

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**Приладобудівний факультет**  
**Автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Юрій, КИРИЧУК  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»**

**зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»**

**на тему: «Інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку»**

Виконав:

студент II курсу, групи ПМ-21мп  
Давиденко Богдан Іванович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

професор кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю, доктор т.н., проф.  
Черепанська Ірина Юріївна \_\_\_\_\_

Консультант з розробки стартап-проєкту:

завідувач кафедри економічної кібернетики, д.е.н., проф.  
Бояринова Катерина Олександрівна \_\_\_\_\_

Рецензент:

кандидат т. н., доцент  
Божко Костянтин Михайлович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ - 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 151 «Автоматизації та комп'ютерно інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_Юрій, КИРИЧУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**

**Давиденку Богдану Івановичу**

1. Тема дисертації «Інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку», науковий керівник дисертації Черепанська Ірина Юріївна, д. т.н., професор, затверджені наказом по університету від « 08 » листопада 2023 р. № 5188-с
2. Термін подання студентом дисертації 09 «січня» 2024
3. Об'єкт дослідження є процес керування енергобезпекою житлового будинку за допомогою інтелектуальної системи керування.
4. Вихідні дані
5. Перелік завдань, які потрібно розробити вступ (вступ до галузі використання та практична цінність пропонованої системи); аналіз сучасного стану проблеми розробки інтелектуальних систем керування енергобезпекою будинків; огляд засобів та методів реалізації інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку. Розробка структурної схеми системи; розробка функціональної схеми інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку. Обґрунтування вибору елементів системи; побудова електричної принципової схеми; розробка алгоритму роботи системи. Побудова блок-схеми алгоритму; побудова структури штучної нейронної мережі; розробка стартап-проєкту; висновки.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу формат А1 - Інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку. Схема структурна - 1 арк.; формат А1 - Інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку. Схема функціональна - 1 арк.; формат А1 - Інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку. Схема електрична принципова - 1 арк.; формат А1 - Блок-схема алгоритму роботи ІСКЕБ - 1 арк.; А1 - Схема структури штучної нейронної мережі - 1 арк.

7. Орієнтовний перелік публікацій: Викладені у магістерській дисертаційній роботі результати доповідалися, обговорювалися та одержали схвалення на XIX Науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та Автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», що відбулась у період з 20 по 21 грудня 2023 р. За результатами доповіді опубліковані тези «Система інтелектуального керування енергозбереженням в житловому будинку».

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Бояринова К.О., д.е.н., професор		

9. Дата видачі завдання 28 вересня 2023 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літератури за темою	28.09.2023	
2	Огляд та розробка принципової схеми	20.10.2023	
3	Огляд та розробка структурної схеми	30.10.2023	
4	Опис математичної моделі пристрою	05.11.2023	
5	Виконання експериментальних та розрахункових досліджень	10.11.2023	
6	Розділ №5 Розробка стартап-проекту.	15.11.2023	
7	Оформлення текстової та графічної частини	27.11.2023	
8	Передача матеріалів МД на перевірку науковому керівнику	08.01.2024	
9	Передача матеріалів МД на перевірку виявлення збігів/схожості	09.01.2024	
10	Представити МД на рецензію	10.01.2024	
11	Розробка презентації та узгодження її з керівником МД	11.01.2024	
12	Подання оригіналів документів до захисту	11.01.2024	
13	Представити МД на затвердження зав. кафедри	11.01.2024	
14	Представити МД до екзаменаційної комісії	16.01.2024	

Студент

Богдан, ДАВИДЕНКО

Науковий керівник

Ірина, ЧЕРЕПАНСЬКА

\* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з вступу, шести основних розділів, загальних висновків та списку використаної літератури та джерел. Дисертація містить 98 сторінок, 30 ілюстрацій, 29 таблиць та 15 посилань.

**Мета і задачі роботи.** Метою дисертації є розробка інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку.

Основні задачі дисертації включають:

- вступ (вступ до галузі використання та практична цінність пропонованої системи);
- аналіз сучасного стану проблеми розробки інтелектуальних систем керування енергобезпекою будинків;
- огляд засобів та методів реалізації інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку. Розробка структурної схеми системи;
- розробка функціональної схеми інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку. Обґрунтування вибору елементів системи;
- побудова електричної принципової схеми;
- розробка алгоритму роботи системи. Побудова блок-схеми алгоритму;
- побудова структури штучної нейронної мережі;
- розробка стартап-проєкту;
- висновки.

**Об'єктом дослідження** є процес керування енергобезпекою житлового будинку за допомогою інтелектуальної системи керування.

**Предметом дослідження** в є інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку.

**Практичне значення результатів:**

- розроблено базову структурну схему системи інтелектуального керування енергобезпекою будинку;
- розроблено функціональну схему системи;
- розроблено електричну принципову схему системи;
- розроблено алгоритм роботи системи та блок-схему алгоритму;

- розроблено структуру штучної нейронної мережі.

**Публікації.** Викладені у магістерській дисертаційній роботі результати доповідалися, обговорювалися та одержали схвалення на XIX Науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність та Автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні», що відбулась у період з 20 по 21 грудня 2023 р. За результатами доповіді опубліковані тези «Система інтелектуального керування енергозбереженням в житловому будинку».

**Ключові слова:** інтелектуальна система, енергобезпека будинку, керування процесами, бездротові технології, інтелектуальне керування

## ABSTRACT

The master's dissertation comprises an introduction, six main chapters, general conclusions, and a bibliography. The dissertation encompasses 98 pages, 30 illustrations, 29 tables, and 15 references.

