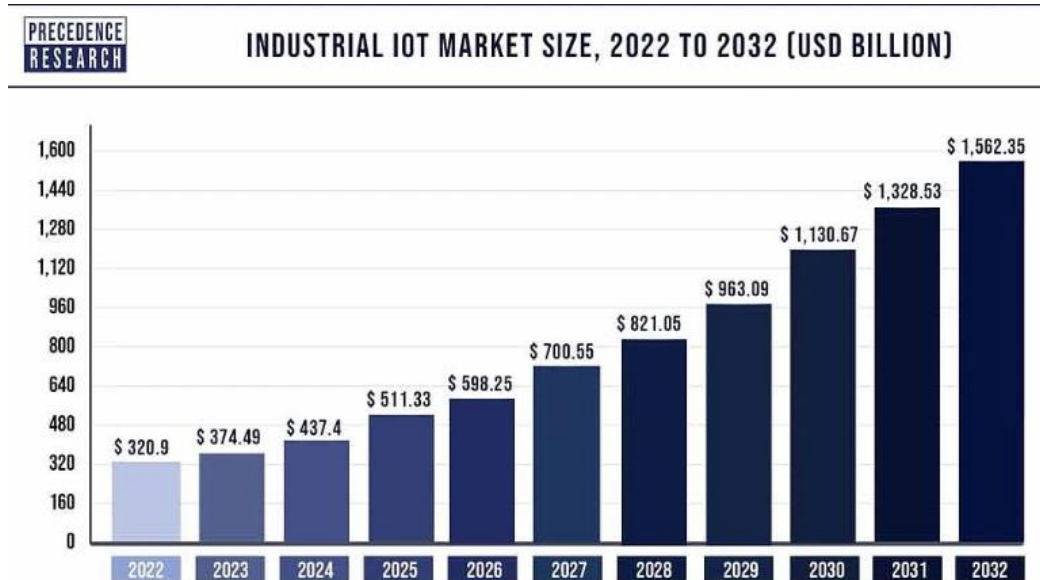


Рисунок 1.1 - Прогноз зростання ринку на найближчі роки

У найближчому майбутньому технологія Інтернету речей стане фундаментом для створення повністю інтегрованих систем — як у межах «розумного» будинку, так і на рівні цілих міст. Особливого значення набуває поєднання IoT з технологіями штучного інтелекту, що дозволить системам не просто реагувати на події, а й прогнозувати їх, приймаючи самостійні рішення на основі зібраних даних. Очікується, що з розвитком мереж п'ятого покоління (5G) буде забезпечено ще більшу швидкість обміну інформацією та зниження затримок, що відкриє нові можливості для застосування IoT у режимі реального часу. Однак разом із цим постає питання кібербезпеки — у майбутньому значна увага приділятиметься захисту особистих даних, безпечному зберіганню інформації та уніфікації стандартів передачі даних. У контексті концепції «Розумного будинку» це дозволить вивести управління інженерними мережами на новий рівень: системи зможуть самостійно виявляти несправності, запобігати аварійним ситуаціям, а також адаптуватися до звичок користувача. Таким чином, Інтернет речей перетворюється на незамінний інструмент у створенні комфортного, енергоефективного та безпечного середовища для життя.

1.2 Концепція “Розумного будинку”

Розумний будинок» – це житловий будинок сучасного типу, організований для проживання людей за допомогою автоматизації і високотехнологічних пристроїв.

Під цим терміном слід розуміти систему, яка забезпечує безпеку та ресурсозбереження (в тому числі і комфорт) для всіх користувачів. Саме поняття було сформульовано Інститутом інтелектуальної будівлі у Вашингтоні (округ Колумбія) в 1970-х роках: це дім, що забезпечує продуктивне й ефективне використання робочого простору.

Зі збільшенням обчислювальної здатності гаджетів концепція «розумний будинок» отримала своє логічне продовження – систему «Інтернет речей», згідно з якою була проведена первинна стандартизація та визначені основні правила та рекомендації до побудови готового продукту на рівні як системи загалом, так і окремих компонентів. Незважаючи на відносну новизну, вже зараз існує декілька десятків різних рішень.

Залежно від ступеня автоматизації, системи розумного будинку можуть бути як повністю автономними, так і частково керованими користувачем. Найбільш поширеними є сценарії, які включають автоматичне вимкнення світла за відсутності людей, регулювання температури відповідно до погодних умов або присутності мешканців, виявлення витоків води чи газу, а також сповіщення власника про нештатні ситуації. Впровадження концепції розумного будинку дозволяє досягти раціонального використання енергетичних ресурсів, підвищити рівень безпеки житла, забезпечити комфортні умови проживання та оптимізувати витрати. У довгостроковій перспективі такі системи сприяють формуванню сталих, екологічно відповідальних і технологічно розвинених житлових середовищ.



Рисунок 1.2 - Концептуальне зображення системи «розумний будинок»

Унікальність концепції полягає в її гнучкості: система може бути масштабована та адаптована під конкретні потреби користувача, незалежно від типу житла — від квартири до великого приватного будинку. Також вона дозволяє створювати сценарії, які об'єднують декілька дій в одне: наприклад, сценарій «ніч» вимикає світло, знижує температуру, активує сигналізацію та закриває жалюзі.

Концепція «Розумного будинку» демонструє значний потенціал та динаміку розвитку, що базується на кількох ключових принципах:

Інтеграція технологій — створення єдиного середовища, у якому всі пристрої (контролери, сенсори, виконавчі механізми) можуть взаємодіяти між собою. Контролер (хаб) слугує центральним вузлом, що координує роботу системи та забезпечує її зв'язок із зовнішнім світом; Сенсори здійснюють збір інформації про умови довкілля; Актуатори реалізують керівні дії — вмикають або вимикають пристрої, відкривають чи закривають клапани тощо. Автоматизація процесів, що дозволяє системі самостійно приймати рішення на основі заданих параметрів. Зокрема, це може

стосуватися контролю температури, вологості, освітлення, руху або присутності людей.



Рисунок 1.3 - Вигляд комплекту для системи “Розумного будинку”

Віддалене керування, яке надає змогу користувачу управляти системою з будь-якого місця світу за допомогою мобільного додатка або веб-інтерфейсу. Це значно підвищує зручність користування та рівень контролю над системою. Енергоефективність, яка досягається завдяки оптимізації використання електроенергії: система може автоматично вмикати або вимикати пристрої залежно від режиму роботи, часу доби чи присутності мешканців, що в результаті сприяє зниженню енергоспоживання. Безпека житла, яку забезпечують комплексні рішення: відеоспостереження, сигналізація, датчики руху, витоку газу або води. Завдяки IoT-сервісам такі події не лише фіксуються, але й негайно повідомляються користувачеві або відповідним службам.

1.3 Технічні вимоги до реалізації “Розумного будинку”

Реалізація системи «Розумний будинок» вимагає дотримання комплексу технічних вимог, спрямованих на забезпечення її стабільної, безпечної та ефективної роботи. До основних технічних вимог належать:

1. Надійність і безперебійність роботи:

Надійність є однією з основних характеристик будь-якої автоматизованої системи, і в контексті «Розумного будинку» вона набуває особливого значення. Від рівня надійності залежить безперервність роботи життєво важливих підсистем — безпеки, електропостачання, опалення, вентиляції, водопостачання та інших елементів, що забезпечують комфорт і безпеку мешканців.

2. Основні складові надійності системи:

- **Якість обладнання:** Надійність системи безпосередньо залежить від якості використовуваних пристроїв і компонентів. Використання перевірених брендів, сертифікованої продукції та промислового класу елементів суттєво підвищує тривалість безперервної роботи системи.
- **Резервування критичних елементів:** Для забезпечення надійної роботи системи важливо впроваджувати резервування ключових вузлів. Це означає наявність дублюючих мережевих каналів, альтернативних серверів управління, дубльованого живлення тощо. У разі виходу одного з елементів з ладу, система автоматично переключається на резервний варіант без втрати функціональності.
- **Використання джерел безперебійного живлення (ДБЖ):** ДБЖ захищають обладнання від перепадів напруги та миттєвих відключень електроенергії, дозволяючи системі функціонувати навіть під час аварій на електромережі. Особливо важливо використовувати ДБЖ для центрів управління системою, серверів, роутерів та основних контролерів.
- **Автоматичне виявлення збоїв і самодіагностика:** Розумні системи повинні мати механізми постійного моніторингу власного стану.

Самодіагностика дозволяє виявити несправності на ранніх етапах і вчасно попередити користувача або самостійно запустити процедури відновлення.

- **Захист мережевої інфраструктури:** Безпечна передача даних є важливою частиною надійності. Використання шифрування, захищених протоколів передачі даних (наприклад, HTTPS, VPN), а також систем аутентифікації користувачів допомагає захистити інфраструктуру від зовнішніх атак та втручання.

- **Постійне оновлення програмного забезпечення:** Регулярне оновлення прошивки пристроїв і програмного забезпечення платформи допомагає закривати вразливості, оптимізувати роботу пристроїв та забезпечити стабільність функціонування всієї системи.

- **Захист від фізичних пошкоджень:** Обладнання повинно мати належний захист від зовнішніх впливів, таких як волога, пил, високі чи низькі температури, особливо якщо пристрої встановлені на вулиці або у вологих приміщеннях.

Безперебійність є одним із ключових критеріїв успішної реалізації системи "Розумний будинок". Від цього показника залежить стабільність роботи всіх автоматизованих процесів у будинку: від освітлення й безпеки до клімат-контролю та енергозбереження. Перерви в роботі системи можуть призвести до серйозних ризиків для безпеки та комфорту мешканців, а також до потенційних матеріальних збитків.

3. *Основні складові забезпечення безперебійності:*

- **Наявність автономного джерела енергії:** Критичним для безперебійної роботи є наявність джерел безперебійного живлення (ДБЖ) та резервних батарей, які здатні забезпечити подачу енергії в разі зникнення основного електропостачання. Це дозволяє підтримувати роботу таких важливих систем, як охоронна сигналізація, системи відеоспостереження, оповіщення про пожежу та аварійне відключення водопостачання.

- **Використання стабілізаторів напруги:** Перепади напруги можуть призводити до пошкодження чутливої електроніки, тому стабілізатори

напруги є обов'язковим елементом інфраструктури для захисту пристроїв від нестабільного живлення.

- Резервування мережевої інфраструктури: Щоб система залишалася керованою навіть у разі виходу з ладу основної мережі Інтернет, передбачаються резервні канали зв'язку — наприклад, підключення через мобільний Інтернет (4G/5G) або використання альтернативного провайдера. Це забезпечує безперервний доступ до управління системою через мобільні додатки або голосові інтерфейси.

- Децентралізоване управління: Наявність локального контролера або сервера управління (який функціонує автономно без постійного доступу до хмарних сервісів) підвищує стійкість системи до зовнішніх мережевих збоїв. Навіть без доступу до Інтернету основні функції управління будинком зберігаються.

