

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**

Навчально-науковий
інститут електроенергетики
(інститут)
Факультет інформаційних технологій
(факультет)
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента _____ Капшученка Дмитра Олександровича _____

(ПІБ)

академічної групи _____ 123М-21-1 _____

(шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»

(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування методів та засобів комп'ютерної системи відображення показників мікроклімату та споживання ресурсів у складі «Розумного будинку»»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Бешта Д.О.			
розділів:				
теоретичний розділ	доц. Бешта Д.О.			
синтез системи	доц. Бешта Д.О.			
розроблення програмного забезпечення	ас. Панферова Я.В			
Рецензент				
Нормоконтролер	проф. Цвіркун Л.І.			

**Дніпро
2022**

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри інформаційних
технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

_____ Гнатушенко В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«___» _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістр
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Капшученко Д.О. академічної групи 123М-21-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності _____ 123 «Комп'ютерна інженерія» _____

за освітньою-професійною програмою 123 «Комп'ютерна інженерія»
(офіційна назва)

на тему «Обґрунтування методів та засобів комп'ютерної системи відображення показників мікроклімату та споживання ресурсів у складі «Розумного будинку»»,
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 31 жовтня 2022 р. №1200

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	15.10.2022
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу	30.10.2022
Синтез системи	Розробка комп'ютерної системи	15.11.2022
Розроблення програмного забезпечення	Розробка програмного забезпечення	30.11.2022
Експериментальний розділ	Проведення і обробка результатів експериментів	03.12.2022
Графічна частина	Графічні результати роботи подати у вигляді рисунків схем таблиць на 10 арк. формату А4.	12.12.2022

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Дата видачі 10 жовтня 2022 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

доц. Бешта Д.О.
(прізвище, ініціали)

15.12.2022 р.

Капшученко Д.О.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 73 с., 32 рис., 2 табл., 23 джерела.

РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ДАТЧИК, КОНТРОЛЕР, СИСТЕМА, МІКРОКЛІМАТ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, НЕЙРОННА МЕРЕЖА.

Об'єкт дослідження – методи та засоби комп'ютерної системи відображення показників мікроклімату та споживання ресурсів у складі «розумного будинку».

Мета роботи – розробка методики управління мікрокліматом та енергоспоживанням у системі «розумного будинку».

Особливість методики дослідження – аналіз наукової та довідкової літератури; розробка методики управління мікрокліматом за допомогою алгоритму нечітких нейронних мереж.

Отримано такі результати: зроблено аналіз особливостей, структури та методів побудови системи «розумного будинку», означено основні протоколи та інтерфейси, що використовуються при створенні таких систем. Проаналізовано існуючі системи «розумного будинку», підходи до проектування та компоненти систем, досліджено особливості організації системи контролю мікроклімату та енергоспоживання у «розумному будинку».

Результатом роботи є розроблена методика управління мікрокліматом у системі «розумного будинку» з використанням ансамбля нечітких нейронних мереж. Вона реалізована на прикладі управління пристроями клімат-контроля розумного будинку шляхом прогнозування параметрів їх функціонування. В якості програмного середовища алгоритмів керування використовувалась Scilab Fuzzy Logic і програмне середовище програмованих логічних контролерів CoDeSys.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ	7
1.1 Концепція та особливості системи «розумний будинок»	7
1.2. Структура та методи побудови системи «розумного будинку»	17
1.3 Протоколи та інтерфейси у системі «розумного будинку»	24
1.4 Постановка завдання.....	27
2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	28
2.1 Аналіз існуючих систем «розумного будинку».....	28
2.1.1 Аналіз плат Arduino	28
2.1.2 Обладнання ОВЕН у системі «розумного будинку»	30
2.1.3. Система «розумний будинок» VIMAR By-me.....	31
2.1.4. Система «розумний будинок» be smart MY HOME	33
2.1.5. Система «розумний будинок» iNels від Elko ep	35
2.2. Підходи до проектування інтерфейсів користувача системи «розумний будинок».....	36
3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ.....	39
3.1 Компоненти для побудови системи «розумного будинку».....	39
3.2 Система контролю мікроклімату та енергоспоживання у «розумному будинку».....	49
3.3 Практична реалізація системи управління мікрокліматом розумного будинку.....	50
4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	54
4.1 Розробка системи відображення показників мікроклімату та споживання ресурсів у складу «розумного будинку»	57
4.2 Дерево цілей системи мікроклімату розумного будинку	59

	5
5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	62
5.1 Розробка алгоритму управління системою клімат-контролю.....	59
5.3 Підключення та програмування датчиків мікроклімату та енергоспоживання у програмному середовищі Arduino.....	62
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Помилка! Закладку не визначено.

ВСТУП

У зв'язку зі стрімким розвитком цифрових технологій та появою ефективних засобів контролю та управління інженерним обладнанням стає можливим з мінімальними енергетичними витратами забезпечити оптимальні параметри мікроклімату приміщень. Ця можливість з'явилася завдяки системі «Розумний будинок».

«Розумний будинок» – це приміщення, організоване для проживання чи роботи людей за допомогою високотехнологічних пристроїв та автоматизації. Система розумного будинку – це система, що дозволяє забезпечити безпеку, комфорт та ресурсозбереження. Ця система розпізнає різні ситуації та належним чином реагує на них.

У поняття системи розумного будинку, як правило, вкладають автоматизацію побутових, рутинних процесів. Наприклад, при займанні в кімнаті зі встановленими спеціальними датчиками система розумного будинку знеструмить всі електроприлади в приміщенні. Також при пожежі чи іншій надзвичайній ситуації система розумного будинку моментально сповіщає про це господаря. Система реагує на зміну клімату у приміщенні, може регулювати вологість, температуру, рівень освітленості та вирішувати інші побутові питання.

Безперечною перевагою системи розумного будинку є можливість керувати всіма датчиками та пристроями в будинку віддалено, з комп'ютера або смартфона. Таким чином система розумного будинку дозволяє користувачу бути в курсі того, що відбувається вдома у будь-який час у будь-якому місці.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Концепція та особливості системи «розумний будинок»

Приватний будинок, що повноцінно відповідає запитам сучасної людини, повинен являти собою синтез максимального комфорту та безпеки. Під максимальним комфортом, перш за все, розуміється естетично виразне архітектурне середовище у поєднанні з оптимальними параметрами мікроклімату. Безпека приватного будинку, насамперед, пов'язується з протипожежними заходами та питаннями антикримінального захисту.

В даний час активно розвивається тенденція до створення автоматизованих комплексів управління будівлею, що контролюють роботу систем вентиляції, опалення, кондиціонування, освітлення, систем безпеки та ін. У сукупності інженерно-технічні рішення, що утворюють єдиний інформаційний простір, і призначені для вирішення цього завдання, інтегруються в системи, які називаються у спеціальній літературі терміном «інтелектуальна будівля» або «розумний будинок».

Поняття «інтелектуальна будівля» вперше було сформульовано Інститутом інтелектуальної будівлі у Вашингтоні у 1970-х роках. Під інтелектуальним будинком малася на увазі «...будівля, що забезпечує продуктивне та ефективне використання робітника простору завдяки оптимізації його чотирьох основних елементів: структури, систем, служб та управління, а також взаємовідносин між ними» [7].

Таким чином, основною ознакою інтелектуального будинку є комплексна система управління, що здійснюється з єдиного диспетчерського пульта.

В даний час у рамках інтелектуальної будівлі розрізняють два поняття:

- Власне «інтелектуальна будівля» - в основному застосовується для об'єктів комерційної нерухомості;
- «Розумний будинок» - йдеться в першу чергу про житлові будівлі.

Термін «розумний будинок» є до кінця не визначеним. Під ним найчастіше мають на увазі будь-які автоматизовані системи, що використовуються в квартирі, котеджі тощо.

Система «розумний дім» почала впроваджуватись у всьому світі ще з середини 1980-х років. Даний продукт використовується в основному власниками комерційної нерухомості [16].

У проектуванні «інтелектуальних будівель» на даний момент використовують такі системи:

- Централізовані системи - AMX, Crestron, Lutron;
- Децентралізовані (шинні) системи – EIB, LonWorks, C-Bus, BACnet;
- Системи, що працюють за радіоканалом та силовою проводкою - GIRA, LEGRAND, BTCINO;
- Змішані системи.

Кожна із зазначених систем має свої недоліки. Централізована система характеризується такими проблемними моментами:

- для розміщення різних компонентів системи необхідно передбачити технологічні обсяги або окреме приміщення;
- у разі настання аварійних станів центрального процесора виходить із ладу вся система;
- проектування та інсталяція більшості систем може проводитися лише кваліфікованими фахівцями;
- монтаж складних систем можливий у процесі будівництва або в ході ремонту;
- висока вартість обладнання та обслуговування.

Радіошинні системи мають такі недоліки:

- система є закритою — протокол, яким відбувається спілкування пристроїв у системі, доступний тільки пристроям виробників;
- обмежена адресна ємність системи;
- можуть бути використані лише у невеликих проектах;

- мають обмежені функції з управління окремими інженерними системами [9].

Системи змішаного типу будуються на основі поєднань принципів та елементів, зазначених вище систем. До їх недоліків можна віднести недоліки систем, використаних для інтеграції.

Інтелектуальна будівля відноситься до систем типу людина-машина. Вона є керованим комплексом високотехнологічних автоматизованих підсистем з чітким порядком взаємозв'язків, що забезпечують узгоджену роботу всіх інженерних систем будівлі. Основними завданнями розумного будинку є підвищення рівня комфорту та безпеки людини, що знаходиться в будівлі, а також ресурсозбереження [14].

На даний час проведено велику кількість досліджень у галузі проектування інтелектуальних будівель. У цьому масиві можна виділити три основні напрями:

- вивчення та розробка технологій інтелектуальних будівель;
- оцінка інвестиційної привабливості проектів;
- оцінка ефективності запропонованих рішень.

Сама концепція інтелектуальної будівлі виникла з урахуванням розвитку інформаційних технологій і постійно ними стимулюється. Інтелектуальна будівля має такі специфічні особливості:

- Можливість динамічного розвитку інженерних систем – нарощування та видозміна;
- Значну кількість датчиків для збирання оперативної інформації про стан будівлі;
- Програмні та апаратні елементи системи не повинні бути прив'язані до одного виробника;
- Застосування типових пристроїв – контролерів, шин зв'язку, модулів введення-виведення, систем відображення інформації та ін.

З цього випливає, що всі системи безпеки та інженерні системи в інтелектуальному будинку мають бути інтегровані на базі єдиної інформаційної системи автоматизованої системи керування будівлею.

На рис. 1.1 показано загальну структуру «розумного будинку», що поєднує основні області застосування. Це означає, що безпека, охорона здоров'я, розваги, енергоефективне споживання та всі пов'язані з ними послуги об'єднані з внутрішньою комунікаційною інфраструктурою.

Зважаючи на різноманітність цілей кожної з цих областей, необхідна глобальна мережа для інтегрування вищої структурованості зв'язку, яка буде включати кілька виділених домашніх мереж. Функціональна сумісність між різними програмами залежить від універсального багатоцільового домашнього шлюзу, що діє як ретранслятор протоколу зв'язку. Це фактично агрегатор даних, який обробляє трафік даних, що надходить з різних мереж, незалежно від засобів фізичної передачі (дротовий чи бездротовий).

З іншого боку, шлюз поєднує інфраструктуру системи «розумний будинок» із зовнішнім світом. На верхньому рівні дані передаються до хмарної системи, де вони класифікуються, організуються та зберігаються для різних цілей та завдань. В свою черга, їх доступ надається конкретним об'єктам, таким як «розумна мережа», «розумне місто» та «розумна мережа охорони здоров'я», що уможливить спільне використання усієї керованої інформації зовнішніми елементами.

Домашній шлюз з інтерфейсом міжмашинної взаємодії виступає у ролі активатора для служб «розумний будинок». Міжмашинна взаємодія відноситься до технологій, які можуть дозволити як бездротовим, так і провідним системам взаємодіяти з іншими пристроями тієї ж природи, де один пристрій генерує події, а інше інтерпретує їх. Серед широкого спектру можливих застосування міжмашинної взаємодії розумні будинки мають найвищий ринковий потенціал через те, що вони тісно пов'язані з людським життям [14].

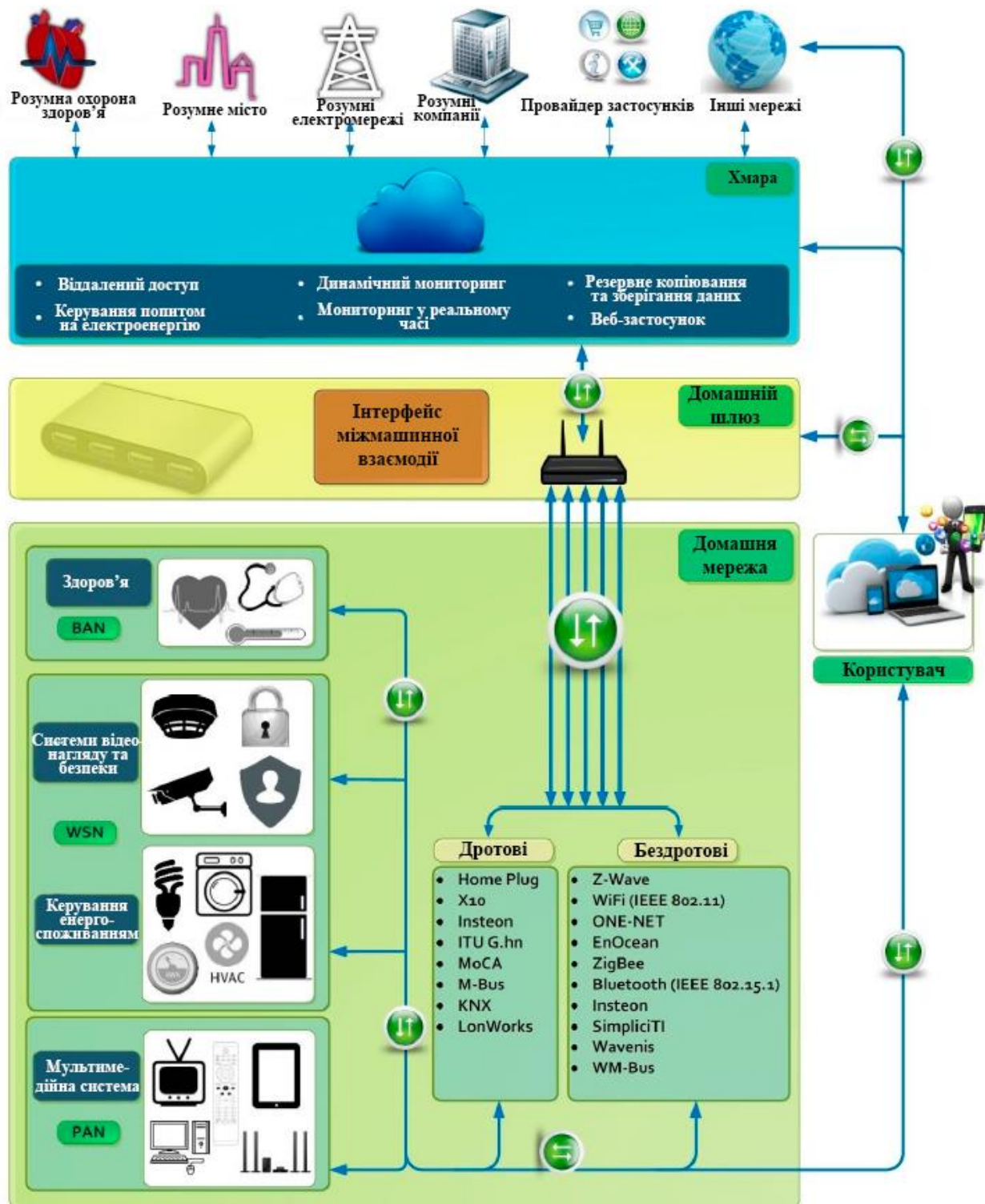


Рис. 1.1 – Розумні домашні пристрої, доступні через глобальне мережеве середовище

Поряд із зростанням технологій, пов'язаних з міжмашинною взаємодією, бездротові мережі також знаходяться в процесі інтеграції до систем «розумний будинок», що дозволяє розширити можливості пристроїв та підвищити

надійність та функціональність системи. Бездротові мережі міжмашинної взаємодії можуть допомогти підвищити продуктивність та ефективність машин, а також підвищити безпеку та надійність складних систем.

Основні проблеми в мережах міжмашинної взаємодії пов'язані з вертикальною фрагментацією та складністю ринків міжмашинної взаємодії. Ця складність обумовлена кількістю способів зв'язку, вбудованих пристроїв та сервісних платформ, особливо їх неоднорідністю.

Для «розумного будинку» характерною є наявність великого масиву інформаційних точок, і, відповідно, одержуваних від них даних, які потребують обробки у режимі реального часу. Доцільним є об'єднання внутрішніх даних самої будівлі із зовнішніми (температура повітря, рівень природної освітленості тощо.). Використання методів Big Data для обробки таких наборів даних дозволить підвищити спроможність прогнозування поведінки підсистем інтелектуальної будівлі. Коригувати процеси керування цими підсистемами рекомендується за допомогою використання EMS (Energy Management System) [12].

Мобільні пристрої також можуть бути використані у системі управління. Останнім часом технічні характеристики мобільних пристроїв (смартфонів та планшетів) дозволяють вирішувати велику кількість завдань подібного роду. Більшою мірою їх використання характерно для систем «розумний дім», але нині вони проникають і в комерційну частину будівельного сектора. Розвитку мобільних платформ для інтелектуальних будівель сприяють IoT та хмарні послуги.

Завдяки активному розвитку мобільного Інтернету дедалі частіше починають використовуватися хмарні обчислення. Зазначені тенденції укладаються в концепцію «Інтернет речей» (Internet of Things), що передбачає формування мережі фізичних об'єктів, що містять вбудовану технологію, яка дозволяє цим об'єктам вимірювати параметри (власного стану та навколишнього середовища), використовувати та передавати інформацію. Об'єктами можуть бути персональні комп'ютери, мобільні пристрої, датчики,

керовані пристрої – системи освітлення, жалюзі, системи клімат-контролю тощо.

У системі розумного будинку ця концепція може бути використана наступним чином:

1) Дані за допомогою системи датчиків фіксуються, передаються в хмару, де вони будуть оброблятися та зберігатися;

2) передача команд від користувача на кінцеві керовані пристрої.

Таким чином, користувачі отримують можливість віддаленого управління та моніторингу системи розумного будинку.

До переваг зазначеної концепції можна віднести:

- Можливість доступу до всього обсягу інформації у будь-який час та з будь-якої точки;
- За наявності в будинку мешканців, які мають проблеми зі здоров'ям, можливо через хмару забезпечити передачу даних з медичних пристроїв безпосередньо лікарю;
- Система розумного будинку отримує гнучкість у використанні, оскільки інтеграція в неї нових пристроїв може бути зроблена шляхом забезпечення ним доступу до Інтернету, без необхідності перебудовувати всю систему;
- Хмарний сервер дозволяє використовувати єдиний інтерфейс управління системами розумного будинку, незалежно від виробників пристроїв та протоколів передачі даних.

При впровадженні функції дистанційного керування системою розумного будинку можна використовувати хмарний сервер як додатковий рівень. Хмарний сервер у цьому випадку виступає як сховище даних про стан різних датчиків та пристроїв у базі даних. Також він може виступати як посередник між віддаленими пристроями управління та домашнім сервером. Вказана функція виконується за допомогою передачі команд з мобільних пристроїв у хмару, де вони обробляються та передаються потім на домашній сервер.

Домашній сервер отримує команди від хмарного сервера, передає з на контролери і, відповідно, у зворотному порядку. Також через домашній сервер відбувається управління системою розумного будинку по локальній мережі або з мобільних пристроїв за допомогою Wi-Fi і Bluetooth. У разі відмови від використання домашнього сервера хмарний сервер може здійснювати взаємодію з контролерами безпосередньо. Для цього використовують контролери, які здатні отримувати безпосередній доступ до Інтернету [5].

Таким чином, можна відзначити, що існують різні напрями та можливості інтеграції функціональних пристроїв у систему розумного будинку. Їхній вибір залежить від потреб та можливостей споживача.

Одним із затребуваних напрямків є створення максимально простої, зручної та гнучкої системи управління розумним будинком. На особливу увагу заслуговують пропозиції щодо інтеграції її в хмарне середовище, що дозволяють вирішувати велику кількість проблем. Одним з основних переваг є отримання гнучкої системи керування з віддаленим доступом.

Головним призначенням розумного будинку є забезпечення максимального комфорту користувачів за допомогою автоматизації деяких процесів. Загалом завдання розумного будинку можна звести до трьох наступним напрямкам: безпека господарів та будинку, комфорт, постійний контроль.

Система розумного будинку виконує такі функції:

- здійснення контролю за освітленням та роботою електроприладів;
- керування аудіо та відео системами;
- управління вентиляцією та клімат-контроль;
- здійснення безпеки – користувачі можуть контролювати роботу цієї системи за допомогою інтернету та стільникового зв'язку;
- зручні автоматизовані сценарії роботи системи;
- дистанційне керування системами будинку.

При цьому всі ці завдання контролюються мешканцями за допомогою зручних, сучасних та високотехнологічних керуючих механізмів, таких як:

сенсорні вимикачі, панелі керування, кнопкові вимикачі з підсвічуванням, а також багато інших. У системі розумного будинку широко використовується високотехнологічне обладнання, яке умовно можна поділити на дві категорії:

- обладнання, яке потребує управління;
- системи, що здійснюють керування обладнанням, що належать до першої категорії.

Другий вид обладнання в поєднанні з першим демонструє ефективну взаємодію.

До першого виду обладнання можна віднести системи керування освітленням, клімат-контролем, мультимедіа. Такі прилади можуть працювати автономно, тобто вони можуть існувати без системи розумного будинку. Це можуть бути різноманітні пристрої та електричні прилади.