**Objective and Tasks of the Study.** The aim of the dissertation is to develop an intelligent home energy management system. The main tasks of the dissertation include:

- introduction (introduction to the field of application and practical value of the proposed system);
- analysis of the current state of the development of intelligent home energy management systems;
- review of means and methods for implementing an intelligent home energy management system. Development of the system's structural scheme;
- development of the functional scheme of the intelligent home energy management system. Justification of the selection of system elements;
- construction of the electrical schematic diagram;
- development of the system's operation algorithm. Construction of the algorithm's block diagram;
- construction of the structure of an artificial neural network;
- startup project development;
- conclusions.

**The object of research** is the process of managing the energy security of a residential building with the help of an intelligent control system.

**The subject of the study** is an intelligent home energy security management system.

### **Practical Significance of the Results:**

- the basic structural scheme of the intelligent home energy management system has been developed;
- the functional scheme of the system has been developed;
- the electrical schematic diagram of the system has been developed;

- the system's operation algorithm and algorithm block diagram have been developed;

- the structure of an artificial neural network was developed.

**Publications.** The results presented in the master's thesis were reported, discussed and approved at the 19th Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists "Efficiency and Automation of Engineering Solutions in Instrumentation", which took place from December 20 to 21, 2023. Based on the results, the reports were published theses "System of intelligent management of energy saving in a residential building".

**Keywords:** intelligent system, home energy security, process control, wireless technologies, intelligent management.

## ЗМІСТ

СПИСОК ВИСКОРИСТАНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	11
ВСТУП.....	12
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЕЗПЕКОЮ БУДИНКІВ.....	14
1.1. Поняття інтелектуальних систем керування енергобезпекою будинку.....	14
1.2. Можливості сучасних інтелектуальних систем керування енергобезпекою будинку.....	15
1.3. Огляд загального стану сфери інтелектуальних систем керування.....	17
1.4. Огляд існуючих рішень та підходів.....	18
1.5. Мета, актуальність та основні задачі.....	26
1.6. Висновки до розділу.....	27
2. ОГЛЯД ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЕЗПЕКОЮ БУДИНКУ. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ.....	28
2.1. Опис структурної схеми системи керування енергобезпекою будинку.....	28
2.2. Протоколи взаємодії та зв'язку.....	32
2.3. Використання Zig-Bee у системі керування.....	33
2.4. Висновки до розділу.....	36
3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЕЗПЕКОЮ БУДИНКУ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ.....	37
3.1. Опис функціональної схеми системи.....	37
3.2. Огляд технічних засобів системи.....	39



3.2.1. Призначення та огляд поширених для застосування центральним ядром системи керування.....	39
3.2.2. Використання релейних модулів, як виконавчого елемента контролю електрозабезпеченням.....	43
3.2.3. Датчики, що забезпечують керування системою енергобезпеки та енергоефективності.....	45
3.3. Можливості та переваги застосування штучних нейронних мереж в системах інтелектуального контролю.....	49
3.4. Технології зв'язку та комунікацій які використовуються у системах інтелектуального керування енергобезпекою.....	52
3.5. Висновки до розділу.....	53
4. ПОБУДОВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ІСКЕБ.....	54
4.1. Опис модулів системи.....	54
4.1.1. Модуль вимірювання температури та вологості.....	54
4.1.2. Модуль вимірювання рівня освітленості.....	56
4.1.3. Модуль визначення руху з дистанційним зв'язком.....	57
4.2. Модуль сенсорної клавіатури ТТР229.....	59
4.3. Модуль LCD дисплею на базі РСF8574.....	62
4.4. Висновки до розділу.....	62
5. АЛГОРИТМ РОБОТИ ІСКЕБ. ПОБУДОВА БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ.....	63
5.1. Опис блок-схеми алгоритму роботи ІСКЕБ.....	63
5.1.1. Ініціалізація складових системи. Перевірка працездатності компонентів. Ініціалізації граничних параметрів.....	63
5.1.2. Цикл вимірювань та регулювання.....	64
5.1.3. Умови завершення роботи програми.....	70
5.2. Висновки до розділу.....	71
6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЕЗПЕКОЮ В БУДИНКУ».....	72

6.1. Опис ідеї проекту.....	72
6.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	76
6.3. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	84
6.4. Розроблення маркетингової програми та плану реалізації стартап-проекту.....	86
6.5. Висновки до розділу.....	91
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95
ДОДАТКИ	

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ІСКЕБ - інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку;

АЦП - аналогово цифровий перетворювач;

IoT (Internet of thin) - позначає концепцію обчислювальної мережі;

GSM (Global System for Mobile Communications) - міжнародний стандарт мобільного цифрового стільникового зв'язку;

PIR-датчик - тип датчика, який використовує інфрачервоне випромінювання;

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) - постійний запам'ятовувальний пристрій, енергонезалежний, що програмується за очищується за допомогою електричних сигналів;

ШІМ - широтна імпульсна модуляція;

ШІ - штучний інтелект;

ШНМ - штучна нейронна мережа;

NIST - національний інститут стандартів і технологій;

## ВСТУП

У сучасному світі важливим та актуальним питанням стало ефективне та раціональне використання енергоресурсів, зокрема побутовими користувачами, які часто споживаючи електроенергію не задумуючись про необхідність її раціонального використання. Одним із сучасних викликів стала економія електроенергії в час війни, що обумовлено різними факторами що впливають із неї як наслідок.

У зв'язку з підвищення актуальності забезпечення сталого розвитку, що передбачає впровадження технологій збереження природних ресурсів, актуальним стало впровадження інтелектуальних та автоматизованих систем керування електроенергією та енергобезпекою будинків та інших приміщень. Такого роду системи стають важливими та ключовими засобами для забезпечення сталого розвитку.