- Автоматичне відновлення системи після збоїв: Важливим фактором є можливість автоматичного перезапуску обладнання після аварії живлення або збою мережі. Пристрої мають самостійно переходити в стабільний робочий режим без потреби втручання користувача.

- Постійний моніторинг стану систем: Безперервне відстеження стану пристроїв і систем в режимі реального часу дозволяє швидко реагувати на потенційні несправності. Системи оповіщення автоматично інформують користувача про будь-які збої, що дозволяє оперативно вжити заходів для їх усунення.

Сумісність з різними протоколами та пристроями:

Також однією з найважливіших технічних вимог до системи "Розумний будинок" є забезпечення високої сумісності з різноманітними протоколами зв'язку та пристроями різних виробників. Ця властивість критично важлива для гнучкого розширення системи, інтеграції нових функцій та підтримки довготривалої роботи без потреби повної заміни інфраструктури.

4. Основні аспекти сумісності:

- Підтримка популярних протоколів зв'язку: Система має бути сумісною з основними протоколами, що використовуються в сфері Інтернету речей (IoT) та автоматизації будинку, зокрема:
 - Wi-Fi — для підключення пристроїв безпосередньо до локальної мережі або Інтернету.
 - ZigBee — енергоефективний протокол для бездротової комунікації між пристроями.
 - Z-Wave — стандарт, орієнтований на стабільне та надійне бездротове з'єднання пристроїв на невеликій відстані.
 - Bluetooth та Bluetooth Low Energy (BLE) — для локального підключення елементів управління.
 - Thread — протокол з низьким енергоспоживанням для надійної і безпечної мережі пристроїв.
 - Matter (новий стандарт, який об'єднує сумісність між різними платформами, наприклад Google Home, Apple HomeKit, Amazon Alexa).

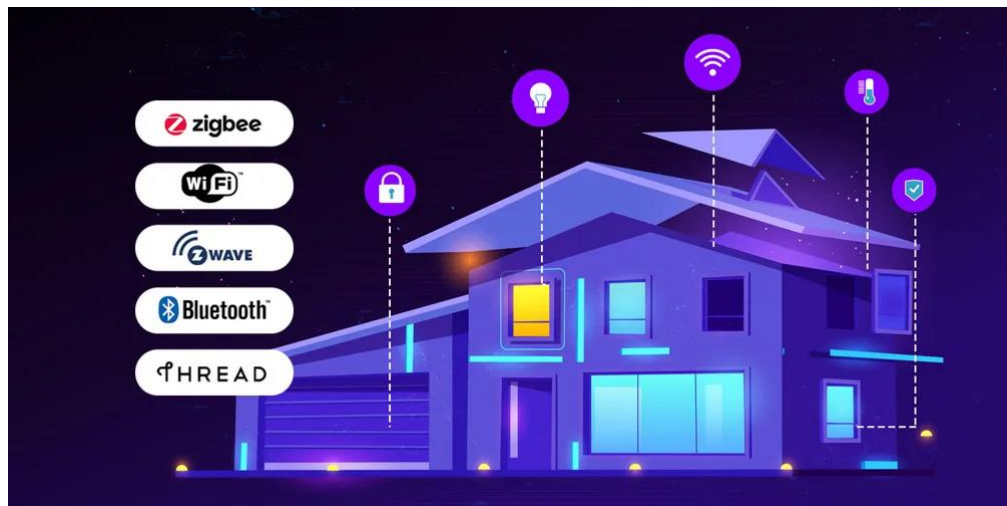


Рисунок 1.4 - Відомі протоколи зв'язку

- Інтеграція пристроїв різних виробників: Система повинна забезпечувати можливість взаємодії пристроїв від різних виробників, незалежно від особливостей їх апаратної чи програмної реалізації.

Наприклад, система освітлення Philips Hue має коректно працювати разом із сенсорами руху від Aqara або розумними розетками від TP-Link.

- **Наявність відкритих API та SDK:** Платформа повинна підтримувати відкриті програмні інтерфейси (API) або надавати засоби розробки (SDK) для розширення функціональності та створення інтеграцій із зовнішніми пристроями та сервісами.

- **Використання універсальних центрів управління:** Для забезпечення сумісності часто застосовуються універсальні контролери або хаби (наприклад, Home Assistant, OpenHAB, Homey), які об'єднують роботу пристроїв з різними протоколами в одну систему і забезпечують єдиний інтерфейс керування.

- **Гнучкість розширення системи:** Інфраструктура розумного будинку має дозволяти додавання нових пристроїв та модулів без необхідності серйозної модернізації вже існуючих елементів. Завдяки сумісності з різними протоколами користувач отримує можливість поступово розширювати систему залежно від своїх потреб і технологічних нововведень.

Енергоефективність та автоматизація процесів:

При впровадженні технології "Розумного будинку" є підвищення енергоефективності — оптимізація споживання енергоресурсів без зниження рівня комфорту для мешканців. Енергоефективність дозволяє суттєво зменшити витрати на комунальні послуги та водночас зробити експлуатацію будинку більш екологічною.

5. *Основні заходи для досягнення енергоефективності:*

- **Інтелектуальне керування освітленням:** Система автоматично вмикає та вимикає освітлення залежно від присутності людей у приміщенні або рівня природного освітлення. Також можливе налаштування сценаріїв енергозбереження на основі часу доби.

- **Автоматичне регулювання кліматичних систем:** Термостати та системи кондиціонування автоматично коригують температуру в будинку відповідно до присутності мешканців або встановлених сценаріїв, що

мінімізує зайві витрати енергії.

- Моніторинг споживання енергії: Встановлені датчики та "розумні" лічильники допомагають відстежувати в реальному часі використання електроенергії та інших ресурсів (газу, води), що дає змогу виявляти неефективні зони та вчасно їх оптимізувати.
- Використання енергоощадних технологій: Підключення світлодіодних ламп, високоефективних котлів, теплових насосів та інших пристроїв, що споживають мінімальну кількість енергії.
- Сценарії енергозбереження: Створення попередньо налаштованих сценаріїв ("Нічний режим", "Відпустка", "Економія"), які автоматично обмежують споживання ресурсів у певні періоди.

Автоматизація процесів у системі "Розумний будинок":

Автоматизація є основою концепції "Розумного будинку", оскільки дозволяє системі самостійно приймати рішення та виконувати дії без постійної участі користувача. Завдяки автоматизації підвищується комфорт мешканців, оптимізуються ресурси та зменшується ймовірність людських помилок.



Рисунок 1.5 Концептуальне зображення автоматизації процесів

6. Основні приклади автоматизації процесів:

- Освітлення: Датчики руху автоматично вмикають світло при

вході до кімнати та вимикають його після виходу, економлячи електроенергію.

- Опалення та кондиціонування: Системи самостійно регулюють температуру залежно від зовнішніх погодних умов, часу доби або присутності людей.

- Безпека: Автоматичне увімкнення охоронної сигналізації при виході всіх мешканців з будинку або активація режиму тривоги у разі виявлення несанкціонованого проникнення.

- Вентиляція та водопостачання: Автоматичне вмикання вентиляційних систем при перевищенні допустимого рівня вологості або вмісту CO₂, виявлення витоків води та миттєве перекриття водопостачання для уникнення затоплення.

- Керування шторами та вікнами: Автоматичне відкривання або закривання штор відповідно до часу доби або інтенсивності сонячного світла, що допомагає регулювати температуру всередині будинку природним шляхом.

Віддалений доступ, моніторинг та Хмарні сервіси, локальна автономність:

Ключова функція сучасних систем "Розумного будинку" є забезпечення можливості віддаленого доступу та моніторингу. Це дозволяє власникам керувати своїм будинком з будь-якої точки світу через інтернет, використовуючи смартфони, планшети або комп'ютери.

7. Основні можливості віддаленого доступу:

- Керування освітленням, опаленням, системами безпеки та іншими пристроями через мобільні застосунки або веб-інтерфейси.

- Оповіщення в реальному часі про події в будинку (наприклад, виявлення руху, відкриття дверей, витік води).

- Можливість перегляду відео з камер спостереження в реальному часі.

- Налаштування сценаріїв і режимів роботи систем навіть на

відстані (наприклад, активація "нічного режиму" або "режиму відпустки").

Великою перевагою сучасних розумних систем є інтеграція з хмарними платформами, які забезпечують:

1. Збереження даних: інформація про події, історія змін параметрів, записи з камер зберігаються в захищених дата-центрах.
2. Ширші можливості аналітики: хмарні сервіси можуть обробляти велику кількість даних, надаючи рекомендації щодо оптимізації роботи системи або виявляючи аномалії.
3. Оновлення та підтримку: через хмару пристрої отримують автоматичні оновлення програмного забезпечення, що підвищує безпеку та функціональність системи.
4. Голосове керування через асистентів: інтеграція з Google Assistant, Amazon Alexa, Apple Siri для голосового управління пристроями через хмарні сервіси.

Незважаючи на активне використання хмарних сервісів, важливим елементом надійності системи є локальна автономність. Це означає, що навіть у разі втрати доступу до Інтернету система повинна зберігати базову працездатність.

8. Основні вимоги до локальної автономності:

1. Місцева обробка даних: управління критичними функціями (освітленням, безпекою, доступом) має здійснюватися локальними контролерами без потреби звернення до хмарних серверів.
2. Наявність локального серверу чи хаба: наприклад, Home Assistant чи подібні рішення, які дозволяють продовжувати роботу автоматизацій навіть без зовнішнього зв'язку.
3. Збереження сценаріїв і правил на локальному рівні: усі важливі сценарії мають бути доступні для виконання навіть при відсутності Інтернету.
4. Автоматичне відновлення підключення: після відновлення з'єднання із мережею система повинна самостійно синхронізувати дані з

хмарними сервісами.

1.4 Типове обладнання для реалізації «Розумного будинку»

Для забезпечення повноцінної роботи системи "Розумного будинку" використовується широкий спектр спеціалізованого обладнання, яке взаємодіє між собою через різні протоколи зв'язку та керується централізовано або локально.

Сучасні системи «Розумного будинку» базуються на принципі інтеграції різних компонентів — сенсорів, виконавчих пристроїв, контролерів та систем моніторингу — у єдину екосистему, яка може адаптуватися до змін потреб користувача. Для ефективної роботи обладнання підтримує декілька стандартів обміну даними (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth, Thread тощо), що дозволяє забезпечити гнучкість у виборі пристроїв різних виробників та їхню сумісність між собою.



Рисунок 1.6 - Демонстративний рисунок різних компонентів

Центральний контролер (Hub) є ключовим елементом системи «Розумного будинку», оскільки саме через нього здійснюється координація роботи всіх підключених пристроїв та систем. Його основною функцією є координація взаємодії між різними підсистемами — освітленням, системами безпеки, клімат-контролем, енергоменеджментом тощо. Контролер здійснює

збір даних від сенсорів, обробляє інформацію відповідно до заданих сценаріїв автоматизації та передає команди виконавчим пристроям.



Рисунок 1.7 - Демонстративний вигляд центрального контролеру

Центральний елемент системи має підтримувати різні протоколи зв'язку, такі як Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth або Thread, що дозволяє інтегрувати пристрої різних виробників. Управління системою може здійснюватися через мобільні додатки, веб-інтерфейси або голосових помічників, таких як Amazon Alexa, Google Assistant або Siri.