Розумний будинок має досить просту конструкцію, незважаючи на складність процесів управління та застосування високих технологій. Його схема включає такі компоненти:

- виконавчі пристрої – електричні прилади, що перебувають у будинку;
- лінії зв'язку;
- сервер – обробляє інформацію, що отримується від виконавчих пристроїв та контролерів.

Сервер підключається за допомогою спеціального програмного забезпечення до комп'ютера власника будинку. Таким чином, користувач може задавати необхідні параметри, а мозок системи за допомогою ліній зв'язку та контролерів забезпечуватиме виконання заданої програми.

Також вводити необхідні налаштування та контролювати роботу системи можна за допомогою дистанційного пульта чи панелі управління.

Ще однією важливою особливістю розумного будинку є те, що дана система допомагає серйозно скоротити споживання енергоресурсів, що стало особливо актуальним у наш час. Після встановлення розумного будинку на опаленні, освітленні та водопостачанні заощаджується 65% електричної енергії. Розумний будинок дозволяє скоротити витрати на оплату рахунків з

електроенергії, забезпечити мешканців від коротких замикань в електромережі та додатково забезпечити домашній комфорт та затишок користувачів.

Розумний будинок може функціонувати в інтерактивному та незалежному режимі. Ці додаткові можливості можуть використовуватися для покращення якості життя в різних аспектах, таких як:

- Автоматизація рутинних завдань.
- Надання медичних послуг.
- Раціоналізація споживання енергії.
- Підвищення індивідуальної безпеки та безпеки будинку.

Оскільки технічні вимоги до інтелектуальних будинків та технології зв'язки є відносно новими і перебувають у стадії розробки, більшість доступних протоколів зв'язку були розроблені до появи концепції розумного будинку. Отже, оціночні дослідження мають вирішальне значення для визначення того, чи підходять ці протоколи для вимог до інтелектуального домашнього спілкування. У цьому контексті локальні мережі для невеликих домашніх районів набувають все більшу актуальність, оскільки до побутових пристроїв додаються розширені функції автоматизації та управління енергоспоживанням. По суті, розумний будинок з підтримкою домашньої мережі є фундаментальним кроком для забезпечення обміну інформацією та взаємодії між кількома розумними побутовими приладами, підключеними до інших пристроїв або мереж через різні протоколи, зокрема Bluetooth, ZigBee, WiFi, Z-Wave тощо всередині чи зовні.

Сучасний підхід до локальної бездротової мережі базується на таких стандартах, як Local Area Network (LAN) та Body Area Network (BAN) або Personal Area Network (PAN), які використовуються для опису мережі меншого масштабу в діапазоні від 12 до 100 метрів. Зазвичай вони націлені на локальні мережеві застосунки, засновані на недорогих бездротових технологіях. Комунікаційні інфраструктури PAN та BAN в основному використовуються у внутрішніх застосунках, дозволяючи користувачеві змінювати своє

місцезнаходження, і не вимагають великого досвіду для керування роботою мережі.

Хоча деякі служби, наприклад, моніторинг різних параметрів людини, пов'язаних з питаннями здоров'я та виконувани розумними будинками, можуть бути включені до діапазон зв'язку VAN, для функціонування всієї інфраструктури потрібно більш широка сфера дій. З іншого боку, мережі такої конфігурації може бути достатньо, оскільки вона здатна залишатися повністю працездатною протягом тривалого часу, та її обслуговування є економічно ефективним. PAN може задовольняти більшу кількість вимог, оскільки складається з переносного та портативного обладнання, здатного взаємодіяти з найближчим оточенням та з можливістю підключення до ширшого інформаційного середовища через гігантські бездротові мережі.

Wireless sensor networks (WSN) є альтернативними економічно ефективними рішеннями для підключення сенсорних вузлів до мереж із комірчастою топологією з дуже низькими потребами енергії. Інтегрування сенсорних, комунікаційних та обчислювальних можливостей для моніторингу та обробки даних, таких як температура, тиск, вологість та світло, дозволяє виконувати комплексну обробку даних на основі фізичних явищ, що відчуються.

Навіть якщо такі категорії мереж охоплюють широкий спектр функцій, цього недостатньо. Крім того, немає функції взаємодії, яка б дозволила різним пристроям спілкуватися один з одним. Тому для об'єднання мереж різних рівнів, які мають специфічні складності, потрібна ширша мережа (глобальна бездротова інфраструктура) [3].

1.2. Структура та методи побудови системи «розумного будинку»

Ієрархія систем розумного будинку функціонально виглядає наступним чином (рис. 1.2).

Узагальнено функції системи поділяють на такі частини:

1) система життєзабезпечення;

- 2) система забезпечення безпеки;
- 3) система інформаційного забезпечення.

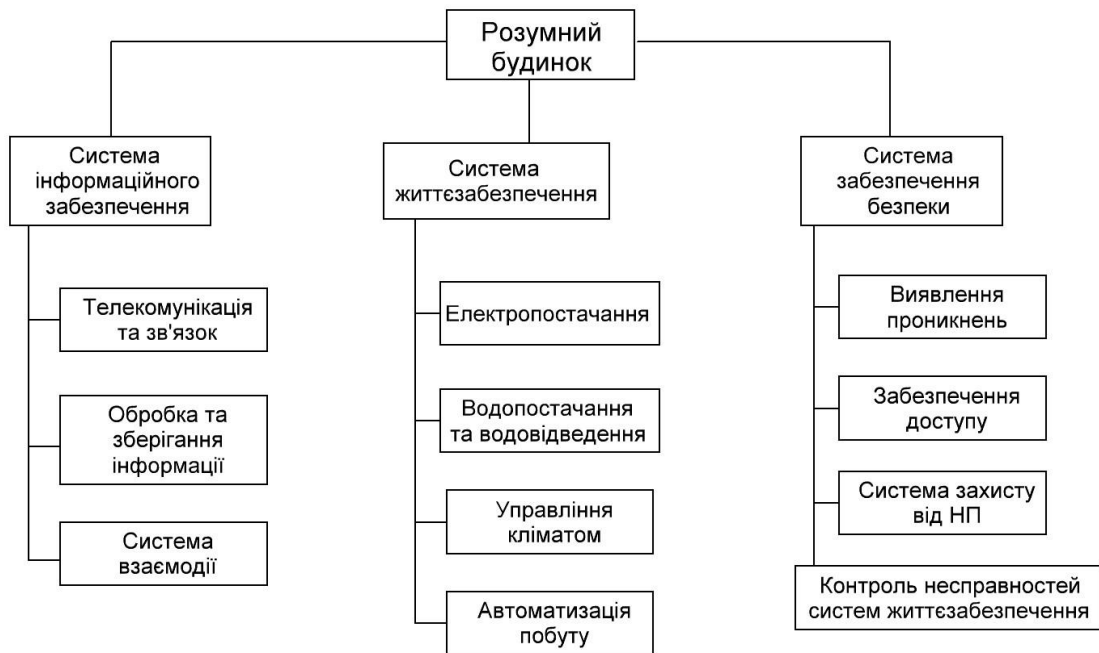


Рис. 1.2. – Структурна схема функцій «розумного будинку»

Традиційно, розумний будинок є єдиною системою управління системами життєзабезпечення. У кожній кімнаті знаходяться датчики та сенсори, які дозволяють зчитувати такі показники, як температура, вологість повітря тощо, і дозволяють формувати вхідні дані для обчислювальної системи.

Під системою життєзабезпечення слід розуміти єдину систему, яка включає в себе інженерну, телекомунікаційну системи та систему безпеки. Інженерна система у свою чергу складається з водопостачання, електропостачання, газопостачання та теплопостачання. Сукупність систем охорони, відеоспостереження та контролю доступу створює систему безпеки. В телекомунікаційну систему входять телефонія, інтернет та телебачення [5].

Головним завданням «розумного будинку» є автоматизація всіх цих систем. Необхідно не лише встановити датчики та сенсори, але й автоматизувати процес вирішення проблеми без впровадження людських ресурсів. У разі виникнення проблем система сповістить господаря будинку про проблему і також запропонує шлях вирішення проблеми. Це значно

полегшує завдання та економить час. Наприклад, при проникненні стороннього до будинку, система повідомить про це господаря та викличе охорону.

Кожен модуль системи "розумного будинку" можна замовити окремо та інтегрувати в єдину систему у будь-який час, що дозволить впровадити систему з мінімальними витратами та надалі розширити її функціональність у відповідності до потреб клієнта.

Автоматизація вищезгаданих трьох систем життєзабезпечення дозволить підвищити рівень безпеки. А для підвищення комфорту необхідно автоматизувати керування підсистемами. У системі «розумний будинок» існують такі підсистеми як електрозабезпечення, освітлення, керування електроприводами, розваги, зв'язок, клімат-контроль, система безпеки та система загального управління.

Електрозабезпечення забезпечує безперебійну роботу системи та регулює роботу резервного джерела живлення, а клімат-контроль пов'язаний із системою опалення, кондиціонування, вентиляцією та зволоженням повітря. Контроль освітлення та електроенергії надає можливість у разі зменшити витрати на оплату електрики.

Окрім підвищення рівня комфорту та безпеки, однією з місій «розумного будинку» є енергозбереження та зниження витрат на комунальні послуги. Домогтися такого результату можна через розподіл навантаження залежно від часу доби та встановлених господарем будинку параметрів. Наприклад, автовимкнення світла під час відсутності мешканців і автоматичне регулювання світла в залежності від природного освітлення [9].

Збір та аналіз інформації про стан будинку та встановлених у ньому систем, а також належне реагування на сигнали системи є головним завданням розумного будинку. Система дозволяє заощадити до 30% утримання будинку.

Розрізняють три основних підходи до організації управління системами розумного будинку: централізовані, децентралізовані та змішані системи.

1. Централізовані системи

Суть централізованого розумного будинку полягає в тому, що реалізовано програмування лише одного центрального логічного модуля. Зазвичай це вільно програмований контролер, в який записується заздалегідь спеціально створена під об'єкт програма, на основі якої відбувається управління виконавчими пристроями та інженерними системами. Це дозволяє використовувати широкий вибір обладнання та складні сценарії.

Переваги централізованих систем:

- Єдиний інтерфейс управління;
- Створення складних сценаріїв, прив'язаних до часу доби, стану мешканця, температури, місячному циклу;
- Простота початкової настройки. Усі маніпуляції виконуються лише з центральному контролері.

Недоліки централізованих систем:

- Потрібне обов'язкове програмування системи;
- Залежність системи від одного центрального контролера;
- Вимагає наявності резервного обладнання.

Типова централізована система управління розумним будинком складається з керуючого пристрою, контролера, списку пристроїв та датчиків, а також інтерфейсу користувача (рис. 1.3).

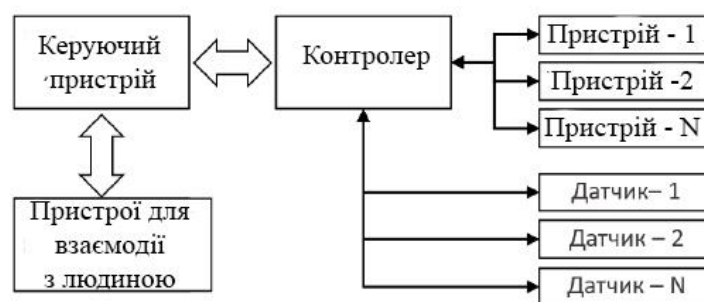


Рис. 1.3. – Схема централізованої системи «розумний будинок»

2. Децентралізовані (розподілені) системи.

У розподілених системах розумного будинку кожен виконавчий пристрій містить у собі мікропроцесор з енергонезалежною пам'яттю (рис. 1.4.). Цим пояснюється надійність таких систем. При виході з експлуатації

одного пристрою вся система працює справно, крім приладів, підключених до цього пристрою. Приклад децентралізованої системи є цифрові будинки, побудовані на технологіях KNX.

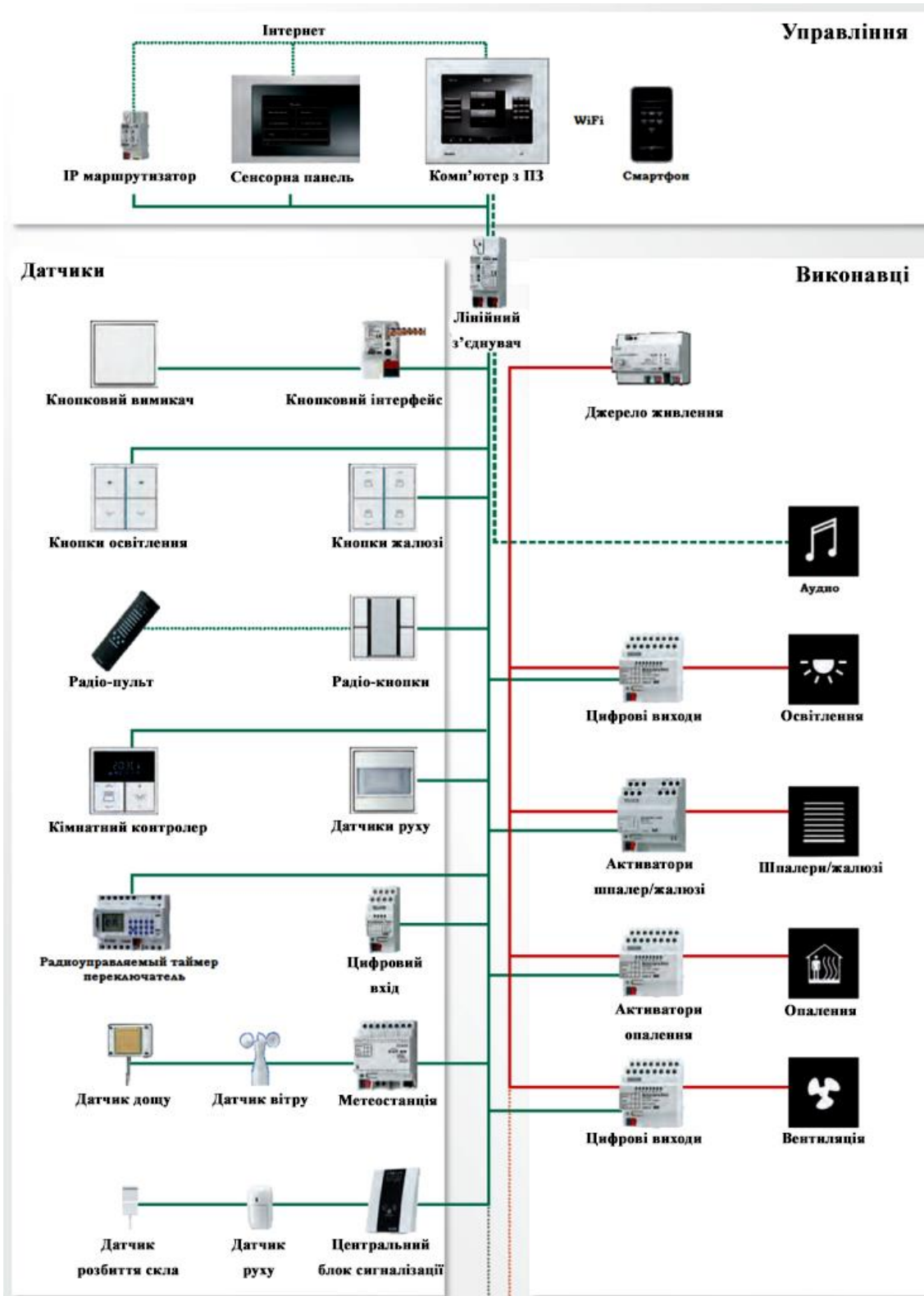


Рис. 1.4. – Схема розподіленої системи «розумний будинок»

Безперечною перевагою децентралізованих систем є висока надійність.

До недоліків таких систем відносять наступні:

- Висока вартість обладнання;
- Складне початкове програмування обладнання;
- Складність інтеграції з іншими апаратними рішеннями;
- Часто мають закритий протокол управління.

3. Змішані системи керування розумним будинком.

Системи змішаного управління сьогодні є найбільш популярними у використанні. У ролі центрального управління в таких системах виступає контролер, але керуючі модулі мають вбудовані функції управління. Таким чином, при виході з ладу центрального контролера всі життєво важливі системи переходять на ручне керування.

Переваги змішаних систем:

- Висока надійність;
- Відносно невисока вартість обладнання;
- Легкість у початковому налаштуванні;
- Не потребують резервного обладнання [12].

Для того, щоб контролер міг передавати сигнали управління датчикам і виконавчим пристроям, потрібно вибрати яким чином буде здійснено спілкування пристроїв між собою. Є два основних типи передачі сигналу – провідний та бездротовий.

1. Дротові системи автоматизації

Всі керуючі пристрої - датчики, вимикачі, пристрої керування кліматом, керуючі панелі, зв'язуються єдиною провідною інформаційною шиною, по якій йдуть сигнали до виконавчих пристроїв, розташованих в електричному щиті. В якості дротової інформаційної шини використовуються спеціальні кабелі, а окремих випадках звичайна кручена пара. Дротова система має свої переваги і недоліки.

Переваги:

- Перешкодостійкість;

- Висока швидкість відгуку;
- Великий вибір дизайну керуючих елементів;
- Відносна простота інтеграції з іншими системами;
- Передача керуючих сигналів на великі відстані.

Недоліки:

- Проектування проводиться на стадії ремонту;
- Передбачає частковий демонтаж ремонту та монтаж кабелів;
- Потрібно прокладання великої кількості проводів;
- Для встановлення та обслуговування системи потрібна висока кваліфікація інсталятора.

2. Бездротові системи автоматизації

У цих системах сигнал від керуючих пристроїв до виконавчих йде за радіоканалом. Це дозволяє скоротити кількість дротів, а також час на інсталяцію системи. Ці системи можна монтувати на об'єкти з готовим ремонтом із класичною проводкою. Бездротовий "вимикач" може бути радіопередавачем, який зв'язується з рештою "вимикачів".

Бездротова система інтегрує електричні підсистеми будівлі таким чином, що процеси опалення, кондиціонування, вентиляції, освітлення, сигналізації та контролю доступу функціонують в рамках єдиної системи для забезпечення максимальної безпеки та комфорту мешканців будинку.

Бездротові можливості розумного будинку пропонують дуже широкий спектр можливостей. Вони працюють за допомогою малопотужних радіохвиль, які вільно проходять через стіни, підлогу чи меблі. З їхньою допомогою мешканці матимуть повний контроль над функціонуванням будівлі у дуже простий спосіб, у будь-якому місці, у будь-який час. Функціональність системи повністю залежить від рівня її проектування, забезпечуючи певний рівень безпеки та комфорту людей у будинку. На практиці це означає можливість інтеграції різного електрообладнання таким чином, що одним жестом можна опустити жалюзі чи відрегулювати температуру всередині приміщення.

Переваги:

- Можна встановлювати в квартири та будинки з уже готовим ремонтом із класичною проводкою;
- Значно скорочує кількість проводки в будинку;
- Не потребує демонтажу ремонту, що скорочує витрати на установку.

Недоліки:

- Погана перешкодостійкість;
- Потрібен витратний матеріал у вигляді батарейок;
- Складна інтеграція з іншими системами;
- Низька безпека передачі інформаційних повідомлень;
- Складність реєстрації деяких радіочастот;
- Складність передачі радіосигналу через товсті перегородки та великі відстані.

Усі системи можуть мати як відкритий, так і закритий протокол управління. Відкритий протокол дозволяє користувачеві самому розробляти програмне забезпечення та нове обладнання, тобто надає можливість повної модифікації всієї системи. Закритий протокол не дозволяє змінювати вбудоване програмне забезпечення або його модифікацію, але такі системи передбачають постійну технічну підтримку та нижчу вартість для користувача [5].

1.3 Протоколи та інтерфейси у системі «розумного будинку»

1. X10

Протокол X10 є однією з перших технологій для розумного будинку. Вона була розроблена компанією Pico Electronics у 1970 році. Протокол ґрунтується на передачі інформаційних сигналів за наявною електричною проводкою в будинку. Тобто побудувати мережу X10 можливо простим підключенням пристроїв до електричних розеток. Плюсом такого рішення є простота налаштування та встановлення. Мінусом же є повільна передача даних, відсутність зворотного зв'язку та погана перешкода захищеність лінії.

2. Modbus

Modbus – це комунікаційний протокол, що ґрунтується на клієнт-серверній архітектурі. Протокол Modbus розроблений для використання у програмованих логічних контролерах. В даний час є дуже поширеним протоколом, він використовується в різних промислових системах. Наприклад, цей протокол використовують у контролерах крокових двигунів.

Цей протокол широко використовується для передачі даних послідовних ліній зв'язку, заснованих на інтерфейсах RS-485, RS-422 та RS-232. На початку його розвитку застосовувався інтерфейс RS-232, як один із найпростіших промислових інтерфейсів для послідовної передачі даних. В даний час протокол часто використовується поверх інтерфейсу RS-485, що дозволяє досягти високої швидкості передачі, великих відстаней та об'єднання кількох пристроїв в єдину мережу, тим більше, що протокол Modbus підтримує адресацію.

Широка поширеність протоколу Modbus, обумовлена його простотою та надійністю; він дозволяє легко інтегрувати пристрої, що підтримують Modbus, у єдину мережу.

Основною особливістю протоколу є наявність у мережі одного провідного пристрою – master. Тільки провідний пристрій може опитувати решту пристроїв мережі, які є веденими (slave). Підлеглий пристрій не може самостійно ініціювати передачу даних або вимагати будь-які дані в інших пристроїв, робота мережі будується тільки за принципом "запит-відповідь". Майстер може також видати ширококомовний запит, адресований всім пристроям в мережі, у такому разі повідомлення не надсилається.

3. Інтерфейс RS-485.

Мережа, побудована на інтерфейсі RS-485, являє приймачі, з'єднані за допомогою крученої пари – двох скручених дротів. В основі інтерфейсу RS-485 полягає принцип диференціальної (балансної) передачі даних.