Зі зростанням проблем, які викликані неефективним використанням енергоресурсів актуальність тематики очевидна. Світ стикається з високим та постійним зростанням споживання електроенергії, чим створює необхідність збільшення кількості електростанцій та засобів її виробництва. Так як основні джерела енергії на даний момент це АЕС, ТЕС та ГЕС, а також відносно невелика кількість систем альтернативного виробництва електроенергії, негативно впливає на навколишнє середовища. Тому використання інтелектуальних систем керування енергобезпекою забезпечить не тільки захист будинку від непередбачуваних аварійних ситуацій, що забезпечить наприклад уникнення пожеж, а і допоможе підтримувати цілі сталого розвитку.

Сучасний стан розвитку технологій у сфері засобів автоматизації, зокрема штучного інтелекту та інтернет речей, надає нові та ширші можливості для автоматизації та модернізації систем керування енергобезпекою будинку. Вони стали не просто системами, які здатні забезпечити оптимальне споживання ресурсів, але і надали користувачам нові можливості та умови забезпечення комфорту, які можна підлаштовувати під потреби користувачів враховуючи

необхідність раціонального споживання ресурсів. Вони включають у собі сучасні системи автоматизованого та інтелектуального керування, аналізу даних, моніторингу та побудову і відображення статистики споживання та економії.

Таким чином, інтелектуальні автоматизовані системи керування енергобезпекою будинку стають не тільки інноваційними технологіями, а дуже важливим кроком для розв'язання актуальних проблем екології та економії ресурсів.

У цій магістерській дисертації буде розглянуто інтелектуальну систему керування енергобезпекою будинку, методи та засоби реалізації, можливості впровадження, а також можливі заходи щодо модернізації для забезпечення вимог які виникають на даний момент.

У такому контексті, подальші заходи щодо розвитку та вдосконалення існуючих систем інтелектуального керування стають першочерговим завданням, що відповідає та забезпечує сучасні вимоги суспільства та середовища.

# **1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ РОЗРОБКИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЕЗПЕКОЮ БУДИНКІВ**

## **1.1. Поняття інтелектуальних систем керування енергобезпекою будинку**

Інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку (ІСКЕБ) являє собою комплекс рішень, що поєднують у собі програмні та апаратні засоби автоматизації, які у сукупності складають цілісну систему, що забезпечує оптимізацію витрат енергоресурсів, у житлових та нежитлових приміщеннях, квартирах.

ІСКЕБ - це системи, що зазвичай містять певний визначений перелік складових модулів які представляють собою набір сенсорів для проведення вимірювань, а також виконавчих модулів, наприклад серводвигунів тощо. Також у таких системах присутні різні проміжні елементи, наприклад перетворювачі, контрольні пристрої для збору даних або відображення та інші, цей перелік залежить від призначення системи, її вартості, функціональності тощо.

Ядром таких систем зазвичай виступає, спеціальна обчислювальна система, наприклад контролер, який також називають контролер «розумного будинку». Цей контролер представляє собою блок, який містить обчислювальний пристрій, наприклад потужний мікроконтролер або мікрокомп'ютер, пам'ять, низку інтерфейсів для поєднання з іншими модулями, індикатори, можливо пристрої або системи відображення та введення даних, АЦП, системи реле. Повний перелік визначається виключно специфікацією конкретного контролера.

Сучасні системи також оснащені можливостями віддаленого контролю та моніторингу, тому вони містять Wi-Fi-модуль, який через мережу отримує та надсилає дані за запитом, або через визначені проміжки часу на сервер, доступ

до якого користувач отримує з власного пристрою, наприклад смартфона, через API спеціальної програми, яка зазвичай постачається або рекомендується виробником.

## **1.2. Можливості сучасних інтелектуальних систем керування енергобезпекою будинку**

Такого роду сучасні інтелектуальні системи зазвичай включають наступний перелік функцій:

1) система керування освітленням - у загальному розумінні це набір функцій які забезпечують інтелектуальний та ручний контроль освітленням у частині будинку або загалом у всьому. Зазвичай містить стандартні функції увімкнення/вимкнення та контроль яскравості освітлення, перша функція може працювати за часом, а також на основі сенсорів руху, відповідно друга може працювати на основі сенсорів рівня освітленості. Також може містити різні користувацькі функції у залежності від системи;

2) система управління електроприладами - представляє собою набір елементів та функцій які призначені для контролю увімкнення/вимкнення електроприладами у залежності від необхідності, часу, або ситуації. Також завдяки цій функції можна керувати режимами роботи пристроїв для покращення енергозбереження;

3) система управління опаленням та вентиляцією - реалізує набір функцій які призначені для підтримки оптимального середовища у будинку, а також температури та вологості;

4) автоматичний аналіз даних - інтелектуальні системи оснащенні набором різних сенсорів які виконують вимірювань різних параметрів, температури, вологості, наявності різних газів та випарів, якості повітря тощо. Ці дані система може зберігати та використовувати для подальших процесів у прийнятті рішення;

5) автоматичне управління у реальному часі - сучасні системи виконують моніторинг та контроль, та надають доступ у режимі реального часу, тобто такі системи мають здатність на основі отриманих даних з сенсорів і виконавши їх обробку приймати відповідні рішення щодо оптимізації енергоресурсів на основі програми і закладених у неї алгоритмів;

6) забезпечення віддаленого доступу до системи - включає модуль, або набір модулів, що забезпечує віддалений доступ для отримання моніторингових даних, а також для надсилання запитів до системи на виконання певної функції. Реалізується з використанням технологій Wi-Fi, проміжного серверу та спеціальної програми;

7) забезпечення переліку режимів роботи системи - представляє собою набір визначених функцій, які запускаються у результаті виникнення певної ситуації. Такі функції можуть бути створені як стандартні, наприклад аварійний режим або режим при виникненні пожежі, а також такі функції може реалізовувати сам користувач, наприклад виконувати певну дію або набір дій при досягненні критичного значення одного чи декількох вимірюваних параметрів та інше;

8) моніторинг даних в мережі інтернет - сучасні системи часто оснащуються можливостями для моніторингу інформації з певних сайтів, наприклад для відображення інформації про погоду або якоїсь іншої інформації;

9) можливість голосового введення команд, або голосових/звукових сповіщень.