В залежності від архітектури розрізняють локальні, хмарні та гібридні контролери. Локальні забезпечують автономну роботу без підключення до Інтернету, хмарні залежать від зовнішніх серверів, а гібридні поєднують обидва підходи. Основні вимоги до центрального контролера включають високу надійність, підтримку безперервної роботи, можливість оновлення програмного забезпечення, захист даних та сумісність із широким спектром пристроїв.

Прикладами сучасних рішень є Home Assistant, Samsung SmartThings, Amazon Echo та Apple HomePod, кожен із яких має свої особливості в

залежності від потреб користувача. Центральний контролер є своєрідним «мозком» системи «Розумного будинку», завдяки якому досягаються комфорт, енергоефективність, безпека та зручність керування.

Крім центрального контролера, система «Розумного будинку» включає низку важливих компонентів, кожен з яких виконує свою специфічну роль у забезпеченні автоматизації, безпеки та комфорту користувача.

Датчики є невід'ємною частиною будь-якої розумної системи. Вони призначені для збору інформації про зовнішнє та внутрішнє середовище будинку. Серед основних типів датчиків варто виділити датчики руху, температури, вологості, витоку води, диму, відкриття дверей та вікон. Всі вони оперативно передають дані до центрального контролера для аналізу й прийняття рішень. Завдяки датчикам система здатна своєчасно виявляти небезпеки або змінювати параметри житла для створення оптимальних умов.



Рисунок 1.8 - Демонстративний вигляд датчику

Виконавчі пристрої у системі «Розумного будинку» є активними елементами, які безпосередньо реалізують команди, сформовані центральним контролером на основі даних від датчиків або користувацьких налаштувань. Вони відповідають за зміну фізичного стану об'єктів у будинку: включення та вимкнення освітлення, відкривання і закривання штор, регулювання температури в приміщеннях, активацію поливу, контроль над

електрозамками, системами безпеки та іншими інженерними мережами. Серед найпоширеніших типів виконавчих пристроїв можна виділити розумні розетки, реле, приводи для воріт і вікон, термостати для опалення та кондиціонування, а також автоматизовані приводи для систем вентиляції та водопостачання. Всі вони можуть діяти як за прямими командами користувача, так і автоматично, відповідно до заздалегідь заданих сценаріїв.

Мережеве обладнання забезпечує надійний зв'язок між усіма елементами системи. Для цього використовуються Wi-Fi маршрутизатори, комутатори, повторювачі сигналу, шлюзи для Zigbee або Z-Wave. Наявність стабільного та захищеного мережевого середовища критично важлива для безперебійної роботи системи.

Керуючі пристрої дозволяють користувачу взаємодіяти із системою безпосередньо. Це можуть бути настінні сенсорні панелі, універсальні пульти, смартфони або планшети з встановленими додатками для управління будинком. Також активно використовуються голосові асистенти, що забезпечують зручність керування через прості голосові команди.

1.5 Висновки до розділу 1

Структура та функції внутрішніх мереж житлових об'єктів

У першому розділі дипломної роботи було всебічно розглянуто концепцію «Розумного будинку» як приклад інтеграції технологій Інтернету речей у побутове середовище. Проаналізовано загальні принципи функціонування IoT-систем та визначено їхню ключову роль у створенні інтелектуальних житлових просторів.

Особливу увагу приділено технічним вимогам до реалізації системи «Розумного будинку», серед яких визначальними є надійність роботи, сумісність із різними протоколами та пристроями, енергоефективність, безпечність мережевої інфраструктури, а також можливість локальної автономності та віддаленого управління через хмарні сервіси. Детально

охарактеризовано критичні аспекти забезпечення безперебійності функціонування системи: резервування ключових елементів, використання ДБЖ, впровадження механізмів самодіагностики та захисту даних.

Окремо представлено типовий склад обладнання, що застосовується для побудови системи «Розумного будинку»: центральні контролери, сенсори різних типів, виконавчі пристрої, мережеве обладнання та засоби користувацького управління. Підкреслено важливість підтримки різноманітних комунікаційних протоколів (Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth, Thread), що забезпечує гнучкість у виборі компонентів та можливість масштабування системи відповідно до потреб користувача.

Таким чином, підсумовуючи зміст першого розділу, можна стверджувати, що правильний вибір архітектури, обладнання та протоколів взаємодії є критичними умовами для ефективної реалізації системи «Розумного будинку», яка повинна відповідати сучасним вимогам комфорту, енергоефективності та безпеки.

2 ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ

2.1 Структура та функції внутрішніх мереж житлових об'єктів

У сучасних житлових приміщеннях внутрішні мережі стають невід'ємною складовою побутової інфраструктури. З поширенням технологій Інтернету речей (IoT) класичне уявлення про комунікаційні мережі у будинках зазнало суттєвих змін: сьогодні вони вже не обмежуються лише передачею інтернет-сигналу або обслуговуванням мультимедійних систем. Внутрішня мережа виконує значно ширші функції — вона є базисом для інтеграції інженерних систем будинку в єдину розумну екосистему.

Внутрішня мережа «розумного будинку» об'єднує різноманітні пристрої — сенсори, контролери, сервери — в єдиний інформаційно-технічний комплекс, який здатен забезпечити:

- моніторинг параметрів навколишнього середовища; автоматизоване керування електронними, механічними та кліматичними системами;
- підвищення рівня безпеки та енергоефективності житла;
- зручність та гнучкість у взаємодії з будинком через мобільні додатки або голосові асистенти.

Організація внутрішніх мереж потребує ретельного планування, оскільки від їхньої структури та функціональності залежить ефективність і стабільність роботи всього комплексу систем домашньої автоматизації. При цьому мережі повинні відповідати вимогам надійності, масштабованості, мінімального енергоспоживання та високого рівня захисту даних. Внутрішні мережі житлових будівель є важливою складовою їх інженерного забезпечення, оскільки забезпечують життєдіяльність мешканців та комфортне середовище проживання. До складу таких мереж входять системи електропостачання, водопостачання та водовідведення, опалення, газопостачання, вентиляції, зв'язку, а також сучасні автоматизовані системи керування.



Рисунок 2.1 - Приклад організації внутрішніх мереж “Розумного будинку”

Кожна система має свою функціональну специфіку. Електромережі відповідають за безперебійне постачання електроенергії до приміщень, мережі водопостачання — за подачу питної та господарсько-побутової води, а водовідведення — за відтік стічних вод. Газова система забезпечує подачу газу до відповідного обладнання, вентиляційна система — циркуляцію та очищення повітря, а телекомунікаційні мережі забезпечують підключення до зовнішніх цифрових систем і засобів зв’язку. У сучасних житлових будівлях усе частіше впроваджуються інтелектуальні системи керування, які автоматизують роботу внутрішніх мереж. Це дозволяє здійснювати моніторинг споживання ресурсів, виявляти несправності, керувати системами дистанційно та підвищувати загальний рівень енергоефективності. Інтеграція таких технологій у структуру внутрішніх мереж сприяє не лише зручності мешканців, а й оптимізації витрат на експлуатацію житла.

Серед усіх інженерних мереж особливої уваги заслуговує система водопостачання, яка в умовах «розумного будинку» набуває нових функціональних можливостей. Це вже не просто подача води до сантехнічних приладів, а інтегрована частина автоматизованої інфраструктури, що забезпечує ефективне, економне та безпечне використання водних ресурсів. До таких систем зазвичай входять датчики витрати води, контролери тиску, сенсори протікання та електронні клапани перекриття. У разі виявлення аномального споживання або витоків система здатна автоматично перекрити подачу води та повідомити мешканців через мобільний додаток або систему сповіщення. Крім цього, можлива автоматична оптимізація тиску води залежно від часу доби чи кількості користувачів, що знижує навантаження на трубопровідну мережу та сприяє довговічності обладнання.

Впровадження «розумної» системи водопостачання дозволяє не лише уникнути аварійних ситуацій, а й сприяє значній економії води, що особливо актуально в умовах сучасних екологічних вимог. У сукупності з іншими інженерними мережами така система формує єдину функціональну екосистему, яка працює на підвищення якості життя мешканців житлового об'єкта.

2.2 Роль сенсорів та виконавчих пристроїв у системі керування

У сучасних житлових об'єктах, особливо тих, що реалізують концепцію «розумного будинку», центральне місце в системі автоматичного керування займають сенсори та виконавчі пристрої. Саме вони забезпечують зворотний зв'язок між фізичним середовищем та електронними системами контролю, дозволяючи здійснювати точне регулювання всіх внутрішніх мереж — від освітлення й опалення до водопостачання, вентиляції та безпеки.

Використання сенсорів і виконавчих пристроїв дозволяє не лише автоматизувати процеси, а й зробити їх адаптивними до змін навколишнього середовища або поведінки мешканців. Наприклад, за допомогою датчиків руху система освітлення може вмикатися лише за потреби, що сприяє економії електроенергії. Температурні сенсори разом із термостатами регулюють роботу опалювального обладнання, підтримуючи оптимальний мікроклімат у приміщеннях. У разі виявлення диму, витоків води або газу відповідні сенсори миттєво активують виконавчі механізми — подають сигнал тривоги, перекривають подачу ресурсу або активують вентиляцію. Таким чином, сенсори й виконавчі елементи є основою інтелектуального управління, яке забезпечує не лише комфорт, а й підвищує рівень безпеки житла.



Рисунок 2.2 - Використання сенсорів і виконавчих пристроїв в побуті

Сенсори та виконавчі пристрої є основними елементами систем автоматичного керування внутрішніми мережами житлових об'єктів. Вони забезпечують взаємозв'язок між фізичним середовищем і цифровою

частиною керуючої системи, що дозволяє оперативно реагувати на зміни умов та забезпечувати адаптивне функціонування будівлі. До основних типів сенсорів належать температурні, вологості, освітленості, руху, витоку води чи газу, а також димові датчики. Їхнє завдання — фіксувати зміни у середовищі та передавати ці дані до центрального контролера. Виконавчі пристрої — це електронні механізми, що безпосередньо впливають на інженерні системи: відкривають і закривають клапани, вмикають реле, регулюють заслінки, запускають вентиляцію, активують сигналізацію тощо.

Злагоджена робота цих пристроїв забезпечує не лише підвищений рівень комфорту, а й енергоефективність, безпеку та довговічність систем. В умовах сучасного «розумного будинку» вони формують єдину автоматизовану інфраструктуру, здатну працювати автономно або під управлінням користувача через мобільні та хмарні сервіси.

У межах системи автоматизованого керування житловими об'єктами датчики (сенсори) відіграють ключову роль, оскільки забезпечують первинне отримання даних про стан навколишнього середовища та інженерних мереж. Саме завдяки ним система може своєчасно реагувати на зміни умов, запобігати аварійним ситуаціям та оптимізувати споживання ресурсів.