Суть його полягає у передачі одного сигналу по двох дротах. Причому за одним проводом (умовно А) йде оригінальний сигнал, а за іншим (умовно

B) – його інверсна копія. Інакше кажучи, якщо на одному проводі "1", то на іншому "0" і навпаки. Таким чином, між двома проводами крученої пари завжди є різниця потенціалів: при "1" вона позитивна, при "0" – негативна. Саме цією різницею потенціалів і передається сигнал. Такий спосіб передачі забезпечує високу стійкість до синфазної перешкоди [14].

4. Z-Wave – бездротовий протокол, який є технологією, в основі якої лежить пориста мережа (mesh). Кожен пристрій у мережі Z-Wave є як приймачем, так і передавачем. Завдяки цьому збільшується надійність мережі (при виході з ладу одного пристрою сигнал піде через сусідній), а зона покриття розширюється простим додаванням нових пристроїв, які можуть працювати в якості повторювачів сигналу. У мережі Z-Wave не потрібні додаткові репітери та підсилювачі сигналу, достатньо, щоб будь-який пристрій мережі Z-Wave знаходився у радіусі дії сусіднього пристрою.

5. Wi-Fi – (англ. аббревіатура від Wireless Fidelity – бездротова висока точність) – це технологія, яка дозволяє передавати дані на високих швидкостях.

Робоча частота Wi-Fi 2,4 ГГц та 5 ГГц. Як стандарти на даний момент прийняті 802.11a, 802.11b та 802.11g зі швидкостями 54 Мбіт/с, 11 Мбіт/с та 100 Мбіт/с відповідно. Ця технологія має високу захищеність та завадостійкість.

6. Bluetooth.

Також у розумних будинках використовується технологія Bluetooth. Так як Bluetooth має малий радіус дії, його зручно використовувати для ідентифікації користувача, наприклад, за допомогою мобільного телефону.

7. Радіоканал широко використовується в розумних будинках для дистанційного керування.

Багато радіопультів і датчиків мають вбудований радіопередавач, який відправляє дані на радіоприймач головного контролера. Можна використовувати як закодований, так і відкритий радіоканал.

8. Інфрачервоне керування використовується в основному в кондиціонерах, а також теле та аудіо апаратурі.

Інфрачервоний сигнал – це сигнал прямого бачення, тому всі дистанційні пульти повинні знаходитись у зоні дії інфрачервоного променя. Сигнал передається кількома способами. Тому при виборі обладнання та запису сигналу в контролер це потрібно враховувати [15].

1.4 Постановка завдання

В результаті аналізу методів побудови системи «розумного будинку», завдання дипломної роботи можуть бути сформульовані в такому вигляді:

1. Зробити аналіз існуючих систем «розумного будинку».
2. Розглянути підходи до проектування інтерфейсів користувача.
3. Дослідити компоненти для побудови системи «розумного будинку».
4. Розглянути особливості системи контролю мікроклімату та енергоспоживання у «розумному будинку».
5. Розробити систему відображення показників мікроклімату та споживання ресурсів у складу «розумного будинку» за допомогою оптимального методу розробки.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз існуючих систем «розумного будинку»

В даний час на ринку представлена велика кількість систем розумних будинків. Більшість компаній, що працюють у цій галузі, не розголошують основну технічну інформацію про використовувані ними плати та модулі. Система «розумний будинок» може бути реалізована на таких платах, як Zigbee, Arduino, ПЛК Овен та ін.

2.1.1 Аналіз плат Arduino

Розглянемо особливості реалізації системи типу «розумний будинок» на платі Arduino. Перша плата прототипу виготовлена Массімо Банці у 2005 році. Плата мала найпростіший дизайн, її перший прототип показано на рис. 2.1.

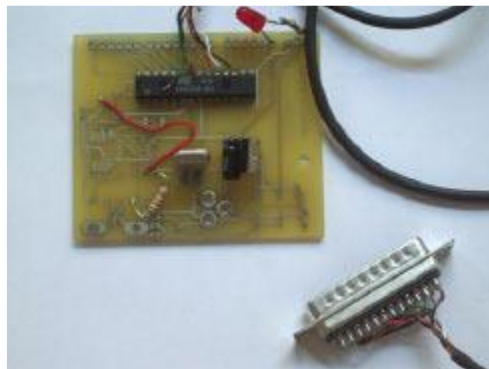


Рис. 2.1 – Перший прототип плати Arduino

Випущений у 2005 році як інструмент для студентів в Інституті проектування взаємодій міста Івреа (Interaction Design Institute Ivrea, IDII), Arduino породив міжнародну революцію у сфері міжнародних електронних саморобок.

Зараз можна купити готову плату у виробника, або зібрати її з нуля. Усі схеми та вихідні коди Arduino доступні безкоштовно на умовах відкритих ліцензій. В результаті Arduino став найвпливовішою апаратною системою свого часу з відкритим кодом [4].

Завдяки відкритості системних плат Arduino, допускається їхня вільна модифікація. Тому будь-який виробник плат може випускати аналог плати Arduino, вносити зміни до самої плати, не кажучи вже про вільну комплектацію наборів.

Оскільки Arduino – це бренд виробника, то аналоги зазвичай використовують співзвучні назви з Arduino назви – Frduino, Freeduino, Xduino, DCcduino, Robotale, Funduino та багато інших плат китайських виробників (Wemos). Бренд може бути і не вказаний, а буде присутній напис типу Arduino. Оригінальні плати Arduino виробляються Італії, а більшу кількість плат-аналогів виробляють у Китаї. Візуально ці плати виглядають однаково (на Arduino є фірмовий логотип у вигляді знака нескінченності).

Плати Arduino відрізняються не лише своїми розмірами, а й кількістю виходів, а також можливістю підключення так званих «шилдів». "Шилд" - це підвид плат розширення, які стикується з Arduino.

Розрізняють наступні різновиди Arduino:

1. Arduino mini. Ця плата не сумісна з шилдами, і зазвичай використовується для вбудовування в закінчені аксесуари. На Arduino mini немає USB порту для прошивки. Програмується за допомогою перехідника USB-Serial. Також на платі стоїть дуже малопотужний стабілізатор, і лише один світлодіод (індикація живлення). Arduino mini працюють на мікроконтролері ATmega328.

2. ArduinoNano. Ця плата теж невелика і має вхід mini-usb. Ця плата також як і Arduino mini не сумісна з шилдами, але плату дуже зручно використовувати на макетній платі. Старі версії цієї плати використовували мікроконтролер ATmega168, у нових версіях використовують ATmega328. У якості USB-UART мосту використані FT232.

3. ArduinoUNO. В Arduino UNO замінено перетворювач USB-UART на мікроконтролер Atmega8U2. В більш нових ревізіях Atmega16U2 в мікроконтролері закладена прошивка, яка аналогічна FT32. Завдяки цій зміні

підвищилася швидкість прошивки у 2-3 рази. Також варто відзначити, що Arduino UNO підтримує шилди.

4. Arduino Leonardo. У цій платі USB не залежить від UART, а також повністю не залежить від пінів. Ця плата побудована на мікроконтролері ATmega32u4. В ній збільшилася оперативна пам'ять на 0,5 кБ, а також з'явилося 12 аналогових входів. Також у Uno підтримується не тільки віртуальний COM-порт, а й клавіатура та миша. Також вона обладнана Micro-USB роз'ємом для прошивки. Існують деякі недоліки, наприклад, завантажувач займає 4кб, а також у кожному прошивку програмується підтримка USB-blin. В цілому Leonardo має те ж розведення, що і UNO, тому так само сумісна зі старими шилдами.

5. ArduinoMega. Плата підтримує велику кількість шилдів, але через різні розміри плати та різне розташування SPI-виходів, шилди використовують цифрові піни, тому вони будуть не сумісні. Наприклад, не буде сумісності зі старим Ethernet-шилдом. Плата містить 54 цифрових виходи (16 аналогових, 15 з ШІМ), має великий обсяг пам'яті (128 та 256 кб флеш-пам'яті, 8кб оперативної пам'яті та 4 кб EEPROM). Arduino mega використовує мікроконтролери ATmega1280 і ATmega2560, і тому плати розрізняються за обсягом пам'яті. USB інтерфейс виконаний на мікроконтролері ATmega8U2 та ATmega16U2 на пізніших версіях. Також у Mega є USB-host, завдяки якому він може зв'язуватися з android-пристроями [4].

2.1.2 Обладнання ОВЕН у системі «розумного будинку»

ОВЕН ПЛК – моноблочний контролер з дискретними та аналоговими входами/виходами, призначений для автоматизації малих систем. Розроблено компанією «ОВЕН» у 1991 році. Першою розробкою компанії став пристрій захисного відключення трифазного двигуна ОВЕН.

Контролер ОВЕН ПЛК призначений для створення систем управління малими та середніми об'єктами, побудови систем диспетчеризації. ОВЕН ПЛК випускає контролери як для малих систем автоматизації, так і для систем

введення/виведення і комунікаційних контролерів. Зовнішній вигляд контролера показаний на рис. 2.2.



Рис. 2.2. – Зовнішній вигляд контролера ОВЕН ПЛК

Основні переваги контролера ОВЕН:

- наявність послідовних портів (RS-485, RS-232) та Ethernet;
- можливість підключення зовнішніх модулів введення/виведення за будь-яким із вбудованих інтерфейсів;
- розширений температурний діапазон, за яких може працювати пристрій (від -20 до +70 С);
- наявність вбудованого акумулятора.

Основні недоліки контролера ОВЕН:

- висока вартість;
- відносно складне середовище програмування;
- великий розмір [15].

2.1.3. Система «розумний будинок» VIMAR Vu-me

Компанія Vimar була створена В. Віаро та Ф. Гузі у 1945 р. Система Vu-me є одним з основних продуктів компанії, і є «інтелектуальним» ядром «розумного будинку». Система Vu-me забезпечує координоване управління всім комплексом, що включає «сценарії» включення освітлення, роботу автоматики, налаштування кліматичних параметрів, системи безпеки, енергозбереження, дистанційний контроль. Навіть перебуваючи далеко від

дому, користувач підтримує постійний контакт із системою Bu-me, користуючись своїм мобільним телефоном.

У системі розумного будинку bu-me використовуються сенсорні вимикачі всіх систем, в тому числі керування освітленням, керування підігрівом підлоги, керування опаленням. На рис. 2.3 представлений один із перемикачів.



Рис. 2.3. – Пристрій для керування пристроями автоматики Bu-me

Також bu-me пропонує сенсорну панель для керування всіма компонентами розумного будинку. Сенсорна панель вбудовується в стіну в будь-якому зручному місці та пов'язує всі компоненти компанії Vimar Bu-me, встановлені в будинку для зручності керування. Також системою можна управляти з телефону на базі ОС Android.

Основні переваги VIMAR:

- простота встановлення компонентів «розумного будинку»;
- зручна програма для мобільних пристроїв;
- можливість віддаленого керування;
- великий комплекс системи.

Основні недоліки VIMAR:

- висока вартість системи;
- висока вартість масштабування та розширення компонентів;
- обмежена доступність на ринку [12].

2.1.4. Система «розумний будинок» be smart MY HOME

Компанія Legrand була заснована сім'єю Legrand в 1866 р. і спочатку займалася виробництвом столового фарфору. З появою електрики фарфор почали використовувати для виготовлення ізоляторів та вимикачів. У 1989 році Legrand була придбана італійською компанією Vticino.

Система з шинною організацією характеризується наявністю «інтелектуальних» блоків, з'єднаних між собою шиною, яка слугує як для обміну інформацією, так і для живлення. Фізичним носієм для забезпечення зв'язку та живлення є кабель – неекранована кручена пара, до якого паралельно приєднуються пристрої шинної системи. Активуючі пристрої, призначені для контролю навантажень, підключаються не тільки до шини, але й до силової лінії 230 В~.

Кожен пристрій, підключений до системи, має інтерфейс та власний логічний блок, за допомогою якого пристрій розпізнає команди, що направляються на його адресу, та обробляє їх у рамках закладеної функції. Щоб увімкнути лампу, потрібно натиснути на клавішу керуючого пристрою, який відправить цифровий сигнал на пристрій, що з'єднається з лампою.

Функції системи автоматизації MY HOME, реалізовані в дизайні серій AXOLUTE, LIVING, LIGHT та LIGHT TECH, дозволяють керувати функціями, які досі виконували окремі системи або групи об'єднаних систем.

Ці функції включають:

- керування світлом;
- управління жалюзі та/або ролетами;
- управління вентиляторами та витяжними системами.

На відміну від пристроїв традиційної електричної системи, пристрої системи автоматизації мають електронний модуль з програмованою логікою і повинні підключатися до низьковольтної (27 В-) цифрової 2-провідної шини.

У системі існує 2 типи пристроїв:

- керуючі пристрої, що підключаються лише до шини;

- активуючі пристрої, які повинні підключатися до шини та електромережі 220 В- для управління навантаженнями.

У разі, коли неможливо реалізувати шинну систему, або потрібно розширити вже існуючу електричну систему, не вдаючись до будівельних робіт, система автоматизації може бути розширена за допомогою дротових радіо-інтерфейсів, керуючих та радіопристроїв, що характеризуються високою гнучкістю інсталяції [10].

При коректному конфігуруванні пристроїв системи автоматизації керувати навантаженнями можна наступними методами:

- керування поодиноким навантаженням (світильник, жалюзі тощо)
- керування однією або декількома групами навантажень (наприклад, лише жалюзі на 1-му поверсі, або жалюзі північної сторони будинку тощо)
- одночасне керування всіма навантаженнями (наприклад, вимкнути всі світильники в будинку та/або опустити жалюзі).

Існує можливість створення сценаріїв, які складаються з низки одночасних засобів керування, призначених для підвищення комфорту. Наприклад, натиснувши клавішу керуючого пристрою або використовуючи графічне меню сенсорної панелі, можна запустити сценарій, індивідуальний для кожного користувача (синхронне включення декількох світильників, керування жалюзі тощо). Якщо система автоматизації об'єднана з 2-провідною звуковою системою і системою термоконтролю, сценарій також може включати звукове оформлення і регулювання необхідної температури в приміщенні.

Основні переваги *My home*:

- простота встановлення освітлювальних та інших приладів;
- доступна ціна;
- велика кількість компонентів системи;
- розширення функціоналу системи без капітальних будівельних робіт.

Основні недоліки *My home*:

- не має віддаленого керування;
- не має жодних наборів (все окремо);
- важка доступність на ринку [3].

2.1.5. Система «розумний будинок» iNels від Elko ep

Компанія ELKO EP – чеська компанія, заснована у 1997 р. З моменту свого заснування компанія спеціалізувалася на розробці та виробництві електронних модульних пристроїв. Завдяки тривалому досвіду у цій сфері, сьогодні компанія пропонує своїм клієнтам досить широкий асортимент продукції, а саме понад 400 типів пристроїв для вирішення різних завдань електропостачання, як у виробничій сфері, так і в побуті.

Система «розумного будинку» iNels, розроблена компанією, використовує сенсорний екран для керування всіма елементами розумного будинку та мультимедійними системами. Меню складається з 3 секцій, за функціями системи. Новинкою є меню управління IP-домофоном. Завдяки сенсорній панелі iTP можна контролювати всі під'єднані електроспоживачі, освітлення та опалення. Користувач може включити фільм або музику в будь-якій зоні, переглядати камери або інформацію з датчиків безпеки. Сенсорний екран наведено на рис. 2.4.



Рис. 2.4. – Сенсорна панель iNels

Основні переваги iNels:

- великий комплект для самостійної установки;

- велика кількість систем і модулів,
- зручне керування на вбудованій у систему сенсорній панелі;
- розширення функціоналу системи без капітальних будівельних робіт.

Основні недоліки iNels:

- не має віддаленого керування;
- не має жодних наборів (все окремо);
- важка доступність на ринку;
- висока вартість периферійних компонентів [9].

2.2. Підходи до проектування інтерфейсів користувача системи «розумний будинок»

Інтерфейс користувача повинен забезпечувати зв'язок між системою та користувачем, обмін діями та відповідями на них. Дизайн інтерфейсу користувача є фактором, що впливає на три основні показники якості програмного продукту: його функціональність, естетику і продуктивність.

Функціональність є чинником, який розробники додатків часто звертають основну увагу. Вони намагаються створювати програми так, щоб користувачі могли виконувати свої завдання та їм було зручно це робити. Функціональність важлива, але, тим не менш, це не єдиний показник, який повинен враховуватися в ході розробки інтерфейсу користувача.

Естетичний зовнішній вигляд самого додатка та способу його подання дозволяє сформувати у споживача позитивну думку про програму. Проте естетичні характеристики дуже суб'єктивні і описати їх кількісно набагато складніше, ніж функціональні вимоги чи показники продуктивності. Вся естетика програми часто зводиться до простого вибору: чи співвідносяться між собою використовувані кольори, чи передають елементи інтерфейсу їх призначення і сенс виконуваних операцій, що відчуває користувач при використанні тих чи інших елементів управління і наскільки успішно він їх використовує.

Продуктивність та надійність також впливають на перспективу застосування програми. Якщо програма добре виглядає, має просте і зручне управління, але, наприклад, повільно промальовує екрани, регулярно «підвисає» на десяток-другий секунд або зовсім перестає функціонувати з критичною помилкою при некоректних діях користувача, то така програма не буде користуватися популярністю у користувачів, а виробник втратить багато грошей. У свою чергу, швидка та стабільна робота програми можуть частково компенсувати його не найстильніший дизайн чи відсутність якихось додаткових функцій [13].

Технологія розумного будинку створена для забезпечення автоматичної роботи всіх систем життєзабезпечення та безпеки. Вона розпізнає зміни у навколишньому середовищі та приміщенні, реагуючи на них відповідним чином як за вказівкою користувача, так і самостійно. Основною особливістю такої технології є поєднання окремих підсистем та пристроїв у єдиний комплекс, керований за допомогою автоматики.

Сучасні квартири або приватні будинки є складним інженерним комплексом. Інтелектуальний будинок здатний взяти на себе турботи з управління енергопостачанням, опалювальними системами, водопроводом, вентиляцією та кондиціонуванням. Щоб власник міг отримати максимальну вигоду з використання таких систем, їхню роботу слід узгодити. Таким чином, батареї не безцільно обігріватимуть приміщення з відкритими вікнами, а бездротові технології дозволять клієнту негайно дізнатися про будь-яку позаштатну ситуацію, де б той не знаходився.

Одним із варіантів створення розумного будинку є DIY-рішення, коли користувач самостійно збирає та підключає інтелектуальні пристрої. Зазвичай ці рішення пропонуються «з коробки», і їм не потрібне налаштування [10]. Проте більший інтерес становлять професійні системи, їх установкою та налаштуванням займаються професійні компанії, більш того, проект таких рішень часто узгоджується ще на етапі будівництва будинку.

Розумний будинок спочатку не повинен проектуватись як автономна система. Необхідно заздалегідь передбачити способи її взаємодії із системами вищого рівня, наприклад, системами екстреної допомоги, а також системами обліку ресурсів. Виходить, що варто відразу закласти можливості взаємодії із зовнішнім світом, щоб забезпечити високу якість сервісів, що надаються користувачеві.

В ідеальному випадку проектування системи розумного будинку має починатися одночасно з проектуванням самої будівлі (або квартири), оскільки в цій системі задіяна досить велика кількість електричних та сигнальних кабелів, і сховати їх під штукатуркою не вдасться. Також деякі проекти приділяють увагу таким труднощам і намагаються організувати систему без капітальних будівельних робіт.

Другий варіант є перспективнішим і являє собою однорангову мережу, яка самоналаштовується з урахуванням протоколів Z-Wave, ZigBee, Bluetooth та інших. Що ж до провідних систем, всі вони будуються з урахуванням послідовних протоколів, типу 1-wire. Їхнім очевидним недоліком є необхідність прокладання спеціальних кабелів [16].

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ

3.1 Компоненти для побудови системи «розумного будинку»

Структуру системи «Розумний будинок» можна представити у вигляді трирівневої схеми (рис. 3.1), яка складається з нижнього, середнього та верхнього рівнів.

До нижнього рівня відносять датчики та виконавчі елементи, такі як сервоприводи, датчики вологості та температури, ультразвукові сенсори тощо.

Середній рівень системи «Розумний дім» зазвичай займає центральний контролер, до якого приєднуються всі датчики та виконавчі елементи.



Рис. 3.1. – Трирівнева схема побудови «розумного будинку»

До верхнього рівня у разі промислових систем відноситься система SCADA, а для приватних користувачів зазвичай це веб-додаток або мобільний застосунок, через який здійснюється управління системою «розумний дім». На даний момент вже існують SCADA-системи розумного будинку для приватних користувачів, проте ці системи реалізовані на промислових контролерах, що спричиняє високу вартість кінцевого продукту [7].

Розглянемо докладніше структуру системи та її складові компоненти.

1. Нижній рівень.

Датчики освітлення використовуються в автоматичі для керування освітленням, або в приладах, що контролюють рівень освітленості. Від зміни освітленості змінюється опір датчика від сотень Ом при яскравому світлі до МОм у темряві.

Характеристики:

- Напруга живлення 3.3В-5.5В;
- Вихідний сигнал аналоговий та цифровий;
- Розміри 32x14x7 мм.



Рис. 3.2. – Датчик освітлення

Дальномір вимірює відстань до об'єкта, посилаючи ультразвукові хвилі. На платі встановлені випромінювач ультразвуку і мікрофон, що сприймає відбиту хвилю. У системі «розумний будинок» дальноміри використовуються як датчики сигналізації, що спрацьовують при наближенні об'єктів.

Характеристики:

- Напруга живлення 5В;
- Статичний струм до 2мА;
- Ефективний кут <math><15^\circ</math>;
- Діапазон виміру відстані 2–450 см;
- Максимальна точність датчика 0.3 см.



Рис. 3.3 – Направлений датчик HC-SR04

Сервопривід – це механізм з електромотором, який може за командою повернутися в заданий кут і утримувати це положення. Тобто сервопривід це прилад з керуванням через негативний зворотний зв'язок, що дозволяє точно управляти параметрами руху. Сервоприводом є будь-який тип механічного приводу, що має у складі датчик (положення, швидкості, зусилля і т.п.) і блок управління приводом, що автоматично підтримує необхідні параметри на датчику та пристрої згідно з заданим зовнішнім значенням.