Цей перелік може бути доповнений у залежності від того, яку функціональність забезпечує обрана система та її виробник.

Загалом весь вище перелічений функціонал призначений для забезпечення енергоефективного інтелектуального керування процесами у будинку чи приміщенні.



### 1.3. Огляд загального стану сфери інтелектуальних систем керування

У загальному описі стан галузі такого роду систем дуже динамічний і знаходиться у стадії постійного розвитку та вдосконалення. Зазвичай ці вдосконалення та оновлення стосуються більше не апаратної складової як такої, а впровадження новітніх досягнень, наприклад систем штучного інтелекту та інших смарт-технологій.

У світі зараз широко поширюється і розвивається впровадження енергоефективних систем або систем для забезпечення енергоефективності різного призначення задля досягнення мети сталого розвитку. Енергоефективність є однією з найважливіших складових сталого розвитку.

На ріст популярності інтелектуальних систем керування, зокрема енергобезпекою будинку, вплинули наступні чинники:

1) зростання рівня доступності - будь-хто має змогу замовити таку систему для власних потреб і може легко розібратися у її налаштуваннях. На даний час існує велика кількість організацій, які займаються індивідуальним проектуванням та встановленням ІСКЕБ;

2) зростання кількості виробників - ринок такого роду систем постійно доповнюється, що створює конкурентне середовище, а відповідно впливає на цінову категорію, що робить технічне обладнання більш доступним. Також це впливає на постійний розвиток та покращення вже наявних підходів та технологій, що дозволяє зробити більш підходящий вибір;

3) популяризація смарт-технологій - використання сучасних технологічних рішень у поєднанні з IoT для керування процесами всередині будинку стають все більш популярними та застосованими;

4) популяризації екологічного підходу до життєдіяльності людини - підвищення рівня обізнаності людей про шкоду від понаднормових витрат енергетичних ресурсів спонукає людей шукати шляхи зменшення витрат та раціонального споживання.

## 1.4. Огляд існуючих рішень та підходів

Для побудови ІСКЕБ використовуються різні архітектурні рішення, які визначають принцип та особливості її роботи, функціональність, застосовані технології, складові компоненти системи включаючи датчики, виконавчі механізми, системи комунікації тощо.

При побудові систем керування енергобезпекою будинку враховують низку факторів, такі як: кількість об'єктів, їх тип, особливості будинку та інші.

Один із важливих етапів, які виконуються при проектуванні ІСКЕБ є здійснення розподілу об'єктів на ті, які можна оптимізувати та не можна. Тобто враховується інформація про те, чи певний об'єкт який споживає енергоресурси можна включити в систему енергокерування. На основі цієї інформації формується список об'єктів, які будуть утворювати структуру системи і в подальшому буде розроблятися концепція щодо керування. Цей етап є індивідуальним, так як універсальні рішення не враховують особливості організації для кожного будинку, кількість об'єктів у ньому, планування кімнат та інші фактори.

Більшість рішень містять спеціальний домашній сервер. Домашній сервер управляє всіма пристроями, що встановлені на кожній розетці, перемикачах і керуються через ZigBee, Wi-Fi, кабель UTP/FTP. Він також контролює продуктивність усіх пристроїв через контрольні елементи.

Дані, пов'язані з споживанням електроенергії приладами і освітленням, зберігаються в базі даних, і таким чином, дані накопичуються. Менеджер з енергоспоживання безперервно аналізує дані, зібрані на щоденній, щотижневій та щомісячній основі.

Інтерфейс користувача в розумних будинках надає достатню інформацію користувачам про енергоспоживання. Користувачі можуть перевірити та переглянути споживання енергії кожним приладом. Домашній сервер надає інформацію за запитом до пристрою, відповідно отримується доступ до нього через додаток [1].

На рис. 1.1 показано функціональну блок-схему вище згаданого домашнього сервера.