До найбільш поширених типів датчиків у «розумному будинку» належать:

- Датчики температури: Застосовуються для контролю температури повітря або окремих зон системи опалення, охолодження чи теплої підлоги. На основі їхніх показників автоматично регулюється робота котлів, кондиціонерів або термостатів для підтримання комфортного мікроклімату.
- Датчики вологості: Визначають рівень відносної вологості в приміщеннях. Використовуються в системах вентиляції та зволоження повітря, особливо у ванних кімнатах, кухнях і зимових садах. За потреби вмикається вентиляція або зволожувачі.
- Датчики освітленості (фотодатчики): Реєструють рівень

природного освітлення та керують штучним світлом. Наприклад, система може автоматично вмикати освітлення в темний час доби або регулювати яскравість залежно від денного світла.

- Датчики руху та присутності: Відповідають за виявлення перебування людей у приміщенні. Вони активують освітлення, сигналізацію або кліматичне обладнання лише тоді, коли це дійсно необхідно. Це дозволяє зменшити споживання електроенергії.

- Датчики витоку води: Установлюються поблизу потенційно небезпечних зон: під пральними машинами, бойлерами, у ванних кімнатах або кухнях. У разі виявлення вологи передають сигнал системі, яка миттєво перекриває подачу води.

- Газові датчики: Виявляють наявність побутового газу (наприклад, метану) або чадного газу (CO) у повітрі. У випадку витоку система активує тривожне оповіщення та може автоматично припинити подачу газу для запобігання вибуху.

- Димові та температурні сенсори: Застосовуються у пожежних системах. Вони фіксують задимлення, підвищення температури або вогонь, запускаючи сигналізацію або навіть автоматичне пожежогасіння.

- Датчики тиску: Використовуються у водяних системах для контролю стабільності тиску в трубопроводах. Допмагають вчасно виявити проблеми, пов'язані з гідроударами або несправностями насосного обладнання.

Усі ці датчики зазвичай підключаються до центрального контролера або «хабу» системи розумного будинку, який аналізує їхні показники та приймає рішення про включення відповідних виконавчих пристроїв. Це дозволяє не лише забезпечити комфорт, а й підвищити безпеку житла, зменшити витрати на комунальні послуги та уникнути пошкоджень майна.

Якщо ми говоримо про виконавчі пристрої — це елементи системи, які безпосередньо виконують команди, що надходять від контролера або хабу на основі даних, отриманих від сенсорів. Саме вони здійснюють фізичну дію,

змінюючи стан обладнання чи мереж для досягнення бажаного результату. У «розумному будинку» такі пристрої забезпечують автоматичне включення або виключення приладів, відкривання клапанів, регулювання температури, освітлення, вентиляції тощо.

Найпоширеніші типи виконавчих пристроїв:

- Електромагнітні клапани: Використовуються в системах водопостачання, опалення або газопостачання. Вони автоматично перекривають або відкривають потік ресурсу (води, газу) за сигналом системи. Особливо важливі при виявленні витоків або в аварійних ситуаціях.
- Реле та контактори: Застосовуються для дистанційного ввімкнення чи вимкнення електроприладів (освітлення, побутових пристроїв, бойлерів, насосів тощо). Можуть працювати за розкладом або на основі сигналу від сенсора (наприклад, ввімкнення світла при русі).
- Сервоприводи (сервомотори): Керують рухом механізмів — заслінок у системах вентиляції, регулювання подачі тепла в опалювальних системах, рухом жалюзі або штор. Вони забезпечують точне регулювання положення елементів системи згідно з заданими параметрами.
- Моторизовані приводи штор, вікон, жалюзі: Дозволяють автоматично відкривати або закривати штори, вікна, жалюзі відповідно до часу доби, рівня освітлення або температури. Це підвищує комфорт та енергоефективність будинку.
- Аудіо- та світлові сигналізатори (сирени, індикатори): Використовуються для оповіщення про небезпеку або зміни в стані системи. Наприклад, у випадку пожежі, витоку газу чи вторгнення — вмикається звукова сирена або миготливий сигнал.
- Електронні замки та пристрої контролю доступу: Встановлюються на дверях і дозволяють автоматично блокувати або відкривати вхід до приміщень. Управління може здійснюватися за допомогою смартфона, відбитків пальців або коду.

- Системи розпилення (у випадку зволоження або пожежогасіння): Вмикаються в разі перевищення певних порогів температури чи вологості. Використовуються як частина автоматичного мікроклімату або безпеки.
- Загалом, виконавчі пристрої є "руками" системи — саме вони реалізують ті дії, які визначає логіка автоматизації. Їхнє правильне налаштування та взаємодія з сенсорами забезпечують ефективну, безпечну й гнучку роботу внутрішніх мереж житлового об'єкта.

2.3 Технології та протоколи обміну даними

Ефективне функціонування системи керування «розумним будинком» неможливе без надійного та безперервного обміну даними між сенсорами, виконавчими пристроями та центральними контролерами. Саме технології зв'язку та протоколи обміну інформацією визначають швидкість реакції системи, її надійність, масштабованість і можливість інтеграції з іншими інженерними мережами будівлі.

У системах «розумного будинку» використовуються як дротові, так і бездротові технології передачі даних. Вибір конкретного протоколу залежить від типу пристрою, умов експлуатації, необхідного рівня безпеки та бажаної енергоефективності. Основними критеріями є стабільність з'єднання, швидкість обміну, енергоспоживання та сумісність з іншими пристроями.

У системах автоматизації житлових об'єктів бездротові технології обміну даними відіграють дедалі важливішу роль. Їхня популярність зумовлена простотою встановлення, відсутністю потреби у складних монтажних роботах та здатністю швидко інтегрувати велику кількість пристроїв у єдину систему. Такі рішення забезпечують гнучке управління інженерними мережами та підвищують мобільність користувача. Серед найпоширеніших бездротових технологій, що застосовуються у «розумному будинку», вирізняються Wi-Fi, Zigbee та Z-Wave, кожна з яких має свої переваги, технічні характеристики та специфіку використання.

Wi-Fi є однією з найрозповсюдженіших технологій бездротового зв'язку у побуті. У системах розумного будинку він використовується для підключення пристроїв до домашньої мережі або інтернету. Основні переваги Wi-Fi — це висока швидкість передачі даних, широкий радіус дії та сумісність із більшістю сучасних гаджетів. Через це його часто застосовують для камер відеоспостереження, голосових помічників, мультимедійних пристроїв, термостатів та систем хмарного керування. Однак варто враховувати, що Wi-Fi споживає багато енергії, що не завжди зручно для автономних сенсорів або пристроїв на батарейках. Серед основних переваг Wi-Fi варто відзначити:

- високу швидкість передачі даних, що дозволяє підключати камери відеоспостереження, мультимедійні пристрої, голосові асистенти;
- широку сумісність, оскільки більшість сучасної електроніки підтримує цей стандарт без потреби в додаткових хабах чи шлюзах;
- доступність, адже Wi-Fi-мережі зазвичай уже наявні в кожному житловому приміщенні.

Однак ця технологія має і певні обмеження:

- підвищене енергоспоживання, що робить її менш придатною для пристроїв, які працюють на батарейках (наприклад, сенсори дверей чи руху);
- обмежена стабільність з'єднання при великій кількості пристроїв — маршрутизатори побутового рівня можуть підтримувати лише обмежену кількість одночасних підключень без зниження якості сигналу;
- чутливість до перешкод, особливо в багатоквартирних будинках, де одночасно працює багато Wi-Fi мереж на одній частоті.

Незважаючи на ці недоліки, Wi-Fi залишається важливою складовою у побудові систем «розумного будинку», особливо у поєднанні з іншими протоколами, такими як Zigbee або Z-Wave. Наприклад, Wi-Fi часто використовується для управління центральними хабами, передачі відеопотоку з камер або інтеграції з мобільними застосунками.

Zigbee — це енергоефективний бездротовий протокол, розроблений спеціально для систем автоматизації. Він дозволяє створювати mesh-мережі, де пристрої можуть передавати сигнал один через одного, забезпечуючи стабільний зв'язок навіть при великій кількості вузлів. Zigbee працює на частоті 2,4 ГГц та має низьке енергоспоживання, що робить його ідеальним для сенсорів, розеток, ламп, вимикачів та інших малопотужних пристроїв. Широко підтримується великими брендами, такими як Philips Hue, Xiaomi, Aqara, IKEA TRÅDFRI. Основний недолік — можливі перешкоди від Wi-Fi, оскільки обидві технології використовують одну частоту. Основні переваги Zigbee:

- Низьке енергоспоживання, завдяки чому датчики можуть працювати від батарейок до кількох років без підзарядки;
- Mesh-топология, яка дозволяє розширити зону покриття мережі та підвищити її надійність. Якщо один пристрій виходить з ладу, сигнал знаходить альтернативний маршрут;
- Широкий асортимент сумісних пристроїв, оскільки протокол підтримується багатьма виробниками: Philips Hue, IKEA TRÅDFRI, Xiaomi Aqara, SONOFF, тощо;
- Швидкий обмін даними — достатній для роботи з датчиками, освітленням, замками, вимикачами та іншими елементами «розумного будинку».

Основні недоліки:

Можливі перешкоди, оскільки Zigbee працює на тій самій частоті, що й Wi-Fi (2,4 ГГц), що в окремих випадках може спричинити конфлікти або зниження якості з'єднання;

Потреба у координаторі (хабі) — Zigbee-пристрої не підключаються безпосередньо до Wi-Fi, тому необхідний спеціальний хаб або шлюз (наприклад, Zigbee Bridge, Home Assistant SkyConnect, SmartThings Hub).

Zigbee — це ідеальне рішення для створення масштабованої, енергоефективної та надійної автоматизованої системи в межах «розумного

будинку». Завдяки можливості об'єднання великої кількості пристроїв у єдину мережу, цей протокол забезпечує злагоджену взаємодію між усіма компонентами внутрішньої інфраструктури житлового об'єкта.

Z-Wave — це ще один популярний протокол для розумного дому, що працює на частоті, відмінній від Wi-Fi (у Європі — 868,4 МГц), що зменшує ймовірність перешкод. Також використовує mesh-топологію та забезпечує стабільний сигнал навіть у складних умовах. Має меншу швидкість передачі даних у порівнянні з Zigbee, але вищу надійність у керуванні пристроями. Підтримує до 232 пристроїв в одній мережі та має широку екосистему продуктів (Fibaro, Aeotec, Qubino тощо). Головним недоліком є вища вартість обладнання та дещо обмежений вибір у порівнянні з Zigbee.

Основні переваги Z-Wave:

- Надійне з'єднання завдяки низькочастотному діапазону, який краще проходить через стіни та перешкоди, ніж сигнали на 2,4 ГГц;
- Mesh-мережа, аналогічно до Zigbee: кожен пристрій може ретранслювати сигнал, підсилюючи мережу;
- Низьке енергоспоживання, що дозволяє використовувати батарейні сенсори тривалий час;
- Сумісність між пристроями різних виробників, оскільки Z-Wave стандартизований і сертифікується Z-Wave Alliance;
- Шифрування даних та високий рівень безпеки з'єднання, що робить Z-Wave придатним для охоронних систем.