Характеристики:

- Напруга живлення: 4,2 - 7,2 В;
- Кут повороту: 360 °;
- Зусилля на валу при живленні 4,8 В: 9 кг/см;
- Зусилля на валу при живленні 6 В: 12 кг/см;
- Робоча швидкість при живленні 4,8 В: 0,17 с/60°;
- Робоча швидкість при живленні 6 В: 0,13 с/60°;
- Довжина дроту: 300 мм;
- Розміри: 40 x 19 x 42 мм;
- Вага: 55 г.



Рис. 3.4. – Сервопривід TowerProMG995

Сервопривід отримує на вхід значення управляючого параметра, наприклад, кут повороту. Після цього блок управління порівнює це значення зі значенням на своєму датчику і на основі результату порівняння привід робить деяку дію, наприклад, поворот, прискорення або уповільнення так, щоб значення внутрішнього датчика стало якомога ближче до значення зовнішнього керуючого параметра. Найбільш поширеними є сервоприводи, що утримують заданий кут і сервоприводи, що підтримують задану швидкість обертання.

Датчик температури та вологості складається з двох частин: термістора та ємнісного датчика вологості. Також у корпусі встановлений чіп для перетворення аналогового сигналу на цифровий. Дані температури і вологості постачаються сигнальним дротом у вигляді цифрового сигналу. Це дозволяє передавати дані на відстань до 20 м. Даний датчик потрібен для відстеження та реєстрації змін вологості та температури в приміщенні [5].

Характеристики:

- Напруга живлення: 5 В;
- Діапазон температур: 0 – 50 °С;;
- Похибка показань температури: ± 2 °С
- Діапазон вологості: 20 – 90%;
- Похибка вологості: $\pm 5\%$.

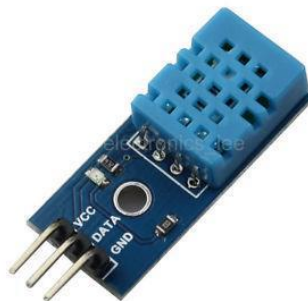


Рис. 3.5. – Датчик температури та вологості DHT11

Піроелектричний інфрачервоний (PIR) датчик руху складається з піроелектричного чутливого елемента, що вловлює рівень інфрачервоного випромінювання. Чим більша температура, тим вищий рівень випромінювання. Датчик розділено на дві частини. Дві частини датчика встановлені таким чином, що поки одна половина вловлює більший рівень випромінювання, ніж інша, вихідний сигнал буде генерувати значення high чи low.

Характеристики:

- Напруга живлення 4.5 – 20В;
- Вихідний сигнал High/Low TTL (3.3);
- Час затримки 5-200 с (настроювання);
- Ефективний кут <math><120^\circ</math>;
- Відстань виявлення руху 4 - 7 м (настроювання);
- Розміри 33x25x24 мм.



Рис. 3.6 – Піроелектричний інфрачервоний (PIR) датчик руху

Основною функцією даного датчика є уловлювання змін рівня інфрачервоного випромінювання передачі сигналу, наприклад, включення світла з появою людини у приміщенні.

Аналоговий датчик газу MQ4 використовується для виявлення витoku наступних газів: метан, природний газ та великі концентрації парів алкоголю, диму. Він має високу чутливість та малий час відгуку. Чутливість може бути налаштована за допомогою потенціометра на платі датчика. Використовується для сигналізації [9].

Характеристики:

- Напруга живлення 5В;
- Вихідний сигнал аналоговий;
- Споживана енергія до 750мВт;
- Діапазон робочих температур -10°C $+55^{\circ}\text{C}$.



Рис. 3.7 – Аналоговий датчик газу MQ4

Датчик вогню реєструє відкрите полум'я. Світлодіод служить сприймаючим елементом, що отримує інфрачервоне випромінювання. Даний датчик реалізує у системі «розумний будинок» пожежну сигналізацію.

Характеристики:

- Напруга живлення 3.3 - 5В;
- Вихідний сигнал аналоговий та цифровий High/Low;
- Ефективний кут $<60^{\circ}$;
- Використовуваний компаратор LM393;
- Розміри 32x14 мм.

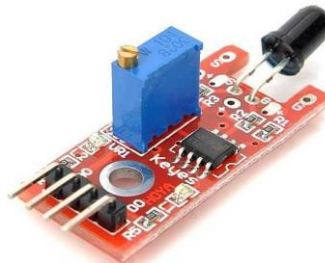


Рис. 3.8. – Датчик вогню KY-026

Зчитувач карток RFID RC522 служить для читання та запису міток радіочастотної ідентифікації. Спеціальний ключ-брелок може бути

запрограмований певною міткою і надалі, при піднесенні до зчитувача ключа може передати сигнал для певної дії, наприклад, відкриття дверей.

Характеристики RFID-RC522:

- Робочий струм 13-26 мА;
- Харчування 3.3;
- Типи підтримуваних карт Mifare1 S50, Mifare1 S70, Mifare UltraLight, Mifare Pro, Mifare Desfire;
- Інтерфейс SPI;
- Робоча температура -20 до +80.



Рис. 3.9 – Зчитувач карток RFID RC522

Реле дозволяє вмикати-вимикати потужне, високовольтне навантаження. З одного боку підключається живлення 220 вольт, з іншого – електроприлад, а власно реле підключено до контролера, що дозволяє відключити електроприлад при надходженні сигналу з контролера.

Характеристики:

- Максимальний струм, що комутується 10 А;
- Максимальна напруга, що комутується (постійн.) 28 В;
- Максимальна напруга, що комутується (переміннн.) 250 В;
- Номінальний керуючий струм 20 мА;
- Номінальна керуюча напруга 5 В;
- Робоча температура -25°C до +70°C.



Рис. 3.10 – Одноканальний реле-модуль

Дротовий датчик відкриття дверей (геркон) являє собою магнітоконтактний сповіщувач, призначений для блокування дверних та віконних отворів. Підключається до будь-якої вільної лінії контролера. Сповіщувач конструктивно складається з магнітокерованого датчика на основі геркона і задавального елемента (магніту), виконаних у пластмасових корпусах. Сповіщувач розрахований на безперервну цілодобову роботу [7].

Характеристика:

- Максимальна напруга, що комутується, - 200В, струм - 100 мА.



Рис. 3.11 – Датчик відкриття дверей

Джерело безперебійного живлення – пристрій, що дозволяє працювати приєднаному до нього обладнанню при відключенні електроживлення за рахунок вбудованих акумуляторів. Також він здатний коригувати напругу та частоту струму для коректної роботи підключених пристроїв.



Рис. 3.12 – Джерело безперебійного живлення V-600-L

2. Середній рівень

Для початку потрібно визначитися, що буде центром управління системи або центральним контролером. Можна виділити такі методи реалізації центральних контролерів.

1) Персональний комп'ютер. З персонального комп'ютера за достатньої кваліфікації можна створити контролер для систем розумного будинку. Але при цьому буде отримано дуже велику надмірність апаратно-програмного комплексу та досить низьку надійність. Щоб система могла бути надійною, потрібно використовувати або спеціалізовані операційні системи, або писати програмний комплекс самостійно, що не завжди має сенс. До того ж, щоб з персонального комп'ютера зробити спеціалізований контролер, потрібно підключати різні плати розширення і стежити за сумісністю роботи різних інтерфейсів в операційній системі. До того ж персональний комп'ютер має досить високе енергоспоживання і видає шум від елементів, що обертаються, таких як кулери і шпинделі жорстких дисків. Таким чином, щоб використовувати персональний комп'ютер як центральний контролер для розумного будинку потрібні завдання, які б покривали всі недоліки і використовували ресурси для складних сценаріїв, що вимагають великої кількості пам'яті та процесорної потужності.

2) Мікрокомп'ютери. Сьогодні на ринку присутній проміжний тип між персональним комп'ютером та спеціалізованим контролером – це мікрокомп'ютери. Вони мають спеціалізовану систему для вирішення певних завдань та набір портів введення/виведення для підключення різної периферії.

Такий мікрокомп'ютер позбавлений недоліків властивих персональному комп'ютеру, а саме у нього немає частин, що рухаються, а отже він не шумить під час роботи, має низьке енергоспоживання, частково вирішено питання щодо підключення модулів розширення. Але в такого рішення теж є негативні сторони, такі як: багато плат розширення мають не закінчений вигляд і для повноцінного вбудовування в систему потрібно допрацьовувати апаратну частину шляхом монтажу елементів, що відсутні. Таким чином, більшість модулів розширення для мікрокомп'ютерів представляють собою електронні плати без корпусів з контактними майданчиками для доопрацювання яких потрібна певна кваліфікація [12].

3) Промислові та спеціалізовані контролери для розумного будинку. У таких рішеннях відсутні недоліки попередніх рішень. Контролери із заводу комплектуються різними інтерфейсами та портами введення/виведення. Для цих контролерів виробниками випускаються готові модулі розширення та периферійне обладнання, яке досить просто підключити і воно одразу почне виконувати необхідні функції.

3. Верхній рівень

Верхній рівень системи «розумного будинку» передбачає використання програмних засобів управління системою. Зазвичай використовують комплекс SCADA – програмний пакет для забезпечення чи розробки систем роботи у реальному часі. Він реалізує функції збирання, обробки, відображення, архівації інформації про об'єкт.

SCADA-системи використовуються у системах автоматизації, наукового експерименту, моніторингу. SCADA-системи вирішують наступні завдання:

- Обмін даними в реальному часі з пристроями зв'язку з об'єктом;
- Опрацювання інформації в реальному часі;
- Логічне управління;
- Сигналізація про аварію.

На ринку є багато різних SCADA систем, що розрізняються підтримкою різних операційних систем, устаткування, протоколами, способами реалізації та вартістю [6].

3.2 Система контролю мікроклімату та енергоспоживання у «розумному будинку»

Актуальною проблемою застосування технології «розумний будинок» є значний потік даних з інфраструктурних систем життєзабезпечення, який призводить до завищення вимог до обчислювальних ресурсів та складності оперативної обробки інформації.

Також проблемою є підвищена витрата енергоресурсів компонентами систем розумного будинку, пов'язана з неузгодженістю режимів роботи пристроїв у процесі їх функціонування. Так спільна робота систем опалення, вентиляції, кондиціонування призводить до зростання енергоспоживання за їх неузгодженої роботи на досягненні мети підтримання мікроклімату житлового простору.

Основною причиною, що знижує ефективність спільного функціонування пристроїв клімат-контролю в приміщеннях розумного будинку є наявність ієрархічних систем управління спрямованих на виконання приватних завдань. Це призводить до протиріч у спільній роботі пристроїв кондиціонування, вентиляції та опалення повітря, і створює умови для конфліктів між розосередженими системами управління при розподілі та споживанні ресурсів на етапах технологічних процесів у житлових приміщеннях розумного будинку.

Цифровізація житлового простору дозволяє досягти необхідного рівня керованості та спостережуваності системами життєзабезпечення шляхом впровадження технологій інтернету речей, інтелектуального обліку та накопичення електроенергії. Проте, спроби інтеграції даних із цифрових пристроїв розумного будинку в єдину інформаційну систему призводять до складнощів, пов'язаних із відсутністю єдиного стандарту інформаційного

обміну між інформаційними системами різних виробників, неузгодженою роботою систем життєзабезпечення будівель та споруд, генерацією надлишкового інформаційного трафіку в мережу та низкою інших факторів.

Згідно концепції керування мережевою структурою інтелектуальних пристроїв в умовах цифрової трансформації, будь-яка інтелектуальна система має спільний центр узгодження цільових орієнтирів підсистем, що входять до її складу, для моніторингу та розподілу використовуваних ресурсів, а також оцінки досяганих синергетичних ефектів. При цьому види взаємодії систем та їх складових елементів повинні бути підпорядковані технологічним та організаційним правилам функціонування її окремих елементів [14].

3.3 Практична реалізація системи управління мікрокліматом розумного будинку

Кожен пристрій підтримки мікроклімату приміщення має унікальну цифрову модель, що створює взаємозв'язок між реальним об'єктом, фізичним середовищем, IoT пристроями та його віртуальним аналогом. Також для кожного віртуального пристрою розробляється нейронна мережа, що створює взаємозв'язок контрольованих параметрів фізичного середовища та регульованих величин виконавчих механізмів пристроїв клімат-контролю.

Взаємодія реальних пристроїв, цифрових моделей, систем керування здійснюється через єдиний інформаційний центр узгодження. На рис. 5.11 представлена схема інтеграції модулів управління розумним будинком у єдиний інформаційний простір. Фізично інтеграція здійснюється за допомогою інтеграційної шини даних, а кібервзаємодія здійснюється в цифровому середовищі проектування на єдиному сервері збору, обробки та зберігання інформації.

При реалізації на практиці системи управління мікрокліматом розумного будинку використовуються лінійки промислових датчиків IoT, що вимірюють в режимі реального часу температуру, вологість і вміст CO₂ у повітрі. Наприклад, ПКГ100-CO₂ – промисловий датчик концентрації

вуглекислого газу в повітрі та DHT22 – промисловий датчик вологості та температури повітря. Отримана інформація фіксується в нейронній мережі контролера, обробляється, а потім через команди управління передається на цифро-аналогові перетворювачі пристроїв управління або IoT регулятори, які керують режимами їхньої роботи.

Як керуючий мікроконтролер було використано плату Arduino MEGA. Для нього в програмному середовищі Arduino реалізовано програмний код алгоритму управління режимами роботи пристроїв клімат-контролю, залежно від параметрів фізичного середовища приміщення: температури, вологості та вмісту CO₂ у повітрі.

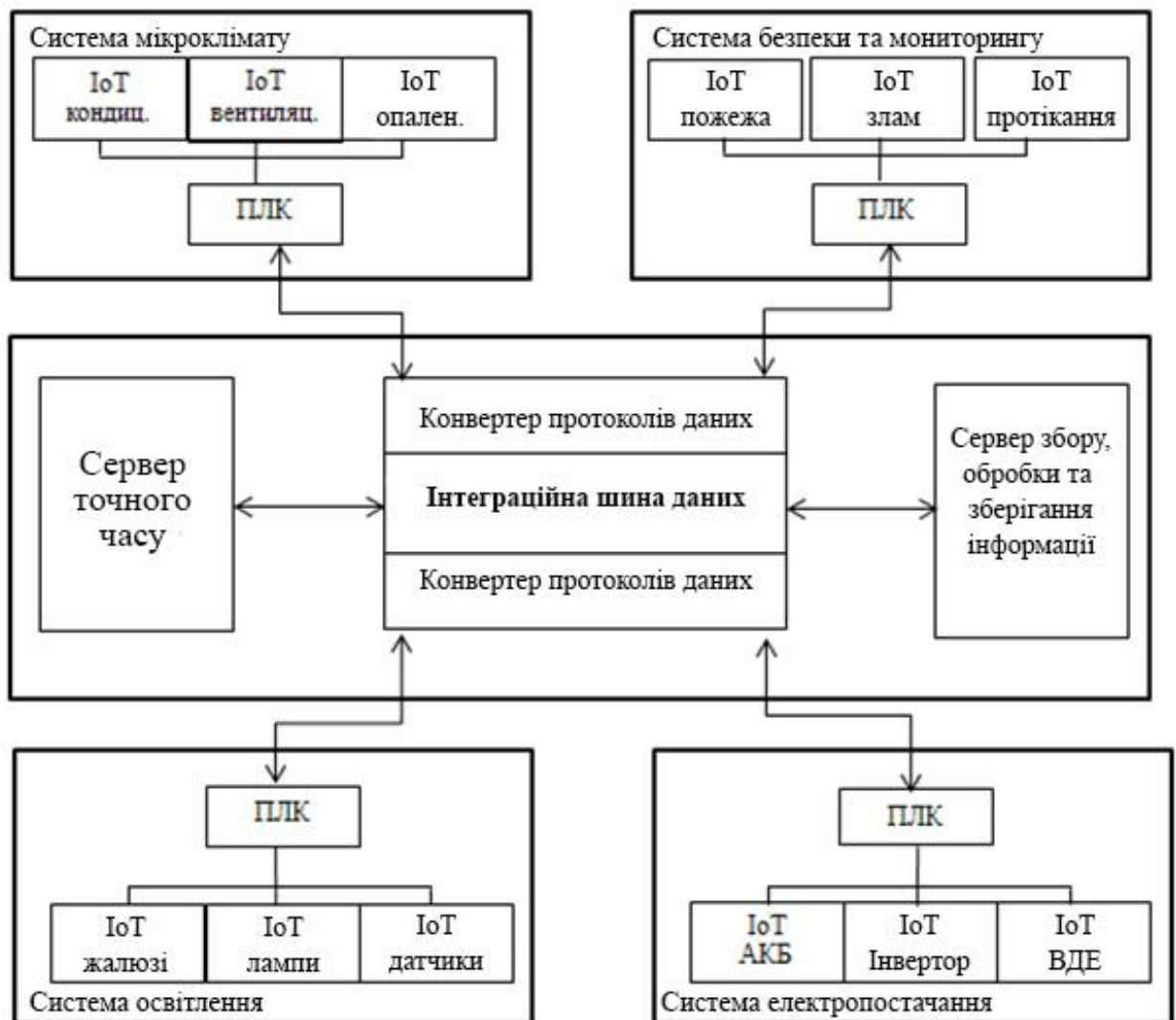
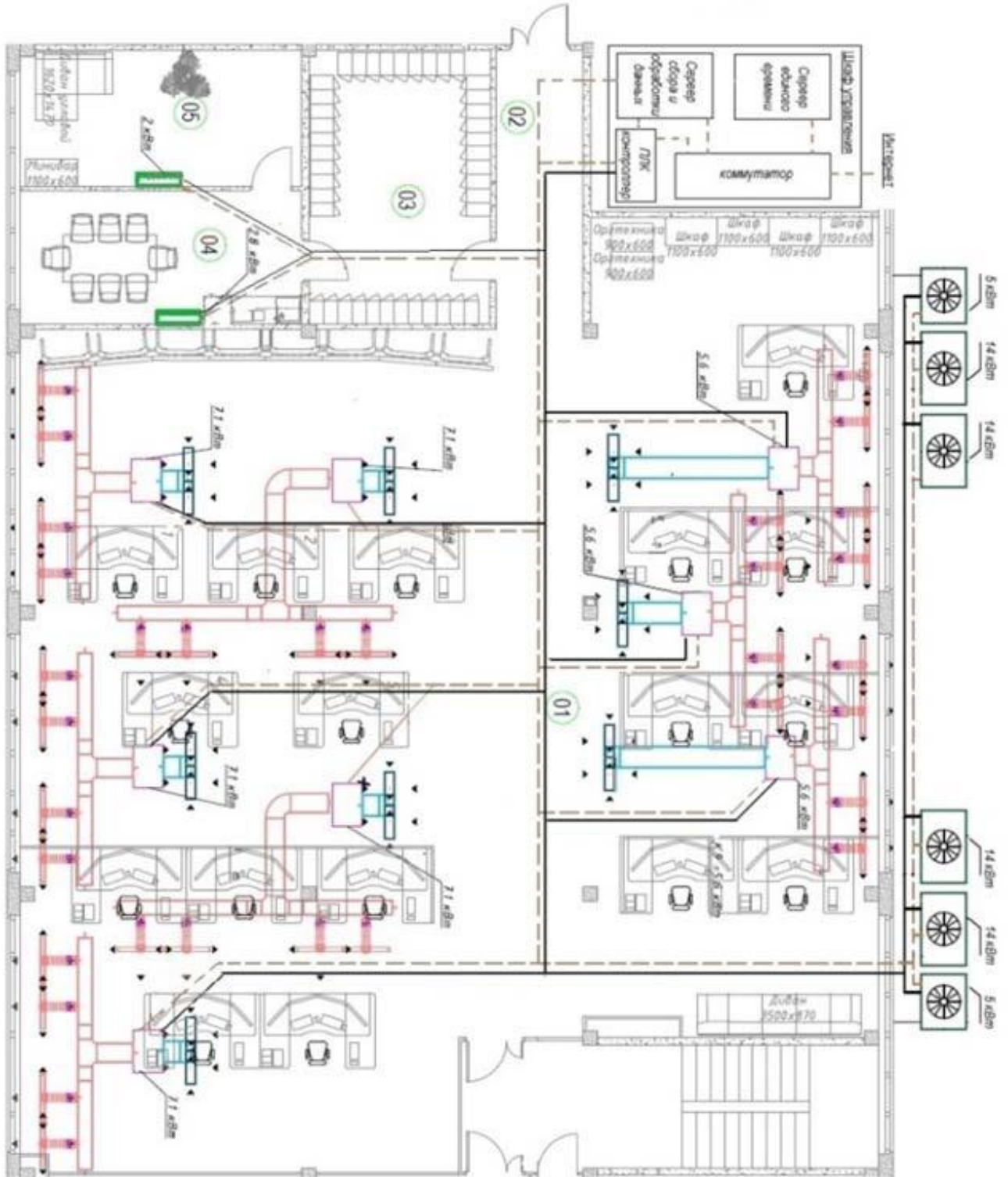


Рис. 3.13. – Схема інтеграції модулів управління розумного будинку в єдиний інформаційний простір, де ПЛК – програмований логічний

контролер, АКБ – акумуляторна батарея, ВДЕ – відновлюване джерело енергії, IoT – пристрої з мережевими інтерфейсами взаємодії (інтернет речей)

На кресленні 2 (графічна частина) представлено функціональну схему інформаційної взаємодії пристроїв клімат-контролю аудиторії та шафи управління, де суцільною лінією позначені ланцюги управління регуляторами пристроїв, а пунктирною – ланцюги контролю стану пристроїв.

Креслення 2. Функціональна схема інформаційної взаємодії шафи управління та пристроїв клімат-контролю



На рис. 3.14 представлена схема зв'язку пристроїв мікроклімату розумного будинку через єдиний інформаційний центр узгодження режимів роботи. Взаємодія пристроїв через єдиний центр здійснюється за допомогою двонаправлених зв'язків. Єдиним центром узгодження режимів роботи пристроїв кондиціювання, вентиляції та опалення буде цифрова модель мікроклімату фізичного середовища приміщення.