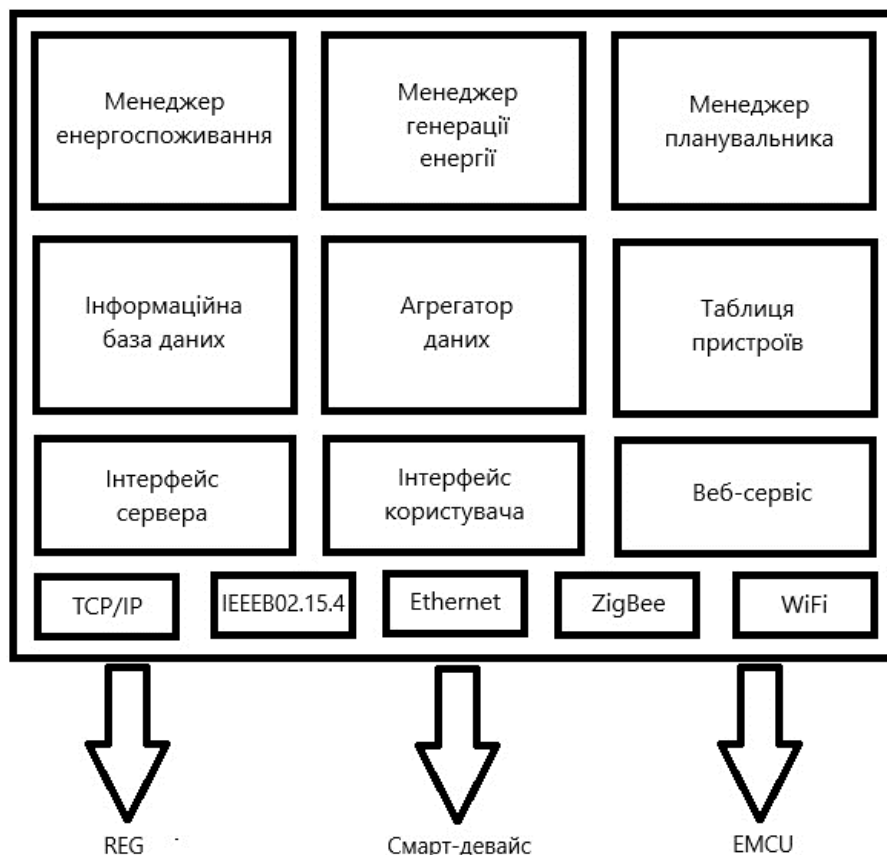


Рисунок 1.1. Функціональна блок-схема домашнього серверу [1]

Цей принцип роботи системи енергоменеджменту є досить поширеним і виправданим. Можливість систематичного збору, зберігання та аналізу даних про енергоспоживання усіх підключених пристроїв до системи є дуже корисним, особливо враховуючи те, що збір інформації може проводитися тривалий час. На основі цих даних будуються графіки та порівняльні гістограми використання енергоресурсів та надають змогу виявляти проблемні місця і найбільш енерговитратні пристрої задля пошуку кращого рішення.

Також існують спрощені рішення для побудови автоматизованої системи керування енергоефективністю в будинку та в інших приміщеннях, які є дещо дешевшими, але з меншим функціоналом. Нижче буде розглянуто одну з таких запропонованих систем.

Система «Homergy Box» складається з наступних компонентів: мікроконтролера Arduino Mega, NodeMCU, модулів реле і перетворювачів змінного та постійного струму. На рис. 1.2 показано базові складові елементи.

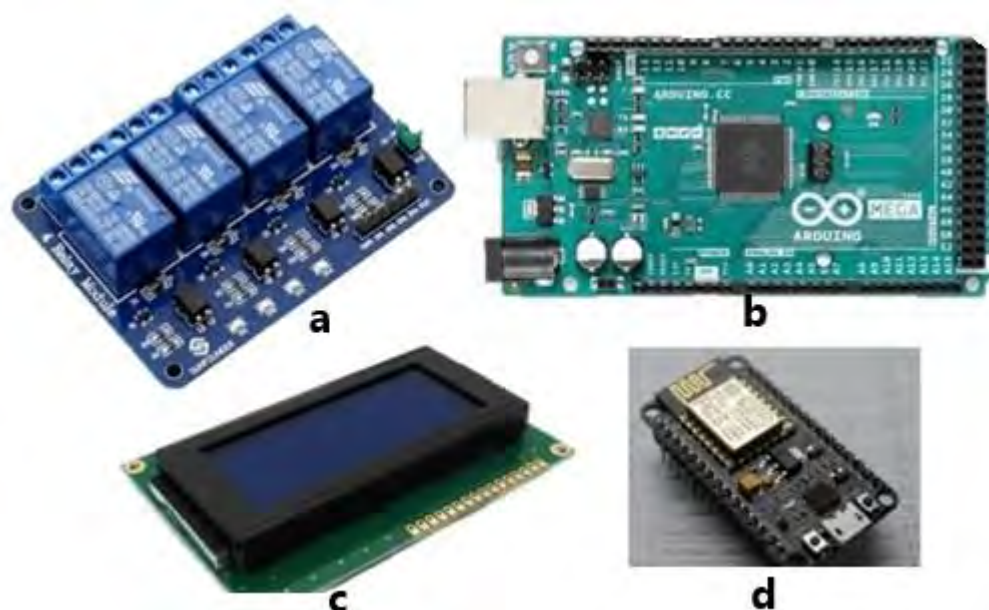


Рисунок 1.2. Базові складові елементи «Homergy Box»: а - блок реле; б - Arduino Mega; с - РК Дисплей; d - NodeMCU [2]

Уся електроніка системи працює від постійної напруги 5В які забезпечують живлення плати NodeMCU та Arduino. NodeMCU має вбудований модуль Wi-Fi і таким чином забезпечує з'єднання системи з інтернетом. NodeMCU отримує дані з мобільного додатку, аналізує дані та надсилає відповідні інструкції на Arduino. Відповідно Arduino Mega виконує інструкції щодо керування реле, які підключені до системи [2].

На рис. 1.3 зображено принципову схему роботи розглянутої системи «Homergy Box».