Основні недоліки:

- Обмежена кількість пристроїв в одній мережі — до 232, що може бути достатньо для звичайного будинку, але замало для великих об'єктів;
- Вища вартість пристроїв порівняно з аналогами на Zigbee;
- Менше моделей і брендів, доступних на ринку, ніж у Zigbee або Wi-Fi;
- Необхідність шлюзу (хаба) для з'єднання з іншими протоколами або інтернетом (наприклад, Fibaro Home Center, Aeotec Smart Hub, Z-Wave

USB Stick).

Таблиця 2.1 - Порівняння технологій обміну даних

Параметр	Wi-Fi	Zigbee	Z-Wave
Частота	2.4 ГГц	2.4 ГГц	868,4 МГц (Європа)
Тип мережі	Точка-доступу	Mesh	Mesh
Енергоспоживання	Високе	Низьке	Дуже низьке
Дальність дії (всередині приміщення)	30–50 м	10–20 м (розширюється через mesh)	30–100 м (завдяки низькій частоті)
Стабільність зв'язку	Схильний до перешкод	Залежить від мережі, може конфліктувати з Wi-Fi	Висока стабільність, менше перешкод
Швидкість передачі даних	Висока (до сотень Мбіт/с)	Низька (достатньо для команд і сенсорів)	Низька (подібна до Zigbee)

2.4 Механізми дистанційного доступу та надсилання сповіщень

З важливих функціональних особливостей систем «розумного будинку» є можливість дистанційного керування інженерними мережами та отримання оперативних сповіщень про зміну стану пристроїв або виникнення небезпеки. Такий підхід дозволяє користувачеві контролювати

роботу основних систем у будь-який момент і з будь-якого місця, що значно підвищує рівень комфорту, безпеки та ефективності експлуатації житла.

Реалізація дистанційного доступу здійснюється через спеціальні мобільні застосунки, хмарні сервіси або веб-інтерфейси, які взаємодіють із хабом керування або контролером системи. Це дає змогу у реальному часі перевіряти параметри роботи мереж, змінювати налаштування, активувати сценарії або отримувати автоматичні повідомлення про аварії, витoki, спрацювання сигналізації чи інші події.

У межах даної дипломної роботи для реалізації функціоналу керування пристроями, моніторингу внутрішніх мереж і організації механізмів надсилення сповіщень використовується платформа Home Assistant — одна з найпопулярніших систем з відкритим кодом для автоматизації «розумного будинку». Її гнучкість, підтримка великої кількості інтеграцій і активна спільнота роблять її оптимальним вибором для побудови інтелектуальної системи керування житловим об'єктом.

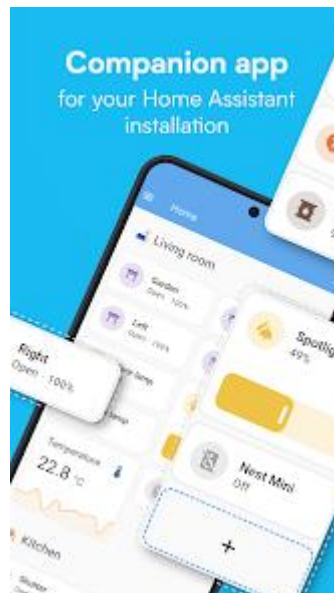


Рисунок 2.3 - Вигляд додатку Home Assistant

Дистанційний доступ в Home Assistant реалізується кількома способами, що дозволяє адаптувати систему під різні технічні умови та рівень безпеки:

- Home Assistant Cloud (Nabu Casa): офіційний хмарний сервіс, що забезпечує захищений доступ до інтерфейсу Home Assistant з будь-якої точки світу без необхідності налаштовувати VPN або переадресація портів. Цей сервіс також підтримує голосових асистентів та інші інтеграції.
- VPN-рішення: використання таких сервісів, дозволяє створити захищене з'єднання до локальної мережі, де розташований Home Assistant, забезпечуючи повний контроль над доступом.
- Переадресація портів та динамічний DNS: налаштування маршрутизатора для перенаправлення зовнішніх запитів на порт Home Assistant (зазвичай 8123) з використанням сервісів динамічного DNS, таких як DuckDNS, дозволяє отримати доступ до системи ззовні.

Кожен із цих способів має свої переваги — від простоти підключення до високого рівня захисту — і дозволяє адаптувати систему відповідно до конкретних потреб користувача. Завдяки цьому Home Assistant залишається гнучкою платформою, яка забезпечує не лише локальне, а й повноцінне дистанційне керування «розумним будинком» із будь-якого пристрою — смартфона, планшета чи ноутбука.

Надсилання сповіщень

Home Assistant підтримує різноманітні методи надсилання сповіщень, що дозволяє користувачам бути в курсі подій у будинку:

- Push-сповіщення через мобільний додаток: використовуючи офіційний додаток Home Assistant Companion для Android або iOS, користувачі можуть отримувати миттєві сповіщення про події, такі як виявлення руху, відкриття дверей або витік води.
- Інтеграція з месенджерами: Home Assistant може надсилати сповіщення через такі сервіси, як Telegram, Slack або Discord, що дозволяє отримувати повідомлення навіть без встановленого мобільного додатку.

- Інші сервіси сповіщень: платформи на кшталт Notify.Events дозволяють налаштувати надсилання сповіщень через SMS, електронну пошту або інші канали, забезпечуючи гнучкість у виборі способу отримання інформації.

Для реалізації механізмів дистанційного доступу та взаємодії з користувачем важливо обрати таку програмну платформу, яка забезпечує не лише зручність керування, але й гнучкість у налаштуванні автоматизації, безпеки та зворотного зв'язку. У цьому контексті особливу увагу заслуговує Home Assistant — система з відкритим кодом, яка дозволяє централізовано керувати пристроями, створювати сценарії автоматизації та інтегрувати різноманітні канали сповіщення та управління.

Home Assistant підтримує інтерактивні сповіщення, які дозволяють користувачам не лише отримувати інформацію, але й реагувати на події безпосередньо з повідомлення:

- Кнопки дій: сповіщення можуть містити кнопки для виконання певних дій, наприклад, увімкнення сирени, блокування дверей або вимкнення світла.
- Мультимедійний контент: можливість додавання зображень або відео до сповіщень, наприклад, кадрів з камер спостереження, що дозволяє швидко оцінити ситуацію.

Приклади використання:

- Охоронні системи: при виявленні руху в будинку під час відсутності мешканців, система може надіслати сповіщення з пропозицією увімкнути сирену або викликати поліцію.
- Моніторинг стану пристроїв: сповіщення про завершення роботи пральної машини або відкриття гаражних воріт.
- Екстрені ситуації: повідомлення про витік води або газу з можливістю негайного перекриття подачі.

Таким чином, використання Home Assistant для організації дистанційного доступу та системи сповіщень забезпечує високий рівень контролю, безпеки та зручності в управлінні «розумним будинком».

2.5 Висновки до розділу 2

У другому розділі дипломної роботи було проаналізовано структуру, функціональні особливості та технічні компоненти внутрішніх інженерних мереж житлових об'єктів у контексті реалізації систем «розумного будинку». Розкрито взаємозв'язок між окремими підсистемами — такими як електропостачання, водопостачання, вентиляція, освітлення та безпека — та їх інтеграцію в єдину автоматизовану екосистему.

Особливу увагу приділено аналізу ролі сенсорів і виконавчих пристроїв, які є основними елементами фізичного рівня керування. Встановлено, що саме вони забезпечують взаємодію між зовнішнім середовищем і логікою цифрового керування. Наведені приклади сенсорів (температури, вологості, руху, витoku) та виконавчих механізмів (електромагнітні клапани, сервоприводи, реле) демонструють їхню ключову роль у підтриманні стабільної та безпечної роботи внутрішніх мереж.

Окремо досліджено бездротові технології обміну даними (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave), на основі яких забезпечується зв'язок між елементами системи. Зроблено порівняння за критеріями енергоспоживання, стабільності, дальності дії та сумісності з пристроями. Це дозволило обґрунтувати доцільність використання кожного протоколу у залежності від завдань системи.

Важливою частиною розділу став аналіз механізмів дистанційного доступу та надсилання сповіщень. Розглянуто кілька підходів до реалізації безпечного віддаленого керування, включно з хмарними сервісами, VPN та переадресацією портів. Акцент зроблено на платформі Home Assistant, яка була обрана як основа для реалізації практичної частини дипломного

проєкту. Продемонстровано її можливості щодо створення сценаріїв автоматизації, інтеграції з месенджерами, push-сповіщеннями, мобільними додатками та голосовими асистентами.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ВІДКЛЮЧЕННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЯК ПРИКЛАД ІОТ-РІШЕННЯ

3.1 Вихідні технічні дані для проектування

Проектна частина даної роботи базується на аналізі потреб у побудові автоматизованої системи керування інженерними мережами житлового об'єкта, виборі архітектури системи «розумного будинку», забезпеченні безпеки, комфорту та енергоефективності. Особливу увагу приділено плануванню розміщення сенсорів, вибору виконавчих пристроїв і головного контролера, налаштуванню платформи Home Assistant, а також визначенню протоколів обміну даними (Zigbee). У межах проєкту реалізовано механізми дистанційного доступу та сповіщень для повного контролю за станом системи в режимі реального часу.

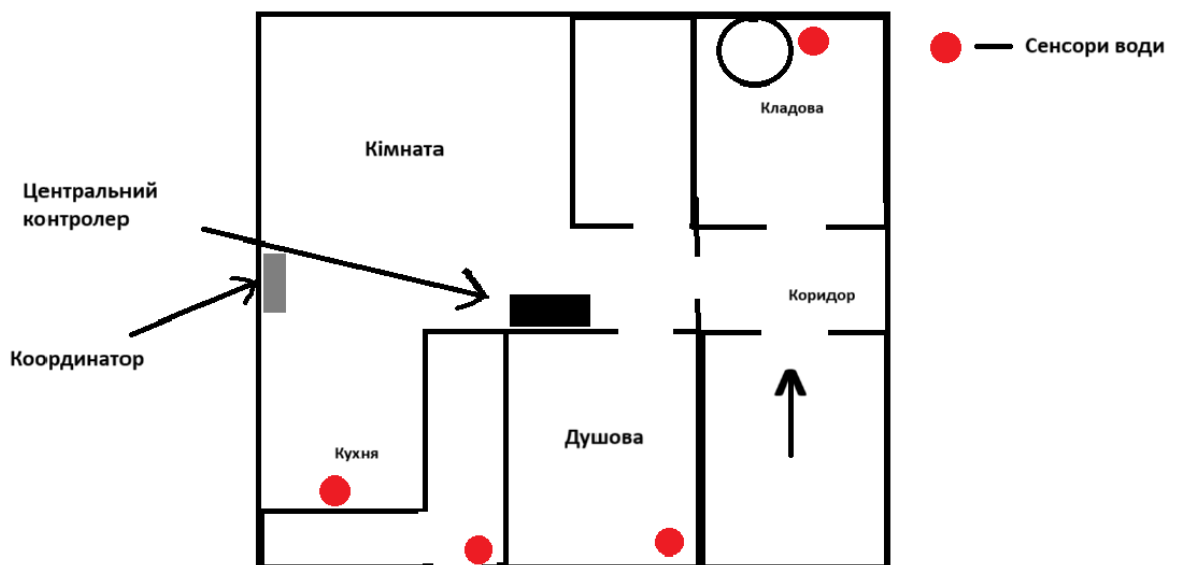


Рисунок 3.1 - Схема розміщення сенсорів води та центрального контролера у житловому приміщенні

У межах даного проєкту передбачається створення прототипу «розумного будинку» з наступними характеристиками:

- житлове приміщення площею 60 м²,
- впровадження функціоналу автоматичного контролю температури та витоків води;
- дистанційне керування системою через мобільний застосунок на базі платформи Home Assistant;
- використання сенсорів температури, вологості, витоків води, а також виконавчих пристроїв: електромагнітних клапанів;
- обмін даними через бездротові протоколи Zigbee;
- сповіщення користувача через push-повідомлення.