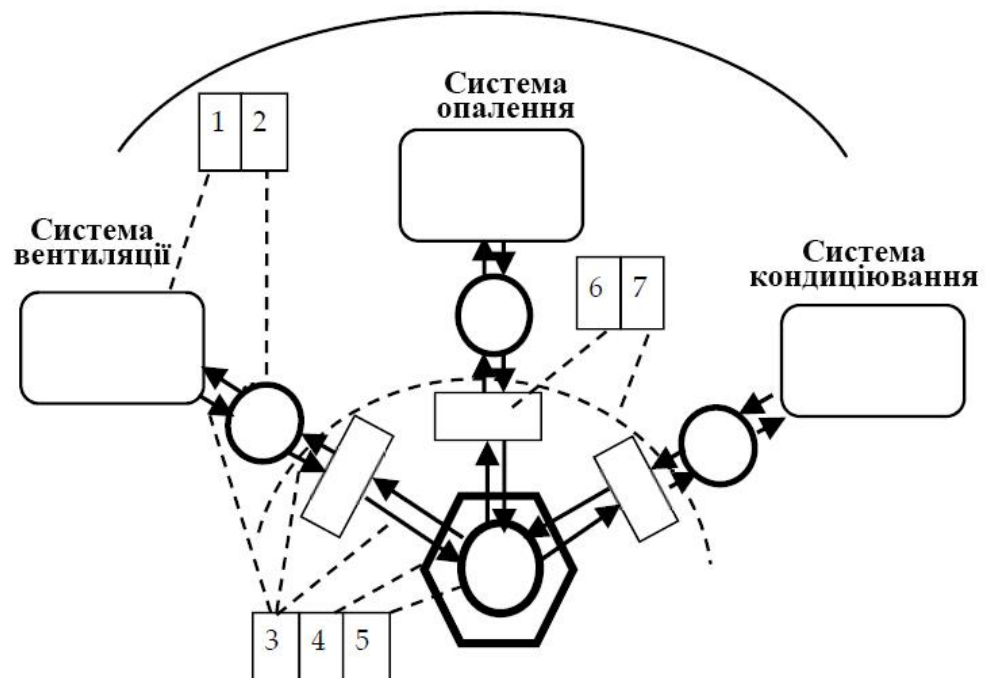


Рис. 3.14. – Схема взаємодії кіберфізичних пристроїв мікроклімату розумного будинку: 1 - пристрої мікроклімату; 2 – IoT датчики фізичного середовища та регулятори стану фізичних пристроїв; 3 – двонаправлені зв'язки типу енергія – інформація, інформація – енергія, інформація – інформація; 4- єдиний інформаційний центр узгодження режимів роботи пристроїв, 5 – блок керування режимами роботи кіберфізичних пристроїв; 6 – блок фільтрації входної інформації; 7 – межа фізичного та віртуального середовища

Для отримання максимально можливої точності та універсальності було обрано спосіб побудови системи прогнозування параметрів фізичного

середовища на основі ансамблю нейронних мереж. Структурну схему системи управління мікрокліматом розумного будинку з використанням ансамблю нейронних мереж представлено на рис. 3.15.

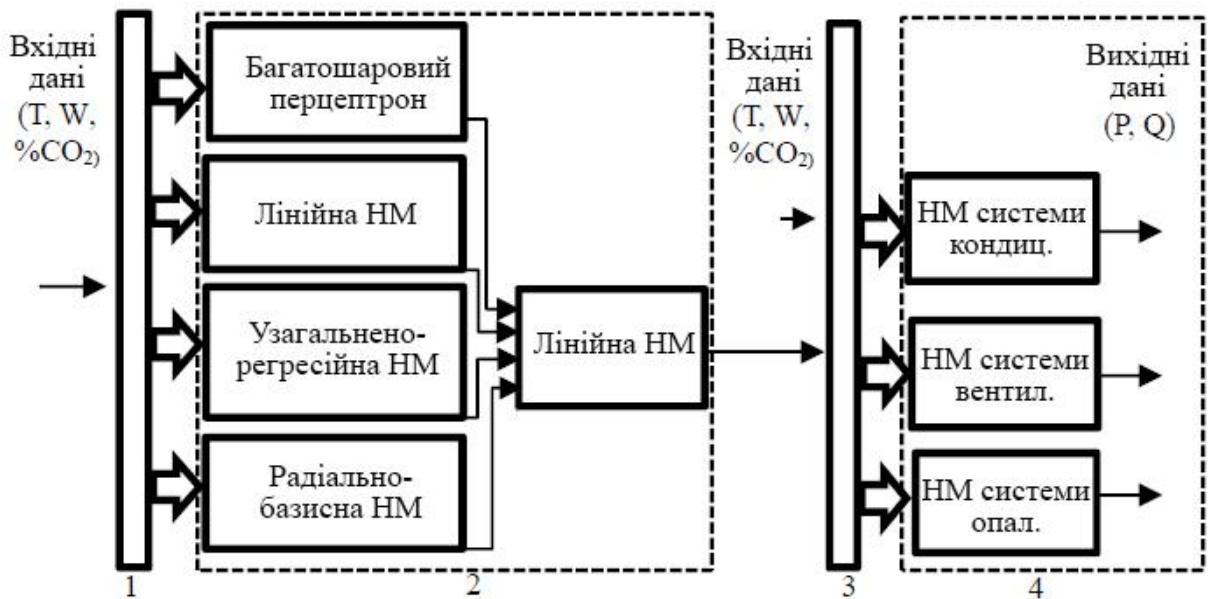


Рис. 3.15. – Структурна схема системи управління мікрокліматом розумного будинку з використанням ансамблю нейронних мереж: 1 – блок консолідації даних про стан фізичного середовища, 2 – блок прогнозування стану фізичного середовища, 3 – блок забезпечення інформаційної взаємодії кіберфізичних пристроїв, 4 – блок імітації режимів роботи та вироблення предиктивного управління пристроями клімат-контролю

Представлена на рис. 3.15 структура системи управління мікрокліматом розумного будинку наочно ілюструє розроблену методику управління пристроями клімат-контролю в режимі реального часу. Стан параметрів фізичного середовища у приміщеннях розумного будинку контролюються за допомогою IoT датчиків фізичного середовища, що розташовані в різних частинах приміщення.

Інформація про стан параметрів фізичного середовища надходить у блок консолідації, де проводиться фільтрація та підготовка даних для подальшої їх обробки, а також у блок забезпечення інформаційної взаємодії кіберфізичних пристроїв. Після кожної зміни режиму роботи одного з кіберфізичних

пристроїв система управління проводить прогнозування стану фізичного середовища з метою вироблення предиктивного керуючого впливу на інші пристрої для узгодження їхньої спільної роботи. Таким чином, керуючий сигнал проходить ланцюжок взаємозалежних пристроїв, у цьому випадку для кожного з них визначає раціональний режим роботи при мінімальних витратах часу та енергії. Предиктивне керування мікрокліматом розумного будинку проводиться шляхом рекурсивної процедури збору, аналізу даних та вироблення керуючих впливів.

3.4 Розробка системи відображення показників мікроклімату та споживання ресурсів у складу «розумного будинку»

У якості об'єкта дослідження розглянемо приміщення навчального комп'ютерного класу в університеті, який призначений для безперервного перебування у ньому студентів та викладачів у кількості не більше 30 осіб. Саме приміщення складається з аудиторії, вбиральні, кімнати прийому їжі та кімнати психологічного розвантаження. План приміщення представлений на кресленні 1 (графічна частина).

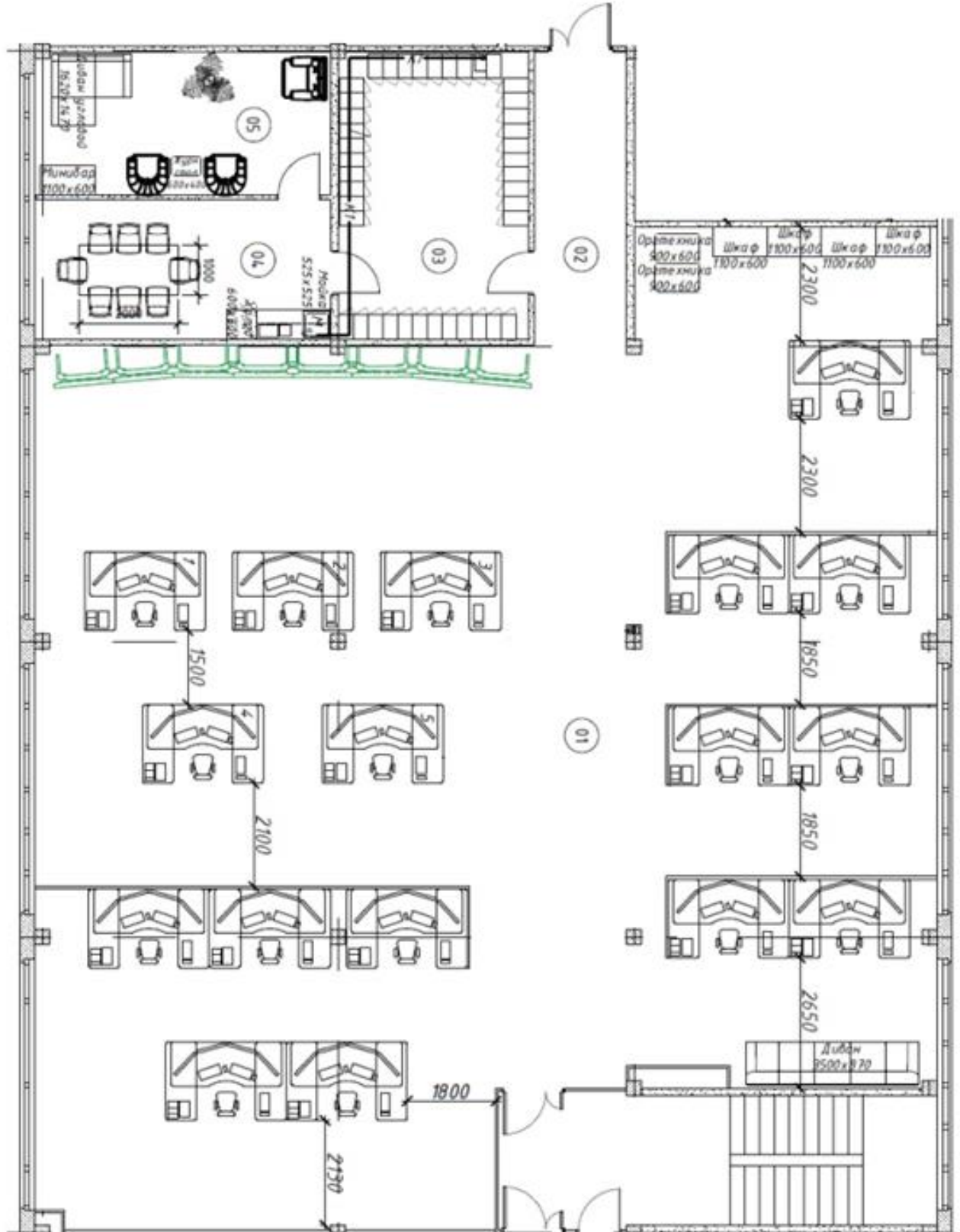
Під час проектування аудиторії не було передбачено автоматичне регулювання параметрів повітря в приміщенні. Конструктивно існуючі пристрої (кондиціонер, зволожувач повітря, обігрівач) можуть регулювати параметри температури, вологості, швидкості повітряного потоку, чистоту повітря та вміст у ньому вуглекислого газу.

Однак відсутність єдиного інформаційного центру погодження режимів роботи пристроїв клімат-контролю для підтримки якісних та кількісних показників повітря у приміщенні є проблемою. Відсутність системи регулювання параметрів фізичного середовища робить перебування людей у приміщенні дискомфортним, викликає у них уповільнену реакцію та підвищену втому, а також призводить до неефективного витрачання електроенергії на підтримання мікроклімату приміщення.

Для вирішення проблеми неоптимального управління та створення комфортних умов перебування людей у даній аудиторії, була проведена експертиза приміщення, що включає такі етапи:

- 1) Аналіз та структурування даних про значення показників фізичного середовища у приміщенні на даний момент часу, динаміка їх розвитку за заданий інтервал часу та деякий ретроспективний аналіз наслідків не усунення проблемної ситуації.

Креслення 1. План приміщення учбової аудиторії в університеті



2) Ранжування показників фізичного середовища за ступенем їх впливу на розвиток ситуації у майбутньому.

3) Формування набору дій – альтернатив, які можуть призвести до усунення проблемної ситуації.

4) Вибір програмних та технічних способів реалізації системи управління для вхідного контролю показників фізичного середовища та вихідного управління параметрами виконавчих механізмів пристроїв впливу.

Відсортовані, оброблені та усереднені дані надходять до центру прийняття рішень, де з можливих альтернатив вибираються ті, що задовольняють цілі системи управління мікроклімату. Центр прийняття рішення виробляє управлінські дії регулювання параметрів фізичної середовища. Сучасні пристрої клімат-контролю дозволяють регулювати параметри температури, вологості та вміст вуглекислого газу в повітрі, отже необхідно розробити універсальну методику керування мікрокліматом розумного будинку, для різних типів пристроїв та їх функціональних можливостей.

3.5 Дерево цілей системи мікроклімату розумного будинку

Зібрана первинна інформація про стан фізичного середовища розумного будинку була використана для формування дерева цілей системи мікроклімату аудиторії, яке представлено на рис. 3.16.

Перший рівень дерева цілей – це підтримка комфортного для людини стану фізичного середовища приміщення.

Другий рівень дерева цілей складається з трьох гілок, що включають підтримку температурного режиму та вологості, а також вміст CO₂ в повітрі приміщення.

Третій рівень дерева цілей складається з низки показників температури, вологості та вмісту CO₂, включаючи їх нормативні, запобіжні та аварійні межі.

Багаторівневе представлення дерева цілей сприяє вирішенню оперативних, тактичних та стратегічних завдань системи мікроклімату

приміщення та забезпечує узгоджене керування пристроями кондиціювання, вентиляції та опалення.

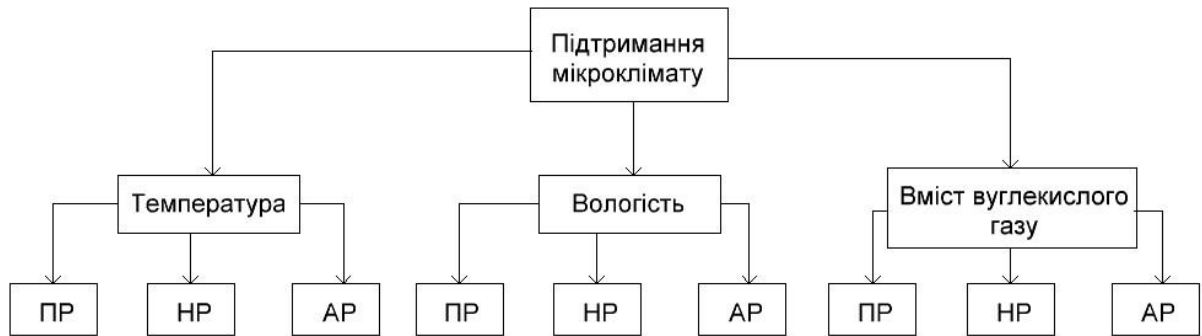


Рис. 3.16. – Дерево цілей мікроклімату аудиторії: ПР – попереджувальний рівень, НР – нормативний рівень, АР – аварійний рівень параметрів фізичного середовища приміщення

Система управління мікрокліматом розумного будинку повинна приймати, обробляти та накопичувати інформацію для вироблення оперативних, тактичних та стратегічних рішень. Тому сформованому дереву цілей має відповідати інтегрована інформаційна система, яка виконує такі функції:

- приймає інформацію з датчиків температури, вологості та вмісту CO_2 у повітрі приміщення по провідних та бездротових каналах зв'язку;
- обробляє інформацію, що надходить, на предмет недостовірності або надмірності;
- контролює відповідність поточних параметрів фізичної середовища нормативним, запобіжним та аварійним межам;
- накопичує інформацію про параметри фізичного середовища, опрацьовані значення протягом дня, протягом тижня, протягом місяця.

В першому випадку, дані необхідні прийняття оперативних рішень у частині функціонування пристроїв клімат-контролю. У другому випадку, для прийняття тактичних рішень, пов'язаних з необхідністю переналаштування системи, розрахунку її енергоефективності У третьому випадку для проактивного управління в частині модернізації системи мікроклімату.

3.6 Висновки до розділу

У розділі було розглянуто та обрано характеристики яких повинен мати додаток. Також було проаналізовано компоненти для побудови системи «розумного будинку», які підходять до вимог.

Було розроблено систему відображення показників мікроклімату та розглянуто на приміщенні навчального комп'ютерного класу в університеті, який призначений для безперервного перебування у ньому студентів та викладачів.

4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Підключення та програмування датчиків мікроклімату та енергоспоживання у програмному середовищі Arduino

Розробка власних додатків на базі плат, сумісних з архітектурою Arduino, здійснюється в офіційному безоплатному середовищі програмування Arduino IDE. Середовище призначене для написання, компіляції та завантаження власних програм у пам'ять мікроконтролера, встановленого на платі Arduino-сумісного пристрою. Основою середовища розробки є мова Processing/Wiring – це фактично звичайний C++, доповнений простими і зрозумілими функціями для управління введенням/виведенням на контактах. Існують версії середовища для операційних систем Windows, Mac OS та Linux. Завантажити Arduino IDE можна на офіційному сайті www.arduino.cc.

Завантажувальний файл Arduino IDE містить все необхідне, в тому числі драйвери. Після закінчення завантаження розпаковуємо завантажений файл у зручне для себе місце.

Тепер потрібно встановити драйвери. Підключаємо Arduino до комп'ютера. На контролері повинен спалахнути індикатор живлення - зелений світлодіод. Windows починає спробу встановлення драйвера, яка закінчується повідомленням «Програмне забезпечення драйвера було встановлено».

Відкриваємо Диспетчер пристроїв. У складі пристроїв знаходимо значок Arduino MEGA – пристрій відзначений знаком оклику. Клацаємо правою кнопкою миші на значку Arduino MEGA і у вікні вибираємо пункт «Оновити драйвери» і далі «Виконати пошук драйверів на цьому комп'ютері». Вказуємо шлях до драйвера – ту папку на комп'ютері, куди розпаковували завантажений архів. Нехай це буде папка drivers каталогу установки Arduino – наприклад, C:\arduino-1.6.5\drivers. Ігноруємо всі попередження Windows та отримуємо в результаті повідомлення «Оновлення програмного забезпечення для цього пристрою успішно завершено». У заголовку вікна буде вказано і COM-порт, на який встановлено пристрій.

Залишилося запустити середовище розробки Arduino IDE (рис. 5.12). У новій версії Arduino IDE у списку доступних портів відображається назва плати Arduino.

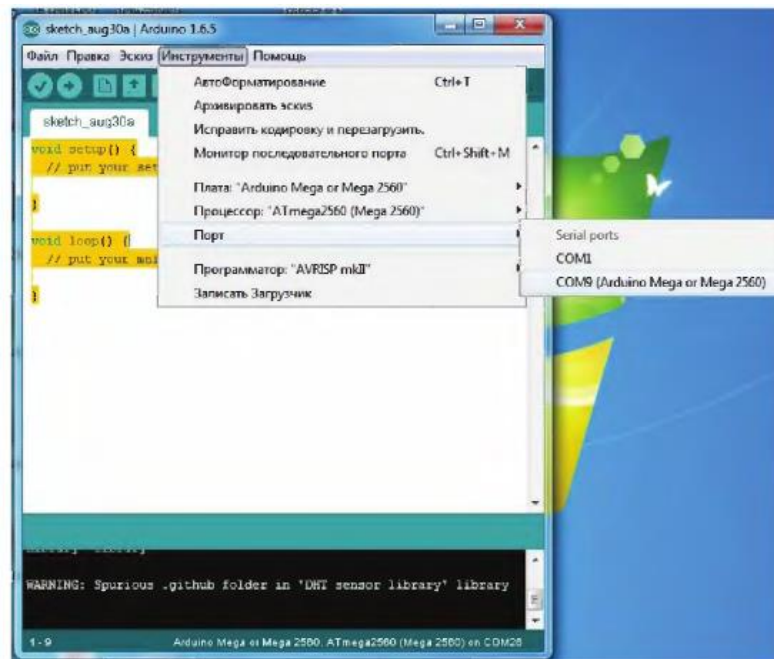


Рис. 4.1 – Середовище розробки Arduino IDE

Середовище розробки Arduino складається з:

- редактора програмного коду;
- області повідомлень;
- вікна виведення тексту;
- панелі інструментів з кнопками команд, що часто використовуються;
- декількох меню.

Програма, написана у середовищі Arduino має назву «скетч».

Скетч пишеться в текстовому редакторі, який має колірне підсвічування створюваного програмного коду. Під час збереження та експорту проекту в області повідомлень з'являються пояснення та інформація про помилки.

Вікно виведення тексту показує повідомлення Arduino, які містять повні звіти про помилки та іншу інформацію. Кнопки панелі інструментів дозволяють перевірити та записати програму, створити, відкрити та зберегти скетч, відкрити моніторинг послідовної шини.

Скетчам, що розробляються, додаткова функціональність може бути додана за допомогою бібліотек, що представляють собою спеціальним чином оформлений програмний код, що реалізує деякий функціонал, який можна підключити до проекту, що створюється. Спеціалізованих бібліотек існує дуже багато. Зазвичай бібліотеки пишуться так, щоб спростити вирішення того чи іншого завдання та приховати від розробника деталі програмно-апаратної реалізації.