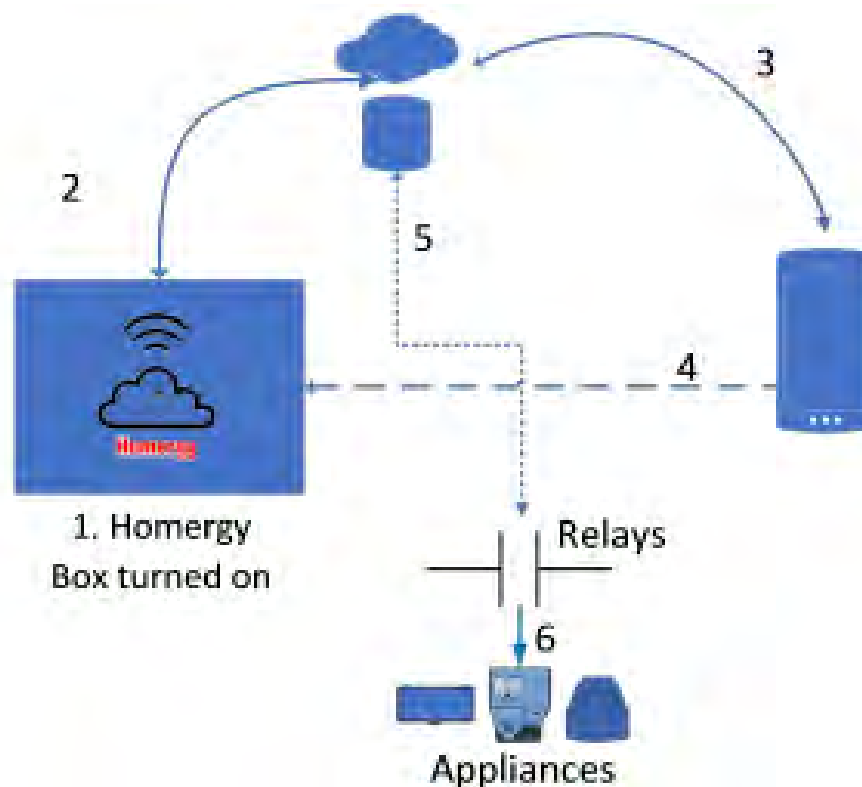


Рисунок 1.3. Принципова схема роботи системи «Homergy Box» [2]:

- 1) «Homergy Box» увімкнено користувачем;
- 2) «Homergy Box» зчитує інформації з бази даних і спочатку застосовує існуючі в ній значення до приладів через реле. Встановлюється потокове з'єднання з базою даних у реальному часі;
- 3) програма встановлює потокове з'єднання з базою даних у реальному часі;
- 4) встановлюється віртуальний потік між системою та мобільним додатком. Надсилаються мобільні команди;
- 5) надсилання оновлених даних з бази і застосування їх значень для реле;
- 6) відбувається процес керування приладом через реле.

Автори статі [2] зазначають, що теоретично можна було використовувати виключно NodeMCU без додання плати Arduino, але згідно їх розрахунку потужності і можливостей, то цієї плати не вистачить щоб керувати усіма

процесами, а також приймати та передавати дані на сервер, тому вони використовують зв'язку NodeMCU - Arduino Mega. А реле які вони додали до системи служать для керуванням включенням/відключенням пристроїв.

Оглянувши використані блоки можна зробити власний висновок, що система може нарощуватися у залежності від необхідності, існує можливість приєднання різного роду сенсорів та виконавчих пристроїв.

На рис. 1.4 показано загальний вигляд апаратного блоку «Homergy Vox» у корпусі з декількох ракурсів.



Рисунок 1.4. Загальний вигляд апаратного блоку «Homergy Vox» [2]

Загалом дана система є дуже спрощеною, відносно не дорогою, легко встановлюваною, та такою, яку легко можна відтворити маючи достатньо знань з електроніки та програмування.

Даний пристрій позиціонується як система для енергоменеджменту в різного роду приміщеннях та житлових будинках, має 16 каналів реле для

підключення пристроїв, але все ж таки у такому вигляді він малофункціональний.

Також автори зазначають що мали змогу збирати облікові дані про роботу системи, чим підтверджують її ефективність використання.

Розглянемо наступне рішення реалізації ІСКЕБ, яке було описано та запропоновано авторами статті [3].

Рішення включає електронні пристрої системи освітлення, опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Цей продукт не тільки економить час, але й забезпечує енергоефективні рішення, які дозволяють знати, який пристрій у приміщенні споживає більше енергії.

Є економічно ефективним, таку енергозберігаючу систему також можна встановити в готелях та промислових чи побутових приміщеннях. Присутній простий графічний інтерфейс на основі піктограм і сповіщень, які дозволяють залишатися на зв'язку з системою, незалежно від місця знаходження.

Концепція автоматизації звичайних доступних для впровадження пристроїв у будинку коштує набагато дешевше, ніж спеціальні пристрої на базі IP, що забезпечує унікальність і забезпечує сегмент рішень, які доступні людям із посереднім рівнем заробітку [3].

На рис. 1.5 зображено концепцію роботи запропонованої системи.

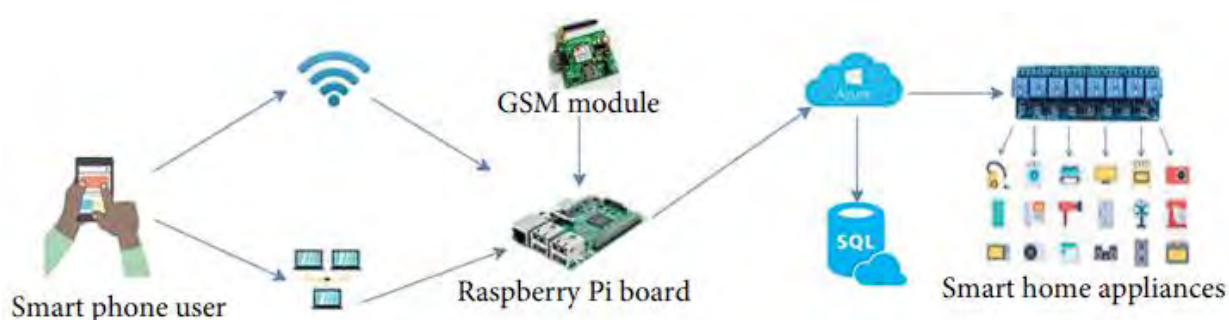


Рисунок 1.5. Повна робоча структура домашньої системи автоматизації[3]

З огляду на структурну схему рішення можна зазначити, що вона є подібною до попередніх, але має деякі ключові відмінності. У даному випадку система матиме кращу продуктивність та можливості до вдосконалення і надійності роботи, що пов'язано з використанням міні-комп'ютера сімейства Raspberry Pi. Також присутній GSM-модуль, який призначений для системи сповіщень через мобільні пристрої.