Основним завданням системи є виявлення потенційних аварійних ситуацій, зокрема витоків води, та інформування користувача в режимі реального часу через мобільний застосунок. Для цього встановлено сенсори витоків води у найвразливіших точках: під мийкою на кухні, під меблями на кухні, в зоні душової kabіни, а також у кладовій, де розміщений бойлер, трубопровід та технічне обладнання. Всі сенсори з'єднані з центральним контролером, який виконує роль головного вузла системи, обробляє сигнали від датчиків та надсилає сповіщення користувачу.

Для зв'язку між сенсорами та центральним контролером використано бездротову технологію Zigbee, яка забезпечує надійну та енергоефективну передачу даних у межах житлового приміщення. Завдяки підтримці mesh-топології, Zigbee дозволяє розширити зону покриття системи та забезпечити стабільний зв'язок навіть при наявності перешкод або значній відстані між пристроями. Такий вибір обумовлений низьким енергоспоживанням сенсорів, високою сумісністю з платформою Home Assistant, а також можливістю інтеграції великої кількості пристроїв у межах одного середовища автоматизації.

У рамках реалізації системи автоматизації розроблено сценарій реагування на аварійну ситуацію, пов'язану з витоків води. У випадку, якщо на поверхні, де розміщено сенсор, буде виявлено наявність вологи, система автоматично виконає низку дій. Зокрема, на мобільний пристрій користувача

буде надіслано миттєве сповіщення, що дозволяє оперативно відреагувати на загрозу. Паралельно з цим дані про спрацювання передаються до платформи Home Assistant, де вони зберігаються в журналі подій для подальшого аналізу. Також автоматично активується електромагнітний клапан, який перекриває подачу води, запобігаючи можливим пошкодженням майна та затопленню приміщення.

3.2 Структура та вибір технічних компонентів

Для забезпечення ефективної роботи системи аварійного відключення водопостачання в умовах приватного житлового будинку необхідно грамотно підібрати технічні компоненти, які забезпечать надійну взаємодію між сенсорами, контролером і виконавчими пристроями. Під час вибору обладнання враховувалися такі ключові фактори, як сумісність з платформою Home Assistant, підтримка бездротової технології Zigbee, низьке енергоспоживання, простота інтеграції в існуючу інфраструктуру та можливість масштабування системи у майбутньому. Основна мета підбору технічних засобів — створити систему, здатну оперативно виявляти витік води, надсилати сповіщення користувачу та автоматично перекривати водопостачання без потреби втручання людини.

До складу системи входять такі основні елементи:

- Центральний контролер — міні комп'ютер MLLSE M2 Air Intel Gemini Lake N4000, він забезпечує роботу платформи Home Assistant, обробку сигналів від сенсорів, виконання автоматизованих сценаріїв і взаємодію з користувачем. Перевагами вибору є компактність, безшумна робота, підтримка Wi-Fi та USB-портів для підключення Zigbee-шлюзу, що забезпечує надійну і стабільну роботу всієї системи.



Рисунок 3.2 - міні комп'ютер MLLSE M2 Air Intel Gemini Lake N4000

- Zigbee-координатор - Координатор SMLight SLZB-06, пристрій підключається до міні-ПК через USB і забезпечує надійне з'єднання з мережею Zigbee-пристроїв. SLZB-06 підтримує протокол Zigbee 3.0, має хорошу дальність дії та стабільну роботу в умовах домашньої автоматизації, що робить його ефективним інструментом для інтеграції сенсорів і виконавчих елементів у систему Home Assistant.



Рисунок 3.3 - Координатор SMLight SLZB-06

- Сенсори витоку води - вибрана модель Aqara SJCGQ11LM, сонсори виконують функцію моніторингу вологи на поверхні у визначених зонах ризику (кухня, душова, технічне приміщення). Даний сенсор працює на основі бездротового протоколу Zigbee 3.0, що забезпечує його повну сумісність із системою Home Assistant через відповідний координатор.



Рисунок 3.4 - Датчик протікання води Aqara Water Leak Sensor SJCGQ11LM

Основні характеристики:

- Тип датчика: бездротовий сенсор витоку води;
- Комунікація: Zigbee (ZHA/Zigbee2MQTT сумісний);
- Живлення: батарейка CR2032 (до 2 років автономної роботи);
- Рівень захисту: IP67 (захист від вологи та пилу);
- Механізм спрацювання: замикання контактів при потраплянні води на нижню частину пристрою;
- Монтаж: бездротовий, встановлюється на підлогу без додаткового кріплення.

- Електромагнітний клапан - електромагнітний кульовий клапан FrankEver FK_V02, який виконує роль виконавчого пристрою, що фізично блокує подачу води у разі виявлення витoku. Клапан підключаний до контролера отримує сигнал від системи Home Assistant через Zigbee-мережу після спрацювання сенсора.



Рисунок 3.5 - Електромагнітний клапан FrankEver FK_V02

Основні характеристики:

- Тип: електромагнітний кульовий клапан із серводвигуном;
- Живлення: 12 В постійного струму (DC);
- Різьба: стандартна $\frac{1}{2}$ дюйма (DN15), сумісна з побутовими трубопроводами;
- Матеріал корпусу: латунь;
- Функція: автоматичне перекриття або відкриття подачі води за електричним сигналом;
- Час спрацювання: до 5 секунд;
- Додатково: підтримує ручне відкриття/закриття при відсутності живлення.

3.3 Вибір технології та протоколу обміну даними в системі «Аварійного відключення водопостачання»

Зважаючи на функціональні вимоги до проектованої системи, очікування користувача та специфіку взаємодії між пристроями, оптимальним рішенням є використання бездротового протоколу Zigbee. Як було детально розглянуто в розділі 2.3 “Технології та протоколи обміну даними”, дана технологія має низку суттєвих переваг, серед яких — низьке енергоспоживання, висока надійність зв’язку, підтримка mesh-архітектури та широкий вибір сумісних пристроїв різного цінового діапазону. Це забезпечує гнучкість при реалізації системи та можливість її масштабування в майбутньому без значних витрат.

На відміну від Wi-Fi, який споживає значно більше енергії та має обмеження щодо кількості одночасно підключених пристроїв у домашній мережі, Zigbee дозволяє створювати масштабовані мережі з великою кількістю енергоефективних сенсорів, що особливо важливо для автономних пристроїв на батарейках.

У порівнянні з Z-Wave, який також підтримує mesh-мережі, Zigbee вирізняється більшою доступністю обладнання, ширшим асортиментом сумісних пристроїв та активнішою підтримкою з боку спільноти Home Assistant. Крім того, більшість сучасних хабів і контролерів (зокрема SMLight SLZB-06) мають вбудовану підтримку Zigbee, що спрощує інтеграцію й налаштування системи.

Таким чином, вибір Zigbee як основного протоколу обміну даними в системі «Аварійного відключення водопостачання» є технічно обґрунтованим і дозволяє досягти балансу між надійністю, економічністю та функціональністю.



Рисунок 3.6 - Mesh-топологія цього проекту

На рисунку 3.6 показана mesh-топологія даної мережі. Її я отримала з застосунку Home Assistant. Ключовою особливістю цієї мережі є здатність до самоорганізації, яка полягає в тому, що зв'язки між вузлами встановлюються автоматично, а кожен окремий вузол може виступати як проміжна ланка для ретрансляції даних інших учасників мережі (функція маршрутизації).

Побудова mesh-мережі забезпечує гнучке розширення системи, дозволяючи легко додавати нові пристрої. Підключення нових вузлів відбувається до найближчих доступних пристроїв, що дає змогу автоматично збільшити зону покриття без потреби в центральній перебудові мережі. Однак такий підхід потребує більш складної системи автентифікації, яка має діяти на рівні всієї мережі, а не лише централізовано.

Додавання нових пристроїв сприяє збільшенню радіусу дії мережі, однак може знижувати її пропускну здатність, оскільки обмін даними між великою кількістю вузлів передбачає багаторазову передачу інформації між сусідніми пристроями. У випадках, коли багато пристроїв працюють одночасно, продуктивність мережі може зменшуватися. Це особливо критично для високошвидкісних застосувань, таких як відеопотоки від камер спостереження. Водночас для типових IoT-пристроїв — сенсорів і виконавчих механізмів — така обмеженість не є суттєвою.

З урахуванням вищезазначених переваг і особливостей, для реалізації даної системи було обґрунтовано обрано протокол Zigbee як оптимальне рішення для побудови бездротової мережі пристроїв у межах приватного будинку.

3.4 Налаштування системи та дистанційне управління. Організація моніторингового доступу.

Маючи схему приміщення, після підбору обладнання, треба розмістити датчики у зонах можливих витоків води. Електромагнітний клапан монтується на водопровідну трубу, а центральний контролер (міні-ПК) розташовується у зручному та безпечному місці, звідки здійснюється керування всією системою.

Усі датчики розміщуються таким чином, щоб знаходитися в зоні стабільного зв'язку з центральним контролером або з іншими вузлами мережі. Завдяки цьому формується mesh-структура, в якій кожен пристрій може ретранслювати сигнал, як показано на рисунку 3.6.

Розміщуємо по 1 датчику в кладовій та душовій кімнаті, а також ставимо в двох різних місцях на кухні ці ж датчики для додатково запобігання протіканню води. А також розміщуємо електромагнітний клапан на основну магістраль водопостачання в будинок.

Після монтажу переходять до програмного налаштування системи. На міні-ПК встановлюється платформа Home Assistant, до якої через USB-порт підключається Zigbee-контролер SMLight SLZB-06. Далі до мережі додаються сенсори витоків Aqara SJCGQ11LM та електромагнітний клапан FrankEver FK_V02.