Середовище Arduino поставляється з набором стандартних бібліотек: Serial, EEPROM, SPI, Wire тощо. Вони знаходяться в підкаталозі libraries каталогу установки Arduino. Необхідні бібліотеки можуть бути також завантажені з різних ресурсів. Тека бібліотеки копіюється до каталогу стандартних бібліотек (підкаталог libraries каталогу установки Arduino). У середині каталогу з ім'ям бібліотеки знаходяться файли *.cpp, *.h. Багато бібліотек постачаються з прикладами, розташованими в папці examples. Якщо бібліотека встановлена правильно, вона з'являється в меню Ескіз => Імпорт бібліотек. Вибір бібліотеки в меню призведе до додавання у вихідний код рядка:

```
#include <ім'я бібліотеки.h>
```

Ця директива підключає заголовний файл з описом об'єктів, функцій та констант бібліотеки, які тепер можуть бути використані у проекті. Середовище Arduino компілюватиме створюваний проект разом із зазначеною бібліотекою.

Перед завантаженням скетчу потрібно встановити необхідні параметри в меню Інструменти => Плата, як показано на рис. 4.2, та Інструменти => Послідовний порт, показано на рис. 4.1.

Сучасні платформи Arduino автоматично перезавантажуються перед завантаженням. На старих платформах потрібно натиснути кнопку перезавантаження. На більшості плат під час процесу завантаження блиматимуть світлодіоди RX та TX.

При завантаженні скетчу використовується завантажувач (bootloader) Arduino – невелика програма, що завантажується в мікроконтролер на платі.

Вона дозволяє завантажувати програмний код без використання додаткових апаратних засобів. Робота завантажувача розпізнається за миготінням світлодіоду на цифровому виході D13.

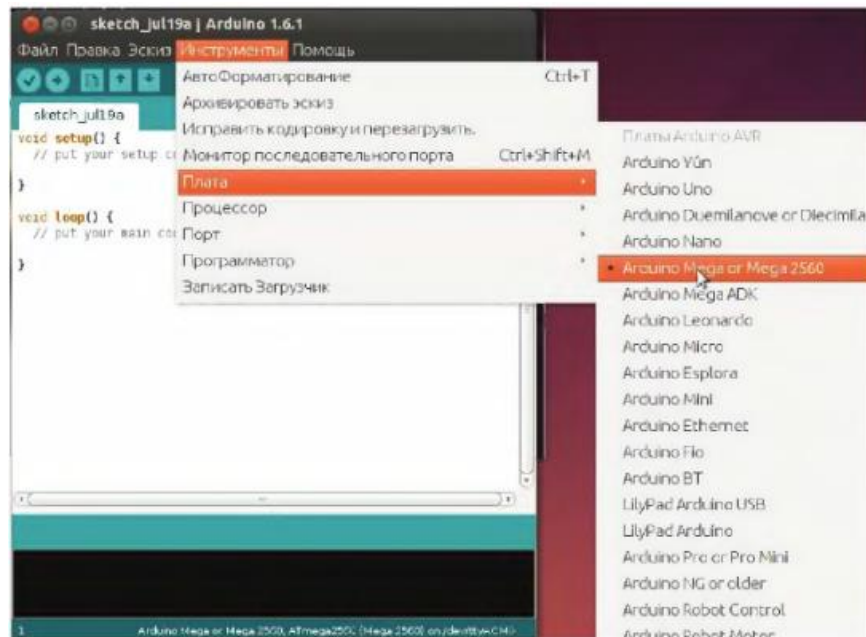


Рис. 4.2 – Arduino IDE – вибір плати

Монітор послідовного порту (Serial Monitor) відображає дані, що надсилаються в платформу Arduino (плату USB або плату послідовної шини). Для надсилання даних необхідно ввести текст у відповідне поле і натиснути кнопку Надіслати (Send) або клавішу <Enter>. Потім слід зі списку вибрати швидкість передачі, відповідну значенню Serial.begin в скетчі. На ОС Mac або Linux при підключенні моніторингу послідовної шини платформа Arduino буде перезавантажена (скетч почнеться спочатку).

Для зчитування даних датчика DHT22 Arduino існує готова бібліотека DHT. Для її встановлення необхідно скопіювати папку з файлами бібліотеки в директорію libraries свого Arduino IDE.

Завантажимо на плату Arduino MEGA скетч отримання даних із датчика DHT11 та виведення в послідовний порт Arduino. Отримання даних вологості оформимо у вигляді окремої процедури get_data_humidity(). Вміст скетчу представлений у лістингу 1.

Завантажимо скетч на плату Arduino MEGA, відкриємо монітор послідовного порту і побачимо виведення даних, що отримуються з датчика вологості та температури DHT22 (рис. 4.3).

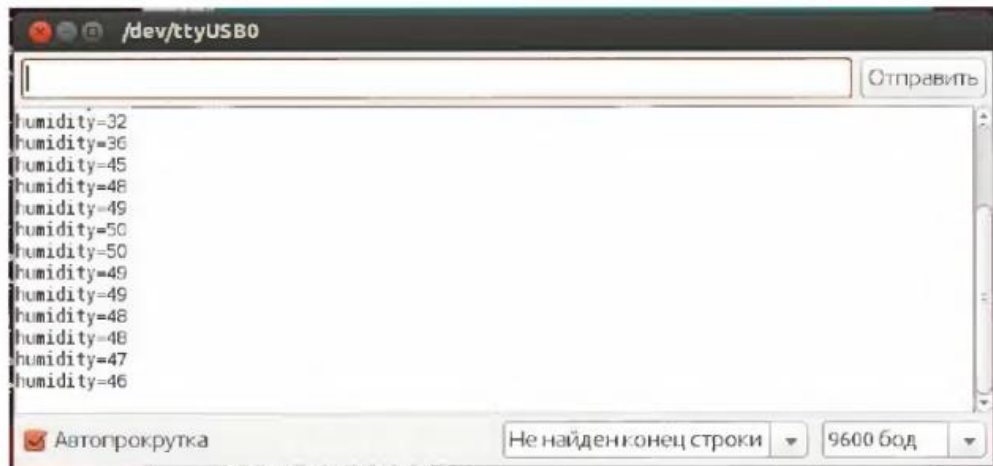


Рис. 4.3 – Виведення даних DHT22 у монітор послідовного порту

Тепер розглянемо підключення датчика DHT22 до модуля NodeMCU ESP8266. Схема з'єднань представлена на рис. 4.4.

Для зчитування даних датчика DHT22 за допомогою ESP8266 існує готова бібліотека DHT. Слід зауважити, що ця бібліотека саме для ESP8266, бібліотека для Arduino не підходить.

Вміст скетчу представлений у лістингу 2.

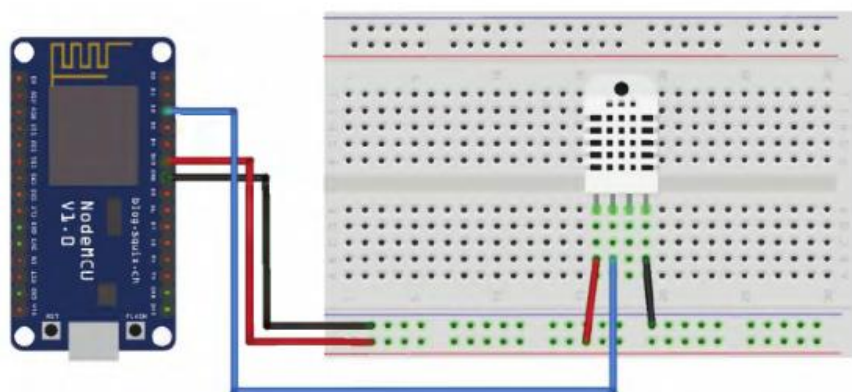


Рис. 4.4. – Схема підключень DHT22 до NodeMCU ESP8266

Завантажимо скетч на модуль NodeMCu ESP8266, відкриємо монітор послідовного порту і побачимо виведення даних, які отримують з датчика DHT22 (рис. 4.5).

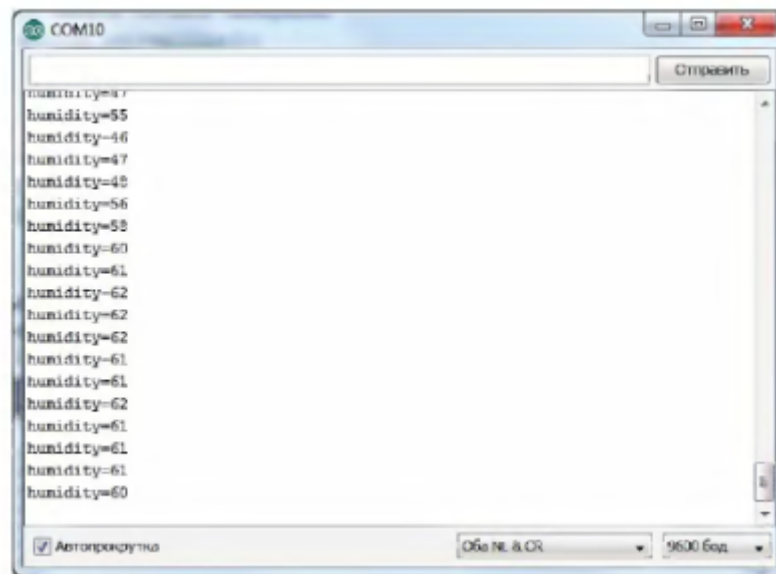


Рис. 4.5. – Виведення даних DHT22 у монітор послідовного порту

Для вимірювання температури «розумного» будинку в комплект включено датчик температури RI002. Це цифровий датчик температури у водонепроникному корпусі з нержавіючої сталі. Переваги водонепроникного корпусу – можливість виміряти температуру в несприятливій для мікросхем середовищі: у ґрунті, на дощі або навіть в акваріумі.

Цей датчик температури ґрунтується на популярній мікросхемі DS18B20. Він дозволяє визначити температуру навколишнього середовища в діапазоні від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ і отримувати дані у вигляді цифрового сигналу з 12-бітною роздільною здатністю за протоколом 1-Wire. Цей протокол дозволить підключити величезну кількість таких датчиків, використовуючи всього 1 цифровий порт контролера і всього 2 дроти для всіх датчиків: землі та сигналу. В цьому випадку застосовується так зване паразитне живлення, при якому датчик отримує енергію прямо з лінії сигналу.

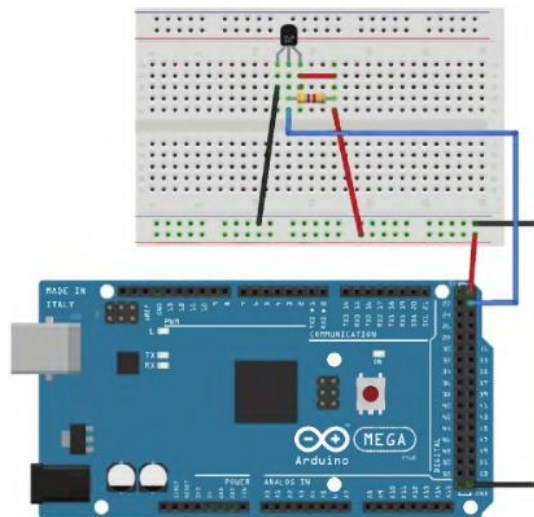
Кожен датчик має унікальний прошитий на виробництві 64-бітний код, який може використовуватися мікроконтролером для спілкування із конкретним сенсором на загальній шині.

Датчик температури RI002 виготовляється з трьома вихідними контактами (чорний – GND, червоний – Vdd та білий – Data).

Розглянемо підключення модуля датчика температури RI002 до плати Arduino MEGA та модулю NodeMCU ESP8266.

Для підключення модуля датчика DS18B20 до плати Arduino MEGA використовується однопровідний інтерфейс 1-Wire. Живлення для датчика беремо також із плати Arduino. 1-Wire виведення датчика необхідно підтягнути до живлення резистором номіналом 4,7 кОм.

Схема з'єднань представлена на рис. 4.6.



4.6. – Підключення датчика RI002 до плати Arduino MEGA

Для зчитування даних з 1-Wire датчика DS18B20 будемо використовувати бібліотеку OneWire. Для її встановлення необхідно скопіювати папку з файлами бібліотеки в директорію libraries поточного Arduino IDE.

Завантажимо на плату Arduino MEGA скетч отримання даних з датчика температури DS18B20 та виведення в послідовний порт Arduino. Отримання

даних вологості оформимо у вигляді окремої процедури `get_data_ds18b20()`. Вміст скетчу представлений у лістингу 3.

Завантажимо скетч на плату Arduino MEGA, відкриємо монітор послідовного порту і побачимо виведення даних, які отримують із датчика температури RI002 (рис. 4.7).

```

/dev/ttyACM1 (Arduino Mega or Mega 2560)
Отправить
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=26.25
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=27.37
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=28.12
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=28.00
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=27.75
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=27.50
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=27.12
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=27.75
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=27.50
No more addresses.
2B FF 17 8E 73 16 5 DB temp=27.25
No more addresses.
Автопрокрутка Возврат каретки 9600 бод

```

Рис. 4.7. – Виведення даних RI002 на дисплей послідовного порту

Тепер розглянемо підключення датчика DS18B20 до модуля NodeMCU ESP8266. 1-Wire виведення датчика необхідно підтягнути до живлення резистором номіналом 4,7 кОм. Схема з'єднань представлена на рис. 4.8.

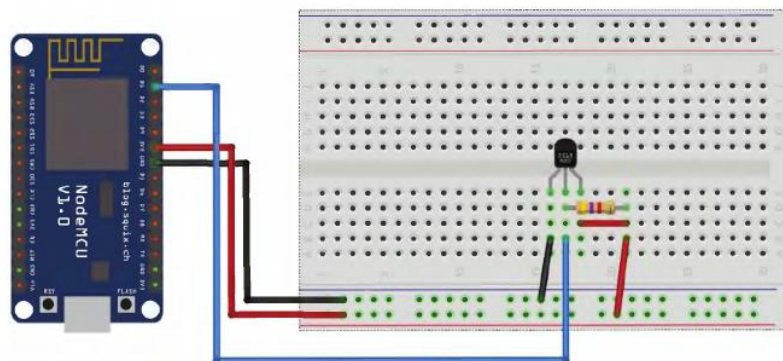
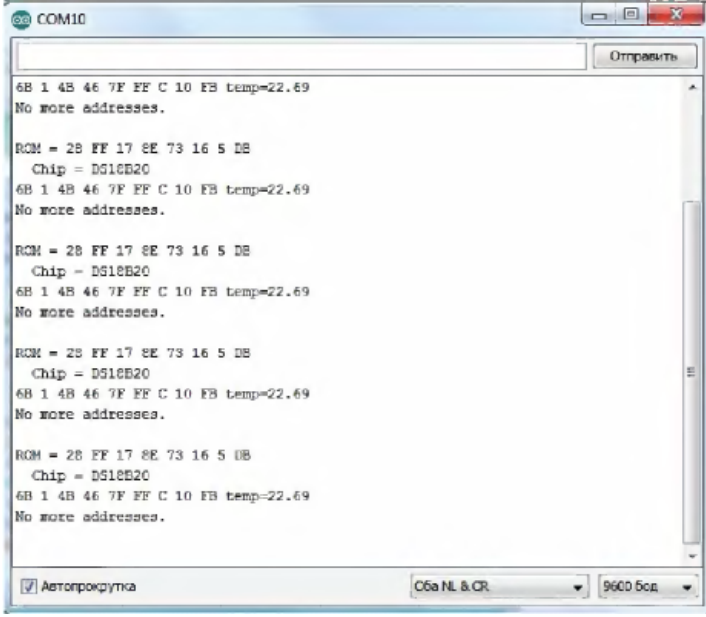


Рис. 4.8. – Схема підключень DS18B20 до NodeMCU ESP8266

Для зчитування даних датчика DS18B20 за допомогою ESP8266 будемо використовувати бібліотеку OneWire. Бібліотека OneWire має бути адаптована

для ESP8266 (внесено зміни до OneWire.h) . Вміст скетчу представлений у лістингу 4.

Завантажимо скетч на модуль NodeMCU ESP8266, відкриємо монітор послідовного порту та бачимо виведення даних, отримуваних з датчика DS18B20 (рис. 4.9).



The image shows a screenshot of a serial terminal window titled "COM10". The window contains the following text output from a program:

```
6B 1 4B 46 7F FF C 10 FB temp=22.69  
No more addresses.  
  
ROM = 28 FF 17 8E 73 16 5 DE  
Chip = DS18B20  
6B 1 4B 46 7F FF C 10 FB temp=22.69  
No more addresses.  
  
ROM = 28 FF 17 8E 73 16 5 DE  
Chip = DS18B20  
6B 1 4B 46 7F FF C 10 FB temp=22.69  
No more addresses.  
  
ROM = 28 FF 17 8E 73 16 5 DE  
Chip = DS18B20  
6B 1 4B 46 7F FF C 10 FB temp=22.69  
No more addresses.  
  
ROM = 28 FF 17 8E 73 16 5 DE  
Chip = DS18B20  
6B 1 4B 46 7F FF C 10 FB temp=22.69  
No more addresses.
```

At the bottom of the window, there are controls: a checked checkbox for "Автопрокрутка" (Autoscroll), a dropdown menu for "C6a NL & CR" (set to "C6a NL & CR"), and a dropdown menu for "9600 Бод" (set to "9600 Бод").

Рис. 4.9. – Виведення даних DS18B20 в монітор послідовного порту

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Розробка моделі управління системою клімат-контролю

Існуючі на сьогодні регресійні моделі для опису процесу підтримки мікроклімату в приміщеннях не охоплюють всіх наявних залежностей у робочому діапазоні характеристик фізичного середовища та режимів роботи обладнання різного функціонального та конструктивного виконання. Найбільш перспективним напрямом у галузі вироблення предиктивного керуючого впливу на сьогоднішній день є використання математичного апарату нечітких штучних нейронних мереж. Це пояснюється тим, що особливістю складних систем є наявність великої кількості факторів, що впливають на досліджуваний показник, а також обмеженого обсягу спостережень даних факторів, які використовуються при побудові моделі. Також, у деяких випадках ці фактори мають якісний характер і не можуть бути виміряні за допомогою метричних шкал. В умовах слабкої математичної формалізації процесів, що протікають у складних системах, та обмеженого обсягу статистичних даних зростає роль експертної інформації, що використовується у процесі моделювання. Дані обставини знижують ефективність застосування відомих варіантів інтелектуальної обробки даних та вказують на необхідність використання у процесі побудови моделей апарату нечітких штучних нейронних мереж [2].

Нечіткі алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання, у яких вихідні дані є ненадійними та слабо формалізованими. При цьому інформаційні системи, засновані на застосуванні апарату нечіткої логіки, є універсальними апроксиматорами. При реалізації алгоритмів керування на основі нечітких штучних нейронних мереж необхідно враховувати властиві алгоритмам нечіткого логічного висновку недоліки, пов'язані з суб'єктивністю вибору виду та параметрів функцій приналежності, а також вихідного набору нечітких продукційних правил. Для усунення зазначених недоліків нечітких систем можна забезпечити їх адаптивність, коригуючи за мірою побудови

моделі на основі реальних статистичних даних правила та параметри функцій приналежності. Один із варіантів такої адаптації реалізується при побудові гібридних нейронних мереж.

Структурна схема гібридної нейронної мережі для кондиціонера представлена на рис. 5.1. Ця мережа використовує алгоритм Сугено (Sugeno) 1-го порядку, у цьому разі правила описуються лінійними залежностями [21]. У ході дослідження було проведено обчислення у середовищі Scilab з використанням програмного пакету Fuzzy Logic. У якості нейронної мережі для обробки параметрів температури, вологості та вмісту вуглекислого газу в повітрі приміщення використовувався багат шаровий перцептрон з одним прихованим шаром.

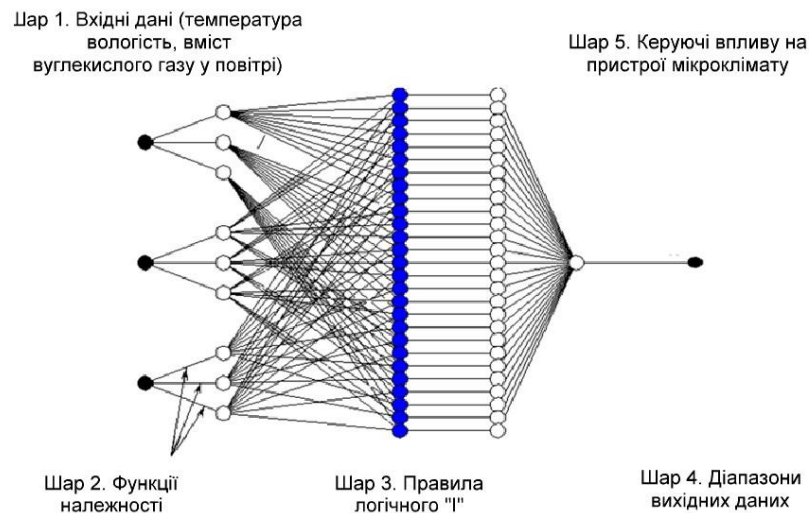


Рис. 5.1. – Структура нейронної мережі для керування мікрокліматом розумного будинку

З рис. 5.1 видно, що гібридна нейронна мережа складається з п'яти шарів, кожен із яких вирішує конкретне завдання. Результатом роботи нейронної мережі є формування керуючих впливу на виконавчі механізми пристроїв мікроклімату розумного будинку: кондиціонера, вентиляції та радіаторів опалення.

На перший шар надходить інформація про температуру, вологість та вмісту вуглекислого газу в повітрі, виміряні IoT-датчиками в різних частинах

приміщення. У момент навчання нейронної мережі вихідні дані беруться з навчальної вибірки, далі мережа обробляє дані про характеристики фізичного середовища, отримані в режимі реального часу. Виміряні значення (T , W та CO_2) передаються на другий шар мережі, де відбувається етап формування належності до групи нечітких множин.

Для формування первинного набору даних використовувалися результати експериментальних досліджень, проведених у рамках даного приміщення та подібних приміщень, оснащених системами клімат-контролю [19], праці з мікроклімату замкнутих приміщень [18], а також рекомендації експертів щодо роботи систем мікроклімату [20]. Первинні дані поділяються на групи відповідно до їх властивостей.