Також з огляду матеріалів цієї статті виділяється принцип налаштування системи будинку використовуючи спеціальне програмне забезпечення. В описі статті [3] зазначається що програма надає можливість індивідуально налаштовувати дані про будинок, додавати поверхи та приміщення, а також індивідуально їх редагувати. Присутня можливість позначати місця знаходження сенсорів.

Цей принцип роботи програмного забезпечення має значні концептуальні відмінності у порівнянні з двома минулими, так як надає ширші можливості для візуалізації та інтерактивності.

Розглянемо наступну пропозицію реалізації системи розумного будинку та її окремих функцій на основі статті [4], на рис. 1.6 показано структурну схему системи.

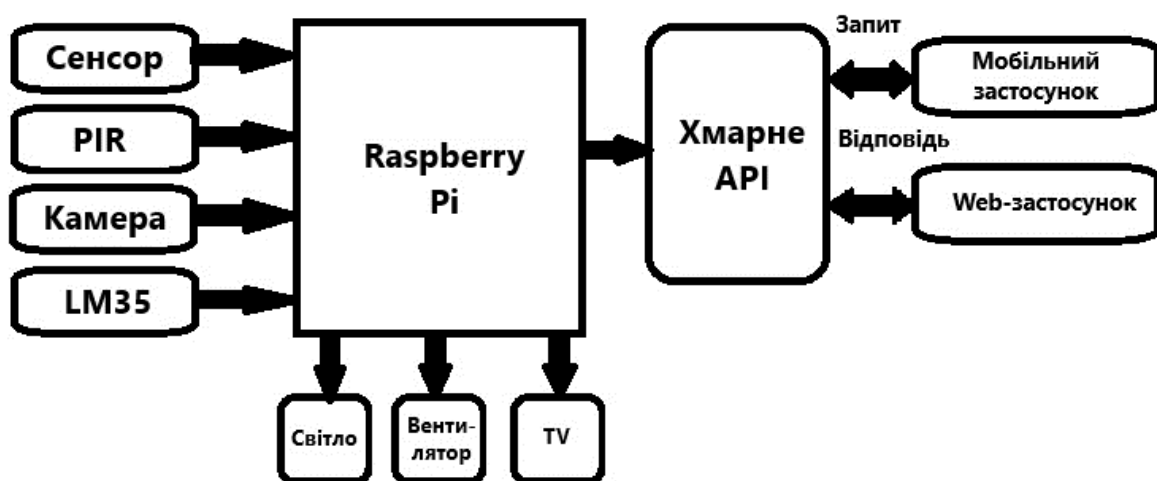


Рисунок 1.6. Запропоноване рішення системи автоматизації розумного будинку на IoT [4]



Ядром системи виступає міні-комп'ютер Raspberry Pi, тому для програмування системи використано мову Python. Система передбачає керування освітленням, вентилятором, телевізором, холодильником та іншою побутовою технікою. Плата Raspberry Pi поєднана з стороннім сервером.

Використано велику кількість сенсорів, такі як: LM35, сенсори визначення полум'я, вологості та сенсори PIR. Оновлення показань з датчиків на сервері відбувається кожні 3 секунди, але може бути налаштованим вручну.

Для виконання взаємодії між системою і користувачем було розроблено програму на платформу Android. Ця програма має підключення з сервером та здатна надсилати дані на сервер через мережу інтернет. Ядро системи здане зчитувати дані з серверу та виконувати інструкції. Також програма здатна на основі отриманих даних здійснювати візуалізацію.

Також у даному рішенні передбачено камеру, яка слугує для покращення системи охорони. Використовуючи OpenCV та модуль SMTP система здатна розрізняти образи людини та надсилати електронного листа сповіщаючи користувача [4].

Розглянуте рішення відрізняється від попередніх важливим ключовим елементом, а саме наявністю охоронної системи виявлення та сповіщення про знаходження людини у певному просторі, а головним елементом є те, що тут використовуються засоби комп'ютерного зору бібліотеки OpenCV, яка надає функціонал обробки зображень для розпізнавання образів.

Якщо розглядати дану систему з точки зору можливостей для керування енергобезпекою то вона передбачає управління освітленням та електроприладами які підключені до системи, можливістю визначати дані щодо енергоспоживання, візуалізувати їх, а також знаходити проблемні місця та оптимізувати складові для покращення системи енергоменеджменту у будинку чи приміщенні.

## 1.5. Мета, актуальність та основні задачі

Мета цієї роботи полягає у проведенні дослідження та побудові системи інтелектуального керування енергобезпекою будинку, застосувавши оптимальні архітектурні рішення з огляду на сучасні вимоги, потреби та виклики.