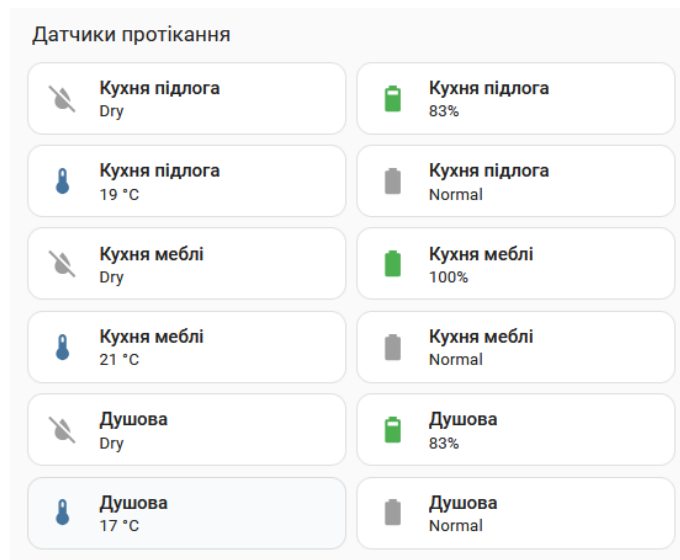


Рисунок 3.7 - Вигляд системи після підключення датчиків протікання

Після підключення всіх датчиків та їх налаштувань, можемо переглянути інтерфейс моніторингу стану датчиків протікання, встановлених у різних зонах житлового приміщення, а саме це кухня (підлога та меблі) і душова кімната. Кожен сенсор передає одночасно кілька параметрів: стан виявлення вологи, температуру навколишнього середовища, рівень заряду батареї та загальний статус пристрою.

3.5 Зразок проєкту мережі електронних комунікацій «Розумного будинку»

У цьому підрозділі представлено структурну модель побудови мережі електронних комунікацій для системи «розумного будинку», реалізованої у межах проєкту аварійного відключення водопостачання. Система базується на бездротовому обміні даними з використанням протоколу Zigbee, що забезпечує стабільну взаємодію між сенсорами, виконавчими пристроями та центральним контролером.

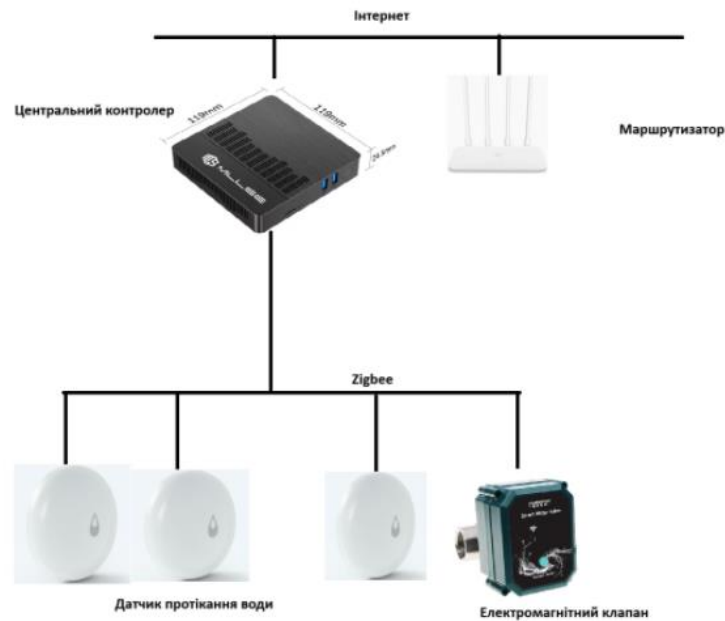


Рисунок 3.8 - структурну модель побудови мережі

Центральним вузлом виступає міні-ПК з розгорнутим Home Assistant, підключений до Zigbee-координатора. Всі сенсори витoku води встановлюються у критичних зонах і безпосередньо взаємодіють із мережею. Завдяки такій архітектурі забезпечується:

- надійне зчитування стану з датчиків у реальному часі;
- автоматичне спрацювання виконавчого пристрою (електромагнітного клапана);
- централізоване керування та моніторинг системи через мобільний застосунок.

В цій системі кожен пристрій може передавати дані не лише безпосередньо до контролера, а й через інші пристрої, які знаходяться поруч. Завдяки цьому, навіть якщо один сенсор не має прямого зв'язку з контролером, інформація все одно буде передана іншим шляхом. Це робить систему стійкою до перебоїв у зв'язку.

3.6 Висновки до розділу 3

У третьому розділі дипломної роботи було розроблено проєкт системи аварійного відключення водопостачання на основі технологій «розумного будинку». Здійснено обґрунтований вибір технічних компонентів: центрального контролера, Zigbee-шлюзу, сенсорів витоку води та електромагнітного клапана. Основна увага приділена побудові бездротової мережі на базі протоколу Zigbee, що забезпечує надійну та енергоефективну комунікацію між пристроями.

Описано структуру взаємодії компонентів, створено автоматизовані сценарії реагування на аварійні ситуації, реалізовано механізм дистанційного моніторингу через платформу Home Assistant. Проведено налаштування системи, тестування її працездатності та організовано віддалений доступ до інтерфейсу керування. Запропонований проєкт є прикладом практичного впровадження системи розумної безпеки, що поєднує технологічну ефективність, надійність та зручність для користувача.

4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО РІШЕННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ПОДАЛЬШОГО ВПРОВАДЖЕННЯ

4.1 Аналіз технічної ефективності та надійності

Після виконаного мною проектування системи аварійного відключення водопостачання я можу провести певний аналіз даної роботи. Ця система продемонструвала високу ефективність та стабільність під час тестування.

Для прикладу я спробувала змодельовано ситуацію витоку води — я навмисно намочила один із встановлених датчиків Aqara, щоб оцінити швидкість та точність реакції системи. У результаті сенсор моментально передав сигнал на центральний контролер, який заздалегідь запрограмовано на активацію сценарію перекриття водопостачання. Клапан спрацював майже миттєво — протягом 2–3 секунд, після чого на смартфон було надіслано аудіо повідомлення про аварію.

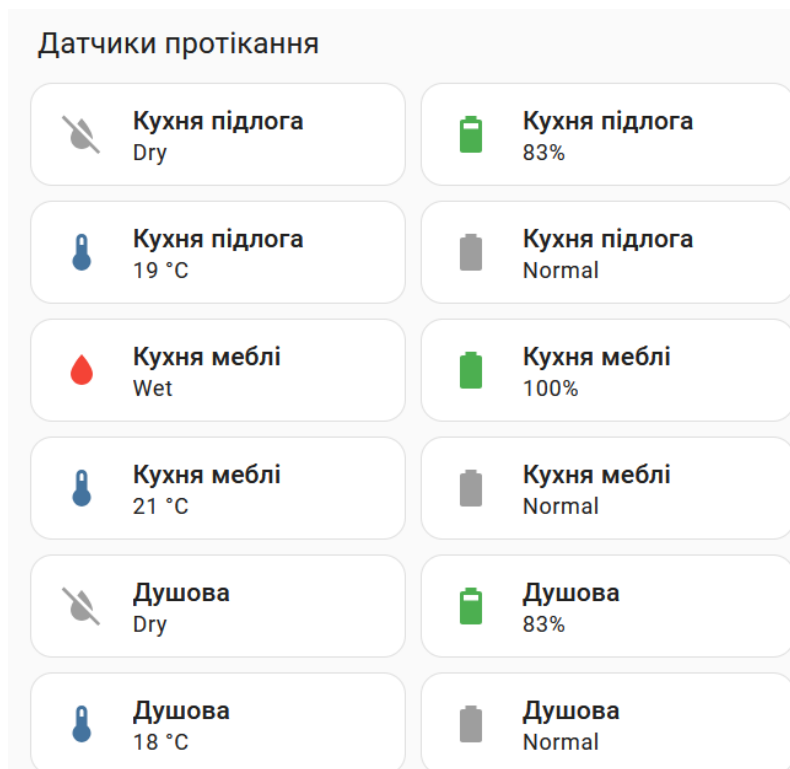


Рисунок 4.1 - Інформація з програмного забезпечення

Система довела свою надійність комунікації завдяки використанню протоколу Zigbee та mesh-архітектури, яка забезпечує ретрансляцію сигналу через інші пристрої. Це гарантує стабільну передачу даних навіть у великих приміщеннях або у випадку перешкод.

Особливу увагу під час проектування було приділено енергоефективності та надійності системи. Сенсори витоку води працюють на батарейках типу CR2032, одного заряду яких достатньо для до двох років автономної експлуатації, що підтверджено як технічною документацією, так і у ході практичного тестування. Завдяки ступеню захисту IP67, ці сенсори безпечно функціонують у вологих приміщеннях — зокрема, на кухні та у ванній кімнаті.

Централізоване керування забезпечується через платформу Home Assistant, яка обробляє сигнали від пристроїв, активує виконавчі механізми, фіксує події в журналі та надсилає сповіщення користувачу. Важливо, що система розгорнута на локальному сервері, тож зберігає повну функціональність навіть у разі втрати доступу до інтернету. Загалом, результати практичного тестування підтвердили, що розроблене рішення демонструє високу стабільність, точність спрацювання, економність та зручність використання, що робить його придатним для впровадження у сучасних умовах побуту.

4.2 Практичне значення та варіанти масштабування систем

Так як ця система дозволяє ефективно запобігати затопленням та пов'язаним з ними матеріальним збиткам, не потребуючи постійного контролю з боку користувача вона має високе практичне значення. Оскільки вона розроблена на базі відкритої платформи Home Assistant і доступного обладнання, це дає змогу використовувати її для широкого кола користувачів, як для приватних секторів так і для комерційних приміщень.

Важливою перевагою системи є модульність і гнучкість масштабування. Завдяки використанню бездротового протоколу Zigbee, до наявної мережі можна легко додавати нові сенсори або виконавчі пристрої без прокладання кабелів. Це дозволяє розширити зони контролю — наприклад, встановити додаткові датчики у підвалі, технічних приміщеннях, пральній кімнаті чи навіть зовні будівлі (захищені моделі мають необхідний ступінь захисту). Кожен новий пристрій автоматично інтегрується у mesh-мережу, посилюючи стабільність сигналу для інших елементів. Це особливо корисно у великих або багатоповерхових приміщеннях, де звичайні точки доступу не покривають усі ділянки. Крім того, завдяки відкритості системи, користувач має можливість самостійно додавати нові пристрої, редагувати сценарії автоматизації та адаптувати логіку роботи системи до змін у просторі чи побутових звичках — наприклад, у разі перепланування приміщення або появи нових джерел ризику.

Крім розширення функціонального охоплення, систему можна інтегрувати з іншими підсистемами "розумного будинку". Наприклад, з освітленням (автоматичне вмикання світла при витоку), з охоронною сигналізацією (виклик тривоги), з відеоспостереженням (запис при спрацюванні), з кліматичним контролем або системами оповіщення. Такі інтеграції реалізуються на рівні сценаріїв у Home Assistant без необхідності змінювати фізичну архітектуру або проводити складні налаштування. Завдяки цьому система залишається гнучкою, масштабованою та адаптованою до різних типів об'єктів, включаючи як житлові приміщення, так і офісні або промислові простори.