Функції належності визначають відповідності між вхідними даними та нечіткими множинами. На рис. 5.2 можна побачити, що вхідні дані відносяться до однієї з 27 груп з області значень вхідних векторів.

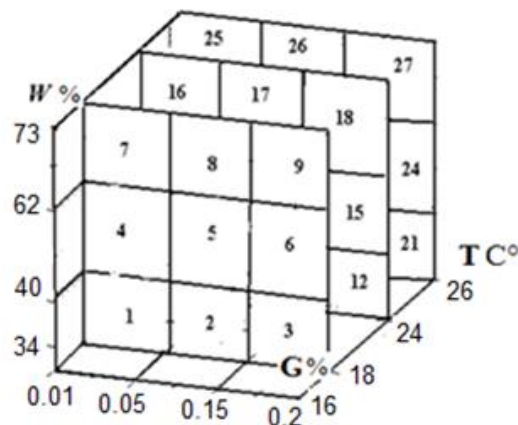


Рис. 5.2. – Визначення приналежності вхідних даних, де T – значення температури, W – значення вологості та G – вміст вуглекислого газу у повітрі приміщення

Функції, що визначають належність за температурою та вологістю навколишнього середовища до однієї з трьох нечітких множин, представлені на рис. 5.3 та 5.4 відповідно.

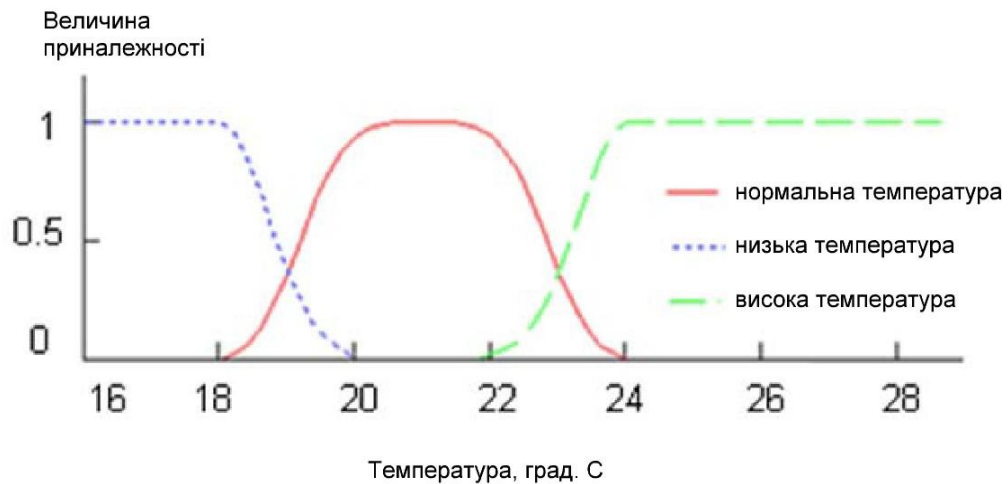


Рис. 5.3. – Нечіткі множини для температури у приміщенні

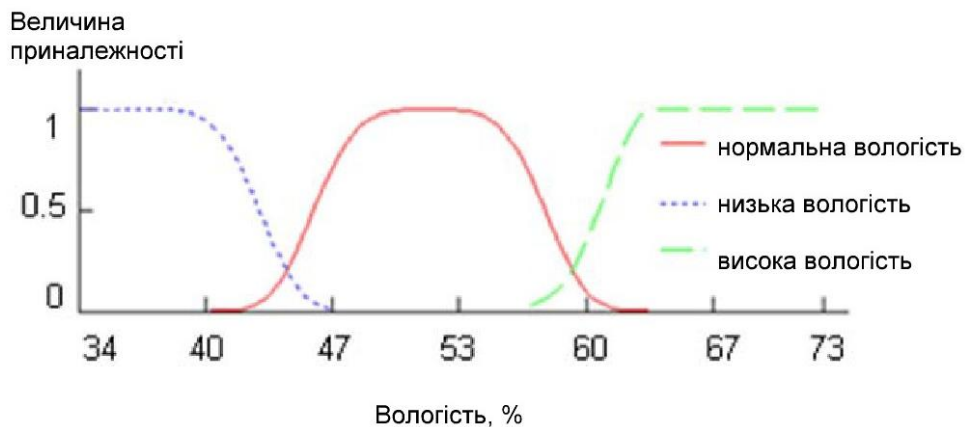


Рис. 5.4. – Нечіткі множини для вологості повітря у приміщенні

Нечіткі множини за температурою і вологістю, представлені на рис. 5.3 та 5.4, сформовані на підставі санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Відповідно до цих норм, значення температури повітря в навчальній аудиторії має перебувати в межах 18-24°C. Якщо температура в приміщенні нижче 18°C, то вона вважається низькою і має низький ступінь комфорту для людини. Якщо ж температура повітря вище 24°C можна говорити про перегрівання в приміщенні. У проміжних значеннях можна відносити температуру фізичного середовища до однієї або іншої групи.

Вологість повітря у приміщенні також поділяється на три групи. Повітря нормальної вологості зі значенням 40-60%, повітря високої вологості зі значенням більше 60% та сухе повітря з вологістю менше 40%.

Якісна характеристика повітря, така як вміст вуглекислого газу, нейронної мережі виконує роль уточнюючого параметра. Це означає, що вміст вуглекислого газу уточнюватиме режими роботи пристроїв клімат-контролю, які будуть отримані щодо поєднання двох основних параметрів. У зв'язку з тим, що температура та вологість повітря в приміщенні змінюється суттєвіше та частіше, то за цими параметрами визначатиметься основне зміщення вихідного режиму роботи пристроїв.

Нечіткі множини за вмістом вуглекислого газу представлені на рис. 5.5, сформовані на підставі рекомендацій ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Повітря з нормальним вмістом CO_2 – це повітря зі значенням CO_2 0,01-0,05%. Підвищений вміст CO_2 складає 0,05-0,15%. Якщо вміст CO_2 високий, його діапазон вище 0,15 %.

При вмісті у повітрі приміщення CO_2 більше ніж 0,15%, у людини знижується увага та концентрація, а починаючи з 0,2% при тривалому знаходженні у приміщенні спостерігається головний біль, нудота та нездужання.

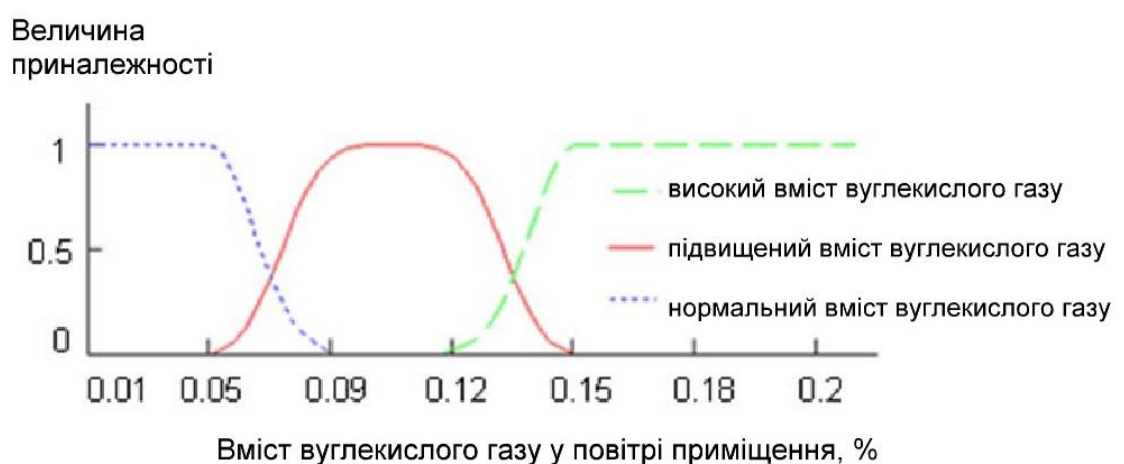


Рис. 5.5. – Нечіткі множини для вмісту CO_2 у повітрі приміщення

Далі кожному набору вхідних нечітких даних ставиться у відповідність діапазон вихідних керуючих впливів на виконавчі апарати пристроїв

управління. Для цього створюються правила функціонування нейронної мережі.

Щоб сформувавши правила відповідності вхідних даних вихідним, було проведено дослідження зв'язку режимів роботи пристроїв клімат-контролю: енергопродуктивність, витрати повітря, з параметрами температури, вологості та вмісту вуглекислого газу у повітрі приміщення.

Дані за режимами роботи кондиціонерів бралися з дослідницьких робіт [18] з великою експериментальною базою, а також із рекомендацій експертів з управління режимами роботи кондиціонера за підтримки нормального температурного режиму у приміщенні та збереженні якості повітря. Незважаючи на те, що багато даних з довідників та посібників були отримані для кондиціонерів інших марок та років випуску, вони залишаються справедливими для їх сучасних аналогів.

Зв'язок режимів роботи вентиляції від якісних і кількісних параметрів повітря в приміщенні описані в довідниках для припливно-витяжних вентиляційних установок, а також у посібниках з систем вентиляції та кондиціонування повітря у закритих приміщеннях.

У табл. 5.1 представлені узагальнені рекомендації щодо режимів роботи кондиціонера в залежності від параметрів фізичного середовища. Подані в табл. 5.1 дані використовувалися для навчання нейронної мережі. Далі опис функціонування нейронної мережі буде наведено на прикладі кондиціонера. Аналогічний порядок налаштування та функціонування нейронної мережі справедливий і для пристроїв вентиляції та опалення.

Відповідність між вхідними характеристиками фізичного середовища приміщення та вихідними параметрами регулювання описується за допомогою логічних правил, поданих нижче:

Якщо $T \in T_i$, $W \in W_j$ і $G \in G_z$ то $P \in P_s$, $Q \in Q_r$,

де:

T_i – нечіткі дані з температури;

W_j – нечіткі дані з вологості;

G_z – нечіткі дані з вмісту CO_2 у повітрі;

P_s – нечіткі дані з енергопродуктивності;

Q_r – нечіткі дані з витрат повітря;

T , W , G , P , Q – значення температури, вологості, вмісту CO_2 , енергопродуктивність, витрати повітря відповідно.

Табл. 5.1. – Узагальнені рекомендації щодо режимів роботи кондиціонера в залежності від параметрів фізичного середовища

№	Параметри фізичного середовища приміщення			Узагальнені рекомендовані режими роботи кондиціонера		
	Температура, T	Вологість, W	Вміст CO_2 , G	Енергопродуктивність (літо), kw	Енергопродуктивність (зима), kw	Витрата повітря, m^3/h
1	T1	W1	G1	0.5-1	7-8	1900-2150
2	T1	W1	G2	1-1.5	8-9	2150-2350
3	T1	W1	G3	1.5-2	9-10	2350-2650
4	T1	W2	G1	2.5-3.5	9.5-11	2150-2350
5	T1	W2	G2	3.5-4	11-12	2350-2650
6	T1	W2	G3	4-5	12-13	2650-2900
7	T1	W ₃	G1	1-1.5	10.5-12	2350-2650
8	T1	W3	G2	1.5-2	12-13	2650-2900
9	T1	W ₃	G3	2-2.5	13-14	2900-3100
10	T2	W1	G1	2-4	1-3	1600-1800
11	T2	W1	G2	4-6.5	3-5	1800-2000
12	T2	W1	G3	6.5-8	5-8	2000-2200
13	T2	W2	G1	2-4	2-4	1800-2000
14	T2	W2	G2	4-6	4-6	2000-2200
15	T2	W2	G3	6-9	6-9	2200-2400
16	T2	W3	G1	3-5	3-5	2300-2500
17	T2	W3	G2	5-8	5-8	2500-2700
18	T2	W3	G3	8-11	8-11	2700-2900
19	T ₃	W1	G1	7-8	0.5-1	1700-1800
20	T ₃	W1	G2	8-9	1-1.5	1800-1900
21	T ₃	W1	G3	9-10	1.5-2	1900-2000
22	T ₃	W ₂	G1	9.5-11	2.5-3.5	1800-1900
23	T ₃	W2	G2	11-12	3.5-4	1900-2000
24	T ₃	W2	G3	12-13	4-5	2000-2100
25	T ₃	W3	G1	10.5-12	1-1.5	1500-1600
26	T ₃	W3	G2	12-13	1.5-2	1600-1700
27	T ₃	W3	G3	13-14	2-2.5	1700-1800

Правила функціонування нейронної мережі представлені на рис. 5.6. Правила включають логічну функцію «І», що свідчить про необхідність виконання одразу всіх умов.

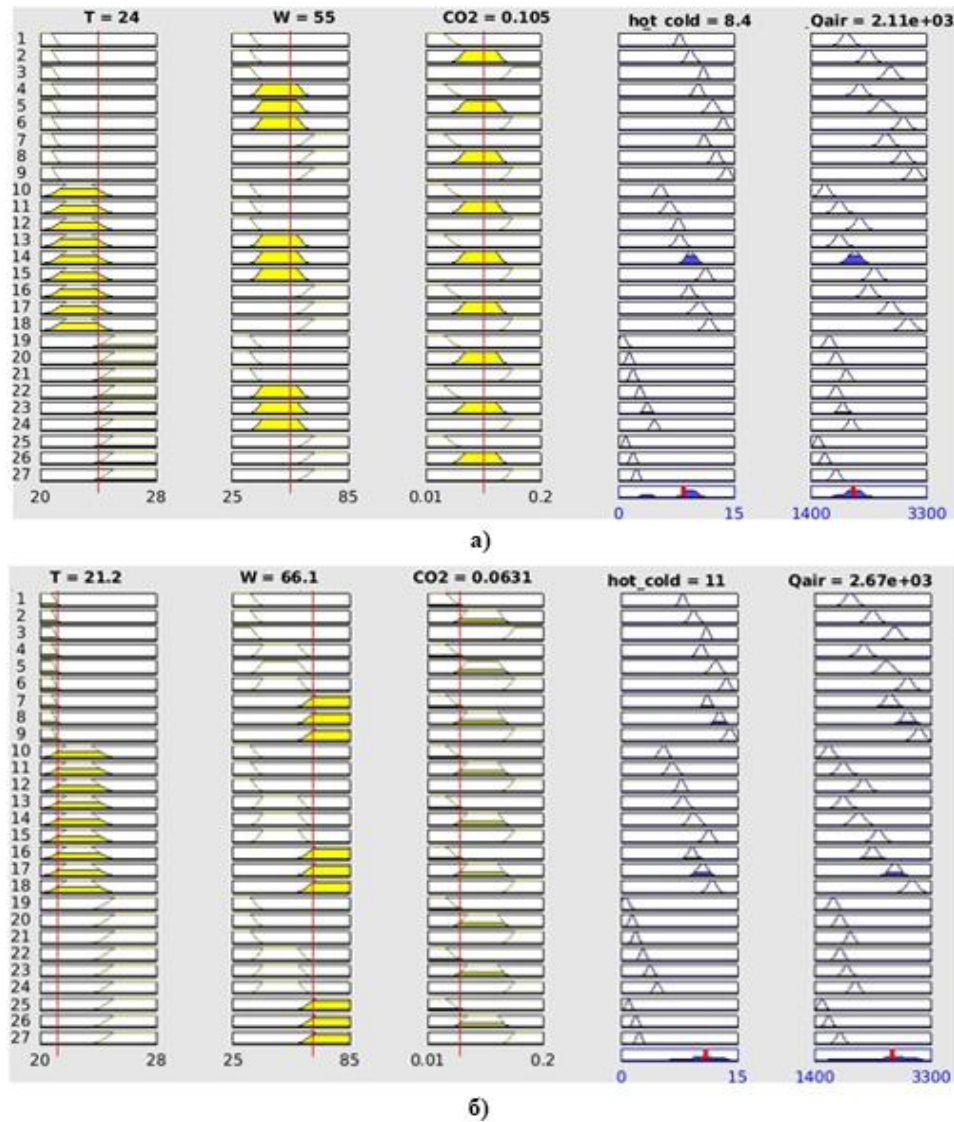


Рис. 5.6. – Правила функціонування нейронної мережі: а) для вхідних параметрів $T=25^{\circ}\text{C}$, $W=55\%$, $G=0.105$; б) для вхідних параметрів $T=21.2^{\circ}\text{C}$, $W=66.1\%$, $G=0.063\%$

На четвертому шарі нейронна мережа встановлює відповідність між вхідними фізичними параметрами середовища приміщення та рекомендованими режимами роботи пристроїв клімат-контролю. Для тестування адекватності роботи розробленого алгоритму керування пристроями мікроклімату розумного будинку було написано програмний код

у середовищі Scilab Fuzzy Logic. З метою практичної реалізації алгоритм управління нейронної мережі був перенесений у середу CoDeSys для програмованих логічних контролерів.

Для оцінки якості роботи мережі навчена нейронна мережа перевірялася на здатність до узагальнення даних контрольної вибірки – 75 векторів що становить 15% від навчальної вибірки. Також проводилось тестування мережі за даними тестової вибірки – 150 векторів становить 30% від навчальної вибірки. Результати, отримані на практиці та під час використання нейронної мережі зіставлені на рис. 5.7.

За результатами тестування нейронної мережі видно, що існують відхилення від реальних даних. Однак, вони не носять суттєвого характеру. Так, відхилення для параметра витрати повітря за абсолютною величиною не перевищують ± 20 м³/год, а для параметра енергопродуктивності ± 0.3 кВт. В результаті достовірність роботи мережі склала 0,95 і вище. Експеримент вказує на перевагу використання гібридної структури нейронної мережі в порівнянні з класичною, оскільки вона в кожному випадку активує одну локальну нейронну мережу, тоді як класична активує всю мережу цілком. Це означає, що швидкодія гібридної мережі вище за однакової точності.

Також гібридна мережа має гнучку систему перенавчання. Так під час перенавчання мережі досить адаптувати роботу однієї чи кількох локальних мереж, тоді як для класичної мережі доводиться перебудувувати всю архітектуру цілком.

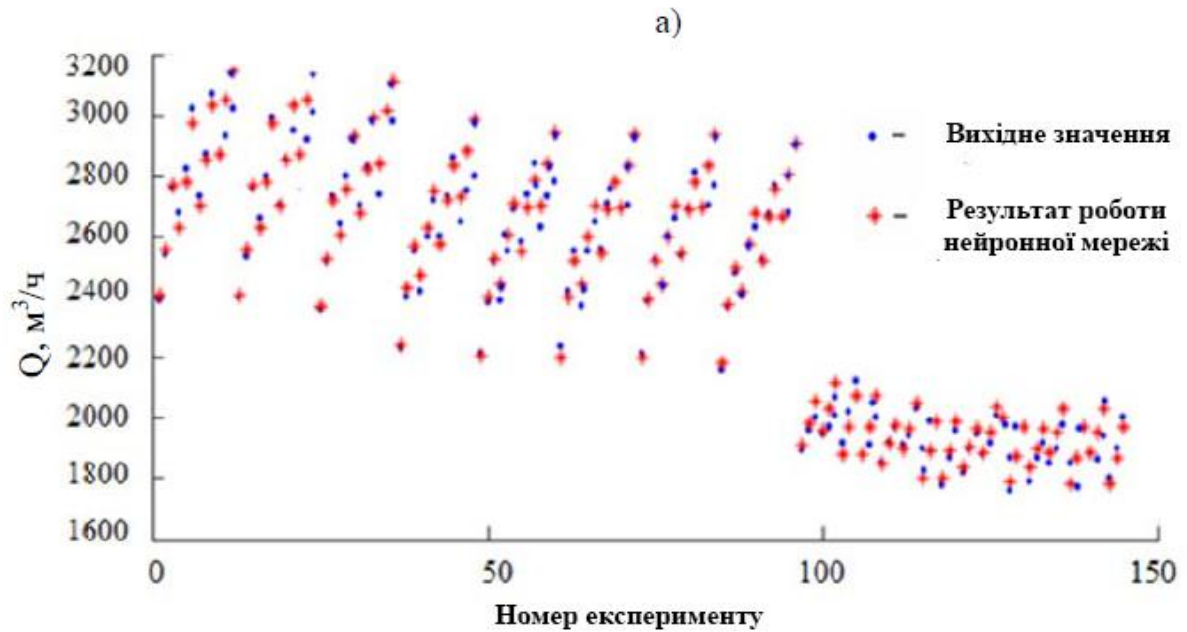
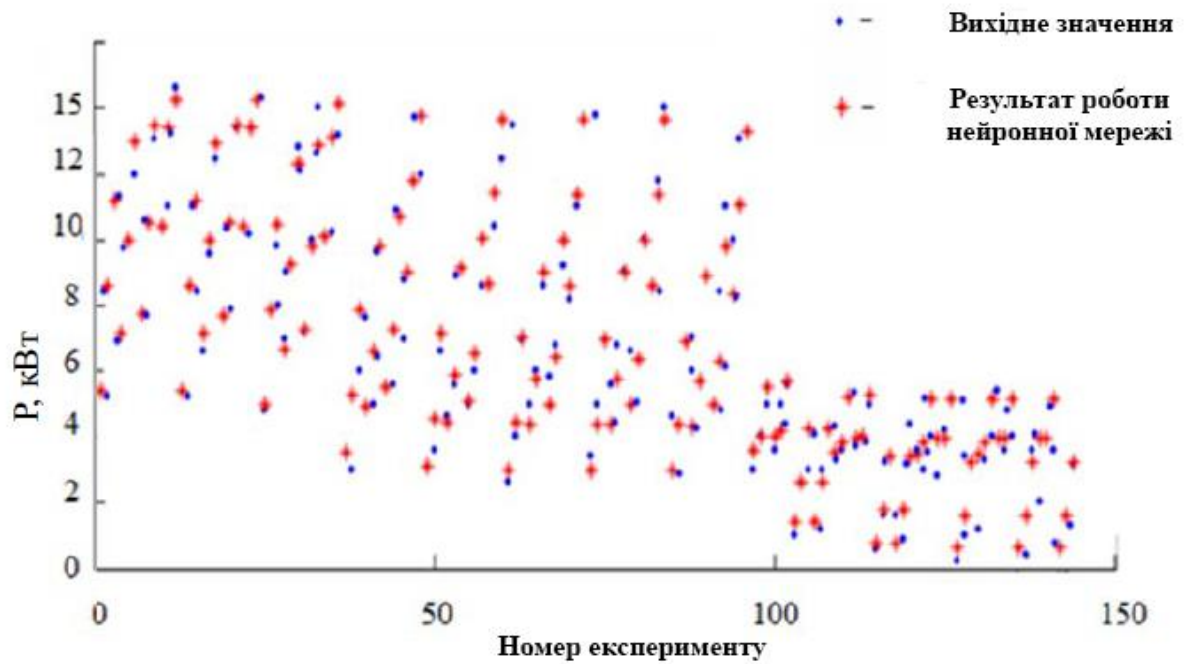


Рис. 5.7. – Результати випробувань: а) P - енергопродуктивність, б) Q - витрата повітря

Розглянемо, як змінюються протягом робочого дня параметри фізичного середовища у приміщенні університету. Заміри параметрів температури, вологості та вмісту CO_2 здійснювались IoT датчиками, ретроспективу зміни параметрів протягом робочого дня подано на рис. 5.8.

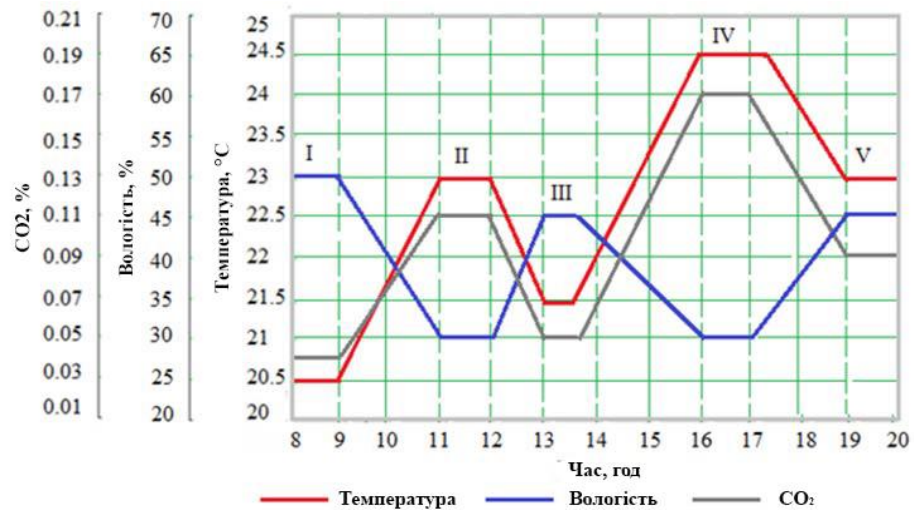


Рис. 5.8. – Приклад зміни параметрів фізичного середовища у приміщенні протягом робочого дня

На графіку, що розглядається, у проміжку часу з 8 по 20 годин виділено п'ять ділянок, на яких режими роботи пристроїв клімат-контролю будуть постійними. Режимми роботи між ділянками змінюватимуться. Розрахуємо для кожної з п'яти ділянок величину енергопродуктивності та витрати повітря кондиціонера. Розглянемо порядок визначення режимів роботи кондиціонера поетапно на прикладі 2-ї ділянки. На другій ділянці фізичне середовище приміщення має температуру 23°C, вологість 30% та вміст CO₂ у повітрі 0,11%.

Аналізуючи вхідні значення параметрів фізичного середовища, система відносить її стан за температурою до другої групи (рис. 5.3), за вологістю до першої групи (рис. 5.4), за вмістом CO₂ до другої групи (рис. 5.5). Ступінь приналежності до тієї чи іншої групи вплине на кінцевий результат.

У підсумку для другої ділянки добового графіка стану фізичного середовища в приміщенні з параметрами температури 23°C, вологості 30% і вмісті CO₂ у повітрі 0,11%, рекомендований режим роботи для кондиціонера відповідатиме: за енергопродуктивністю – 6.5 кВт, за витратою повітря – 1880 м³/год.

Для всіх п'яти ділянок добового графіка, що розглядається, аналогічно розраховуємо рекомендовані режими роботи кондиціонера. Результати щодо рекомендованих режимів роботи кондиціонера за розглянутий проміжок часу при використанні нейронної мережі представлені у табл. 5.2.

Табл. 5.2. - Розрахункові дані роботи гібридної нейронної мережі

номер ділянки	Параметри фізичного середовища			Узагальнені рекомендовані режими роботи кондиціонера		
	Температура, T	Вологість, W	Вміст CO ₂ , G	Енерго-продуктивність (літо), kw	Енерго-продуктивність (зима), kw	Витрати повітря, m ³ /h
I	20.5	50	0.04	2.5	9.9	2160
II	23	30	0.11	6.5	6.5	1880
III	21.5	45	0.05	8.25	8.25	1930
IV	24.5	30	0.17	4.37	3.8	2100
V	23	45	0.09	9.35	9.35	2120

Отримані результати адаптовані до можливих діапазонів зміни режимів роботи кондиціонера і відображають отримані попередніми дослідниками тенденції зміни режимів роботи кондиціонерів різних конструкцій та функцій.

Для керування спільною роботою систем кондиціонування, вентиляції та опалення раціонально використовувати ансамблі штучних нейронних мереж. Особливістю управління спільною роботою кількох кіберфізичних пристроїв є наявність єдиного інформаційного центру узгодження їхньої взаємодії.

Розрахунок предиктивного управління мікроклімату розумного будинку в єдиному інформаційному центрі відбувається за допомогою прогнозування режимів спільної роботи пристроїв мікроклімату на заданий проміжок часу шляхом ітераційного розрахунку параметрів регулювання кіберфізичних пристроїв (кондиціонера, вентиляції та опалення).

Експериментальні дослідження показали, що використання однотипних нейронних мереж для предиктивного управління дає помилку прогнозування

стану фізичного середовища менше 5% у 78% випадків [32]. Більшої точності можна досягти, якщо об'єднати різнотипні нейронні мережі в єдину систему.

У середовищі Scilab було проведено аналіз застосування різних нейронних мереж на вирішення завдання прогнозування стану фізичної середовища розумного будинку. Нейронні мережі, що показали найбільшу ефективність, були використані на формування ансамблю нейронної мережі. В ансамбль об'єднані такі нейронні мережі: багатошаровий перцептрон, лінійна, узагальнено-регресійна та радіальна базова мережа. На вхід цих мереж подаються ті самі вхідні змінні про стан фізичного середовища (Т, W, % CO₂).

Ансамблі нейронних мереж мають кращу якість прогнозування стану фізичного середовища, ніж окремі мережі. Усереднення прогнозів за всіма моделями мереж з різною структурою та навчання на основі різних множин даних дозволяє зменшити дисперсію моделі, не збільшуючи її усунення. Це пов'язано з тим, що при різних режимах роботи пристроїв, та графіків зміни параметрів фізичного середовища більш точні прогнози дають різні види нейронних мереж. При цьому невідомо, який вид мережі буде давати найточніший прогноз. Тому кожна мережа навчається окремо, а результуючий прогноз формується як усереднена шляхом зважених найменших квадратів величина. Для цього використовується другий каскад, що складається з лінійної нейронної мережі. На вхід цієї середньої мережі подаються результати прогнозів, отриманих від окремих нейронних мереж першого каскаду

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи розроблено методику забезпечення комфортного стану мікроклімату розумного будинку з використанням ансамблю нечітких штучних нейронних мереж. Вона реалізована на прикладі управління пристроями клімат-контролю розумного будинку шляхом прогнозування параметрів їхнього функціонування.

Пропонована система управління мікрокліматом у приміщеннях розумного будинку має ряд практичних переваг, порівняно з існуючими вузькоспеціалізованими рішеннями щодо домашньої автоматизації. По-перше, блок консолідації даних дозволяє вирішити проблему масової генерації даних, що виникає при некоректній роботі цифрових датчиків і регуляторів розумного будинку за допомогою фільтрації вхідних даних та агрегації груп параметрів. По-друге, блок інформаційної взаємодії кіберфізичних пристроїв забезпечує зв'язок між пристроями клімат-контролю, а також вирішує проблему встановлення прихованих взаємозв'язків між їх даними, шляхом пошуку двонаправлених зв'язків усередині компонентів та між ними. По-третє, блок прогнозування стану фізичного середовища та блок імітації режимів роботи пристроїв клімат-контролю дозволяють здійснювати предиктивне управління з метою формування раціональних режимів роботи пристроїв за мінімальних витрат часу та енергії.

Перелічені технічні переваги системи управління мікрокліматом розумного будинку на основі взаємодіючих кіберфізичних пристроїв економлять час і пропускну здатність інформаційної мережі, при цьому зменшується навантаження на сервер управління, а значить і вартість реалізації системи. Використання ітераційного процесу прийняття управлінського рішення в цифровому середовищі дозволяє уникнути ситуацій надмірної витрати енергії пристроями клімат-контролю розумного будинку при їх спільній роботі. Єдине цифрове середовище моделювання зберігає ресурс фізичних пристроїв, виробляючи віртуальний розрахунок для

різноманітних варіантів взаємодії пристроїв між собою та фізичним середовищем. Метою управління на основі взаємодіючих кіберфізичних пристроїв є досягнення мінімуму використовуваної потужності та інформаційного трафіку при їх спільній роботі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Анил К., Мао Д.-Д. Введение в искусственные нейронные сети. – Мичиган, США: Мичиганский гос. ун-т; Исследовательский центр ИВМ в Альмадене, США, 2006.
2. Котунова, Д. Г. Огляд DIY елементів для систем «Smart Home» / Д. Г. Котунова, О. М. Павловський // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна: збірник праць конференції. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 35–38
3. Моніт Я.В. Система «Розумний будинок» з відкритим програмним забезпеченням/ Я.В.Моніт // XIX науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 15-16 лютого 2016 р. – К.: «Політехніка», 2016. – С. 43-44.
4. A DIY guide: Smart home. Tools for automating your Home Monitoring and Security Using Aduio, ESP8266, and Android / Robert Chin. – 653 p.
5. Apthorpe N, Huang DY, ReismanD, Narayanan A, FeamsterN (2018) Keeping the smart home private with smart(er) IoT traffic shaping. arXiv preprint arXiv:181200955
6. Bos JW, Lauter K, Naehrig M (2014) Private predictive analysis on encrypted medical data. J Biomed Inform 50:234–243.
7. Granzer W. P. Security in Building Automation Systems / Wolfgang Praus Granzer. Munich: Appress, 2018. – 578 с.
8. A. Garnier, J. Eynard, M. Caussanel, and S. Grieu, Predictive control of multizone heating, ventilation and air-conditioning systems in non-residential buildings // Appl. Soft Comput.. vol. 37. pp. 847-862. Dec. 2015.
9. F. Chen, R. Garcia-Betances. Smart Assisted Living. Toward an open smart-home infrastructure.- Springer, 2020. – 340 p.

10. Z. Yong, Y. Li-Juan, Z. Qian, and S. Xiao-Yan, Multi-objective optimization of building energy performance using a particle swarm optimizer with less control parameters // *J. Building Eng.* vol. 32. Nov. 2020. Art. no. 101505.

11. V.-H. Bui, A. Hussain, Y.-H. Im, and H.-M. Kim, An internal trading strategy for optimal energy management of combined cooling, heat and power in building microgrids // *Appl. Energy.* vol. 239. pp. 536-548. Apr. 2019.

12. Z. Pezeshki and S.M. Mazinani, Comparison of artificial neural networks, fuzzy logic and neuro fuzzy for predicting optimization of building thermal consumption: A survey // *Artif. Intell. Rev.* vol. 52. no. 1. pp. 495-525, Jun. 2019.
buildings // *Sustain. Cities Soc.* vol. 43. pp. 601-623. Nov. 2018.

13. M. S. Ahmed, A. Mohamed, H. Shareef, R.Z. Homod, and J.A. Ali, Artificial neural network based controller for home energy management considering demand response events // in *Proc. Int. Conf. Adv. Electr., Electron. Syst. Eng. (ICAEES)*. Nov. 2016. pp. 506-509.

14. Mendes T. D. P., Godina R., Rodrigues E. M. G., Matias J. C. O., Catalao J. P. S. Smart Home Communication Technologies and Applications: Wireless Protocol Assessment for Home Area Network Resources // *Energies.* 2015. Vol. 8. Iss. 7. P. 7279–7311.

15. Merdivan E, Vafeiadis A, Kalatzis D, Henke S, Kropf J, Votis K, Giakoumis D, Tzovaras D, Chen, L, Hamzaoui R, Geist M (2018) Image-based natural language understanding using 2D convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:181010401.

16. Liu B, Andersen MS, Schaub F, Almuhiemedi H, Zhang SA, Sadeh N, Agarwal Y, Acquisti A (2016) Follow my recommendations: a personalized privacy assistant for mobile app permissions. In: Twelfth symposium on usable privacy and security (SOUPS 2016), pp 27–41.

17. Park Y, Kang S, Seo J (2018) An efficient framework for development of task-oriented dialog systems in a smart home environment. *Sensors* 18(5):1581.

18. Pathak M, Rane S, Sun W, Raj B (2011) Privacy preserving probabilistic inference with hidden Markov models. In: 2011 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP), IEEE, pp 5868–5871.

19. Patrascu M. Integrating Services and Agents for Control and Monitoring: Managing Emergencies in Smart Buildings. Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing and Robotics. / Patrascu., 2014. – 544 с.

20. Wang J, Chen Y, Hao S, Peng X, Hu L (2019) Deep learning for sensor-based activity recognition: a survey. Pattern Recogn Lett 119:3–11

21. Xie P, Bilenko M, Finley T, Gilad-Bachrach R, Lauter K, Naehrig M (2014) Crypto-nets: neural networks over encrypted data. arXiv preprint arXiv:14126181

22. Yang J, Zou H, Jiang H, Xie L (2018) Device-free occupant activity sensing using WiFi-enabled IoT devices for smart homes. IEEE Internet Things J 5(5):3991–4002.

23. Zheng S, Apthorpe N, Chetty M, Feamster N (2018) User perceptions of smart home IoT privacy. Proc ACM Hum-Comput Interact 2(CSCW):200

24. Технологія розумного будинку: як AI створює простір, комфортний для життя [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.everest.ua/tehnologiya-rozumnogo-budynku-yak-ai-stvoryuye-prostir-komfortnyj-dlya-zhyttya/>

25. Що таке розумний будинок? Все що потрібно знати про систему Розумний Дім [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://bron.ua/article/scho-take-rozumnij-budinok-vse-scho-potrбно-znati-pro-sistemu-rozumnij-dm/5/>

ДОДАТОК А

Підключення та програмування датчиків мікроклімату та енергоспоживання

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЗАСТОСУНОК ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДАНИХ РОЗУМНОГО
БУДИНКУ

текст програми

804.02070743.20005-01 12 01

Листів 6

АНОТАЦІЯ

Наведено програмну реалізацію додатка, що реалізує запропоновані методи та засоби побудови комп'ютерної системи відображення показників мікроклімату розумного будинку.

Зміст

1. Лістинг отримання даних із датчика DHT11 та виведення в послідовний порт Arduino.
2. Лістинг зчитування даних датчика DTH22 за допомогою ESP8266.
3. Лістинг отримання даних з датчика температури DS18B20 та виведення в послідовний порт Arduino.
4. Лістинг зчитування даних датчика DS18B20 за допомогою ESP8266

```
// підключення бібліотеки DHT
#include "DHT.h"
// константи
#define DHTPIN 22 // пін підключення контакта DATA
#define DHTTYPE DHT22 // датчик DHT 22
#define INTERVAL_GET_DATA 2000 // інтервал змін, мс
// створення екземпляра об'єкту DHT
DHT dht (DHTPIN, DHTTYPE);
// змінна для інтервалу вимірювань
unsigned long millis_int1=0;
void setup() {
  Serial.begin(9600); // запуск послідовного порту
  dht.begin(); // запуск DHT
}
void loop () {
  if(millis()-millis_int1>= INTERVAL_GET_DATA) {
    // отримання даних з DHT11
    int humidity = get_data_humidity() ;
    // виведення у монітор послідовного порту
    Serial.print("humidity-");
    Serial.println(humidity);
    // запуск відліку інтервалу
    millis_int1 = millis();
  }
}
int get_data_humidity() {
  int h = dht.readHumidity();
  return h;
}
```

```
// підключення бібліотеки DHT
#include "DHT.h"
// константи
#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT22
// пін (D2) підключення контакту DATA
// датчик DHT 22
#define INTERVAL_GET_DATA 2000 // інтервал вимірювань, мс
// створення екземпляра об'єкту DHT
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
// змінна для інтервалу вимірювань
unsigned long millis_int1 = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600); // запуск послідовного порту
  dht.begin(); // запуск DHT
}
void loop() {
  if(millis()-millis_int1 >= INTERVAL_GET_DATA) {
    // отримання даних з DHT11
    int humidity = get_data_humidity();
    // виведення в монітор послідовного порту
    Serial.print("humidity=");
    Serial.println(humidity);
    // запуск відліку інтервалу
    millis_int1 = millis();
  }
}
int get_data_humidity() {
  int h = dht.readHumidity();
  return h;
}
```

```

#define INTERVAL_GET_DATA 2000 // інтервал вимірювань, мс
#define DS18B20PIN 23 // пін підключення контакту DATA
// підключення бібліотеки OneWire
#include <Onewire.h>
// створення об'єкту OneWire
OneWire ds(DS18B20PIN);
// змінна для інтевалу вимірювань
unsigned long millis_int1 = 0;
void setup(void) {
// запуск послідовного порту
Serial.begin(9600);
}
void loop(void) (
if(millis()-millis_int1 >= INTERVAL_GET_DATA) {
// отримання даних з DS18B20
float temp = get_data_ds18b20();
// виведення в монитор послідовного порту
if(temp<100) {
Serial.print ("temp=");Serial.println(temp);
}
// старт інтервалу відліку
millis_int1 = millis();
}
)
// отримання даних з датчику DS18B20
float get_data_ds18b20() {
byte i;
byte present = 0;
byte data[12];
byte addr[8];
int Temp;
float fTemp = 0.0;
if (!ds.search(addr)) {
Serial.println("No more addresses.\n");
ds.reset_search();
return 999;
}
// виведення в монитор унікального адресу 1-Wire пристрою
for(i = 0; i < 8; i++) {
Serial.print(addr[i], HEX);
Serial.print(" ");
}
if ( OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7]) {
Serial.println("CRC is not valid!\n");
return 999;
}
if ( addr[0]!= 0x28) {
Serial.println("Device is not a DS18S20 family device.\n*");
return 999;
}
ds.reset();
}

```



```
ds.select(addr);
// запустити конвертацію температури датчиком
ds.write(0x44,1);
delay(750); // ждем 750 мс
present = ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0xBE);
// зчитуємо ОЗУ датчика
for (i = 0; i < 9; i++) {
  data[i] = ds.read();
}
Temp=(data[1]«8)+data[0]);
// перехід у значення float
fTemp=1.0*Temp/16+(float(Temp%16>)*1.0/16;
return fTemp;
}
```

```

// константи
#define DSD18B20PIN 5 // пін підключення контакту DATA (D1,
GPI05)
#define INTERVAL_GET_DATA 2000 // інтервал вимірювань, мс
// підключення бібліотеки
// http://www.pjrc.com/teensy/td_libs_OneWire.html
#include <OneWire.h>
// створення екземпляру OneWire
OneWire ds(DSD18B20PIN);
// змінна для інтервалу вимірювань
unsigned long millis_int1 = 0;
void setup(void) {
// запуск послідовного порту
Serial.begin(9600);
}
void loop() {
if(millis()-millis_int1 >= INTERVAL_GET_DATA) {
// отримання даних з DS18B20
float temp = get_data_dsl8b20();
// виведення в монітор послідовного порту
if(temp<100) {
Serial.print("temp=");Serial.println(temp);
}
// старт інтервалу відліку
millis_int1 = millis();
// старт інтервалу відліку
millis_int1 = millis();
}
}
float get_data_dsl8b20(void) {
byte i;
byte present = 0;
byte type_s;
byte data[12];
byte addr[8];
float fTemp;
if ( !ds.search(addr) ) {
Serial.println("No more addresses.")
Serial.println() ;
ds.reset_search();
delay(250);
return 999;
}
Serial.print("ROM =");
for( i = 0; i < 8; i++) {
Serial.write(' ');
Serial.print(addr[i], HEX);
}
if (OneWire::crc8(addr, 7) !=addr[7]) {
Serial.println("CRC is not valid!");
return 999;
}
}

```

```

}
Serial.println();
// перший ROM біт, індикований чипом
switch (addr[0]) {
case 0x10:
Serial.println("Chip = DS18S20");
type_s = 1;
break;
case 0x28:
Serial.println("Chip = DS18B20");
type_s = 0;
break;
case 0x22:
Serial.println("Chip = DS1822");
type_s = 0;
break;
default:
Serial.println("Device is not a DS18x20 family device. ');
return 999;
}
ds.reset ();
ds.select(addr);
// запуск конвертації температури датчиком
ds.write(0x44, 1);
delay(1000); // очікування 750 мс
present = ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0xBE); // зчитування ОЗУ датчика
for ( i = 0; i < 9; i++) {
data [i] = ds.read() ;
Serial.print(data[i], HEX);
Serial.print(" ");
}
// переведення отриманих даних у значення температури
int16_t raw = (data[1] « 8) | data[0];
if (type_s) {
raw = raw « 3;
if (data[7]== 0x10) {
raw = (raw & 0xFFF0) + 12 - data[6];
}
} else {
byte cfg = (data[4] & 0x60);
if (cfg == 0x00) raw = raw & ~7;
else if (cfg == 0x20) raw = raw & ~3;
else if (cfg == 0x40) raw = raw & ~1;
}
fTemp = (float)raw / 16.0;
return fTemp;
}

```