Крім того, платформа дозволяє налаштовувати багаторівневі дії, коли одна подія викликає цілий ланцюг реакцій: наприклад, при виявленні витоку води можна одночасно перекрити подачу води, увімкнути світлову індикацію аварії, активувати камеру для фіксації події та надіслати повідомлення на мобільний застосунок. Такий підхід не лише підвищує функціональність, а й

забезпечує більш глибокий рівень автоматизації і безпеки, що є важливим у сучасному житті або комерційних просторах.

Окремою перевагою системи є її гнучкість у розгортанні в об'єктах із різною інфраструктурною складністю. Вона однаково добре підходить як для багатоквартирних будинків, де кожне житло може мати індивідуальну локальну систему контролю, так і для підприємств або громадських установ, де необхідно забезпечити надійний моніторинг і керування водопостачанням у критичних зонах.

4.3 Перспективи інтеграції IoT-технологій у майбутньому

Інтернет речей (IoT) залишається однією з найдинамічніших сфер розвитку сучасних технологій. В умовах глобальної цифровізації та впровадження концепції «розумного середовища», IoT-рішення стають дедалі актуальнішими не лише в побуті, а й у промисловості, муніципальній інфраструктурі та системах охорони здоров'я.

Одним із провідних напрямів подальшого розвитку IoT-технологій стане впровадження концепції "розумного міста" (Smart City). У найближчі роки очікується активна інтеграція IoT-рішень у транспортну інфраструктуру, системи освітлення та комунальні сервіси, особливо в тих регіонах, де ці технології ще не набули широкого поширення. За аналітичними прогнозами, впровадження інтелектуальних систем управління дозволить зменшити енергоспоживання в містах до 30%, а також сприятиме розвитку таких сервісів, як розумне паркування, адаптивне вуличне освітлення та моніторинг екологічних показників, зокрема якості повітря.

У побутовій сфері збережеться акцент на безпеку, енергоефективність і зручність, а також на інтеграцію з мобільними пристроями та хмарними сервісами.

У промисловому секторі технології IoT відіграють ключову роль у переході до четвертої промислової революції (Індустрія 4.0), що передбачає

повну автоматизацію виробничих процесів. Інтернет речей дозволяє підприємствам збирати та аналізувати дані в режимі реального часу, що забезпечує більш точне управління, оптимізацію ресурсів і зниження виробничих витрат. За прогнозами, вже до 2025 року понад 80% компаній використовуватимуть IoT-рішення для моніторингу стану обладнання та прогнозування несправностей, що дозволить мінімізувати простої та підвищити ефективність роботи виробництва.

Крім побутового та промислового застосування, технології Інтернету речей (IoT) стрімко розвиваються в різних сферах суспільного, економічного та технічного життя, демонструючи потенціал до трансформації цілих галузей. У найближчі роки, зокрема до 2025 року, очікується масштабне впровадження IoT у промисловість, міську інфраструктуру, охорону здоров'я, освіту, сільське господарство, транспорт та інші критично важливі напрямки.

У контексті міської інфраструктури головну роль відіграватиме створення розумних міст (Smart Cities), де IoT-рішення використовуватимуться для керування освітленням, транспортом, дорожнім рухом, системами відеоспостереження та екологічного моніторингу. Розумні системи зможуть зменшити споживання енергії, підвищити безпеку та зручність життя в містах.

У сфері енергетики та постачання ресурсів IoT сприятиме підвищенню точності обліку та ефективності транспортування води, газу й електроенергії. Розумні лічильники та аналітика допоможуть виявляти витoki, мінімізувати втрати й спростити взаємодію споживача з постачальником.

Охорона здоров'я також стає все більш інтегрованою з IoT. Пристрої для моніторингу стану пацієнтів у реальному часі дозволяють контролювати життєво важливі показники, а в майбутньому — проводити дистанційну діагностику та лікування, що значно знизить навантаження на лікарні й покращить доступ до медицини.

У сільському господарстві IoT забезпечує розвиток «розумних ферм», де дрони, сенсори ґрунту, клімату та вологі автоматизують полив, збирання врожаю, догляд за тваринами. Це сприятиме підвищенню врожайності, економії ресурсів та екологічній сталості.

Освіта трансформується через впровадження IoT у навчальне середовище — розумні дошки, системи керування класами, онлайн-бібліотеки та моніторинг прогресу студентів забезпечать більш персоналізоване, адаптивне й ефективне навчання.

У галузі транспорту IoT вже зараз використовується для моніторингу руху, оптимізації логістики та розвитку автономних транспортних засобів. Безпілотні автомобілі, логістичні системи на базі IoT і контроль трафіку зменшать затори, підвищать безпеку та знизять викиди CO₂.

Інші важливі напрями застосування IoT включають розумне управління відходами (контейнери з сенсорами заповненості, оптимізація маршрутів), бізнес-процеси (розумні склади, автоматизовані системи обліку й управління запасами), моніторинг природних явищ для прогнозування стихійних лих, а також забезпечення громадської безпеки — через використання камер з розпізнаванням облич, аналітики поведінки та реагування на загрози в режимі реального часу.

Загалом, технології IoT не лише розширюють можливості автоматизації, а й стають невід'ємним інструментом у створенні ефективного, безпечного та екологічно відповідального майбутнього. Їх інтеграція у повсякденне життя в усіх масштабах — від квартири до міста — є питанням найближчих років.

4.4 Висновки до розділу 4

У цьому розділі було оцінено ефективність реалізованої системи аварійного відключення водопостачання та визначено її потенціал для

подальшого впровадження. Проведене тестування підтвердило, що система є надійною, швидко реагує на аварійні події та зручна в користуванні.

Завдяки модульній структурі, бездротовому зв'язку та платформі Home Assistant система легко масштабуються, адаптується до різних умов і може бути інтегрована з іншими елементами «розумного будинку».

Також розглянуто перспективи розвитку IoT у поєднанні зі штучним інтелектом, що відкриває нові можливості для автоматизації побутових і промислових процесів. Розроблене рішення є прикладом ефективного, доступного та актуального підходу до впровадження смарт-технологій у сучасне середовище

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи на тему «Застосування технології Інтернету речей при реалізації концепції «Розумний будинок» було досліджено теоретичні засади та здійснено практичну реалізацію IoT-рішення з автоматизації житлового середовища. Основною метою проєкту було створення ефективної, енергоощадної та надійної системи для приватного будинку — системи аварійного відключення водопостачання.

У першому розділі було проаналізовано основні принципи побудови систем «розумного будинку», їхню архітектуру та ключові функціональні елементи. Розглянуто структуру IoT-рішень, класифікацію пристроїв, типи сенсорів, контролерів та виконавчих механізмів, що застосовуються у сучасних інтелектуальних системах.

Другий розділ був присвячений технічному обґрунтуванню — вибору обладнання, аналізу протоколів зв'язку (Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave), вивченню особливостей платформи Home Assistant, способам інтеграції пристроїв, а також сценаріям автоматизації та захисту даних. У межах практичного етапу системи було здійснено розгортання контролера, підключення сенсорів витоку води та виконавчого електромагнітного клапана.

У практичній частині, представленій у розділі 3, було розгорнуто повноцінну систему аварійного відключення водопостачання з використанням сенсорів витоку води, електромагнітного клапана та платформи Home Assistant. Систему було не лише зібрано й налаштовано, а й проведено демонстраційне тестування в реальних умовах. У ході випробувань один із сенсорів було навмисно змочено для моделювання витоку. Результатом стало миттєве спрацювання системи: клапан перекрив подачу води, а користувач отримав сповіщення через мобільний застосунок. Час реакції становив близько 2–3 секунд, що підтвердило ефективність реалізованого рішення.

У розділі 4 здійснено оцінку технічної надійності, гнучкості та можливостей масштабування системи. Було доведено, що вона має високу енергоефективність, не залежить від наявності інтернет-з'єднання, легко адаптується до будь-яких житлових і комерційних приміщень та може інтегруватися з іншими підсистемами «розумного будинку». Також у роботі розглянуто перспективи розвитку IoT у поєднанні з технологіями штучного інтелекту, зокрема — в міській інфраструктурі, промисловості, медицині, агросекторі, освіті, транспорті та системах безпеки.

Таким чином, реалізована система є практичним прикладом ефективного впровадження IoT-рішень у побуті. Вона підтверджує актуальність теми, доцільність використання відкритих платформ та бездротових технологій, а також демонструє реальний потенціал подібних рішень для підвищення безпеки, комфорту й енергоефективності у повсякденному житті. Отримані результати можуть стати основою для подальших досліджень і впровадження складніших систем у рамках концепції «розумного будинку».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zigbee Specification [Електронний ресурс] // Connectivity Standards Alliance. — Режим доступу: <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/>.
2. Home Assistant Documentation [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.home-assistant.io/docs/>.
3. Aqara Water Leak Sensor User Manual [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.aqara.com/us/product/water-sensor/user-manual/>.
4. FrankEver FK-V02 Smart Water Valve User Manual [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://manuals.plus/frankever/fkv02-smart-water-valve-manual>.
5. Gislason D. ZigBee Wireless Networking. — Newnes, 2008. — 368 p.
6. ISO/IEC 30141:2018. Internet of Things (IoT) — Reference Architecture.
7. ITU-T Y.2060. Overview of the Internet of Things. — International Telecommunication Union, 2012. — 20 p.
8. Standards for IoT Technologies [Електронний ресурс] // European Telecommunications Standards Institute (ETSI). — Режим доступу: <https://www.etsi.org/technologies/internet-of-things>.
9. IoT Networking Trends [Електронний ресурс] // Cisco. — Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/overview.html>.
10. Zigbee Cluster Library Specification [Електронний ресурс] // Zigbee Alliance. — Режим доступу: <https://csa-iot.org/developer-resource/specifications-download-request/>.
11. Home Assistant Developer Documentation [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://developers.home-assistant.io/>. Український інститут інтелектуальних технологій. Технології Інтернету речей в Україні: виклики та перспективи. — Київ, 2022. — 52 с.
12. Павар П., Віттал К. Проєктування та розробка вдосконаленої

інтелектуальної системи управління енергією, інтегрованої з IoT-структурою в середовищі розумної мережі // Journal of Energy Systems. — 2021. — №3. — С. 25–31.

13. Розумний будинок [Електронний ресурс] // STEM. ТНПУ. — Режим доступу: http://stem.tnpu.edu.ua/assets/files/proekti_rozumnij.pdf.

14. Макаренко А. Ю. Бездротові технології передачі даних Wi-Fi, Bluetooth та ZigBee. — К.: КНУ, 2021. — 144 с.

15. Stronghouse project. Manual for smart energy renovation in residential buildings [Електронний ресурс]. — North Sea Region Programme, 2023. — 48 с. — Режим доступу: https://northsearegion.eu/media/24155/230615_stronghouse-manual.pdf.

16. Smart home systems. Guidelines and recommendations [Електронний ресурс]. — Erasmus+ Programme, 2022. — 60 с. — Режим доступу: https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/project-result-content/4df4e928-8958-4552-80da-146977e666b9/Smart_Home_systems_FINAL.pdf