Актуальність цієї роботи полягає у наступному:

1) зростання вимог щодо енергоефективності - зменшення споживання енергії та підвищення рівня енергоефективності шляхом впровадження інтелектуальних систем контролю. Їх використання дозволить автоматизувати процес контролю енергоресурсів, а відповідно оптимізує їх використання;

2) зростання рівня комфорту та вимог безпеки - впровадження автоматизованих систем мінімізує потребу користувача самостійно контролювати та регулювати різні параметри, що сприяє зростанню комфорту, а також вони здатні самостійно керувати процесами у будинку і виявляти аварійні ситуації, що підвищить рівень безпеки;

3) забезпечення сталого розвитку - інтелектуальне керування енергоресурсами зменшить витрати та знизить негативний вплив людської діяльності на довкілля, що сприятиме досягненню цілей сталого розвитку.

Основні задачі цієї роботи наступні:

- 1) аналіз сучасного стану проблеми розробки ІСКЕБ;
- 2) проведення огляду сучасних засобів та методів реалізації ІСКЕБ;
- 3) побудова структурної схеми системи. Вибір складових елементів;
- 4) побудова функціональної схеми;
- 5) проведення розробки електричної принципової схеми ІСКЕБ;

Результати цієї роботи допоможуть у розвитку та вдосконаленню інтелектуальних систем керування енергобезпекою будинку та сприятимуть досягненню цілей сталого розвитку у сфері ефективності використання енергоресурсів.

## 1.6. Висновки до розділу

У розділі розглянуто базові поняття, щодо системи автоматизованого керування енергобезпекою будинку, визначено її базовий функціонал та особливості. Частина розділу присвячена огляду сучасного стану розвитку систем автоматизації процесів у будинку. Важливо вказати на те, що з огляду на сучасні процеси та тенденції є необхідність адаптації систем під нові потреби. Особливо ця адаптація стосується питання контролю енергозабезпечення та енергобезпеки.

Енергобезпека є одним із ключових заходів та стратегій, яка спрямована на забезпеченні стійкості та надійності енергетичної сфери, спрямовуючи основні зусилля на мінімізацію ризиків. Енергобезпека охоплює різні аспекти, зокрема: виробництво, передачу, розподіл та споживання. Відповідно розглядаючи питання енергобезпеки будинку основна увага буде сконцентрована на ефективному енергоспоживанні.

Розглянуто існуючі рішення побудови систем розумного керування процесами у будинку, разом з забезпеченням раціонального енергоспоживання ресурсів. У переліку аналогів були рішення з використанням різних принципів та концепцій, зокрема використовуючи малопотужні засоби з мінімальною конфігурацією, та високотехнологічні реалізації на основі мінікомп'ютерів і нейронних мереж.

## 2. ОГЛЯД ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЕЗПЕКОЮ БУДИНКУ. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

### 2.1. Опис структурної схеми системи керування енергобезпекою будинку

Процес автоматизованого керування можна зобразити у вигляді наступної структурної схеми [6] (див. рис. 2.1).

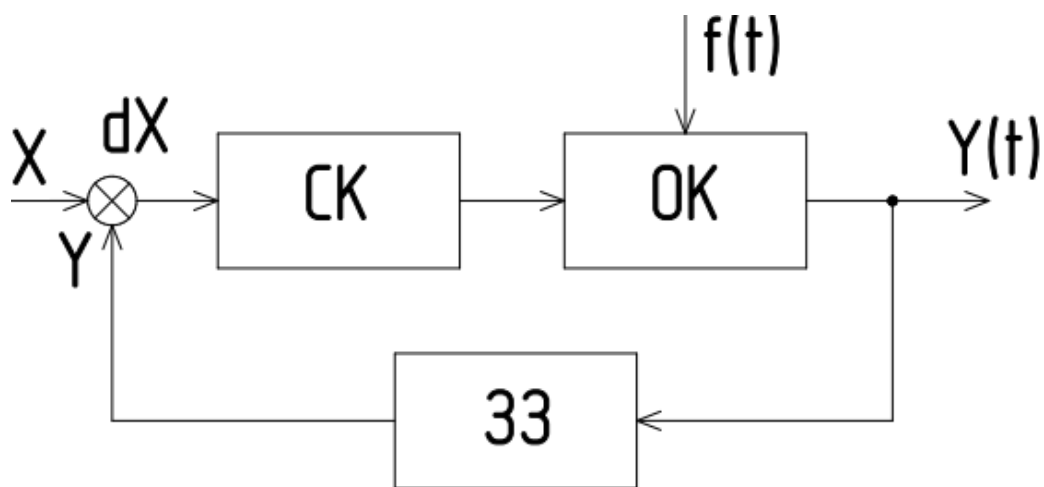


Рисунок 2.1. Узагальнена структурна схема ІСКЕБ

Структурна схема включає в собі три загальних блоки, а саме система керування (СК), об'єкт керування (ОК) та блок зворотного зв'язку (ЗЗ). Маємо вхідний сигнал  $x_n$  - представляє собою певне значення параметру або параметрів, які підлягають контролю. Маємо вихідний або вихідні параметр  $y(t)_n$ , який є поточним значенням. На об'єкт керування впливають зовнішні фактори  $f(t)_n$ , у даному випадку це вплив зміни погоди, кількість людей у кімнаті тощо, всі вони впливають на вихідний сигнал.

Вихідний сигнал передається на блок зворотного зв'язку, який представлений у вигляді датчиків, кожен з яких вимірює певний параметр. Завдяки наявності такого зворотного зв'язку існує можливість здійснювати

керування і підтримку заданих значень параметрів. У результаті вимірювання отримуємо поточне значення параметрів у яке передається на початок і вираховується значення різниці заданого і поточного значення, тобто  $\Delta x$ . На рис. 2.2 показано схему автоматизації у розгорнутому вигляді.

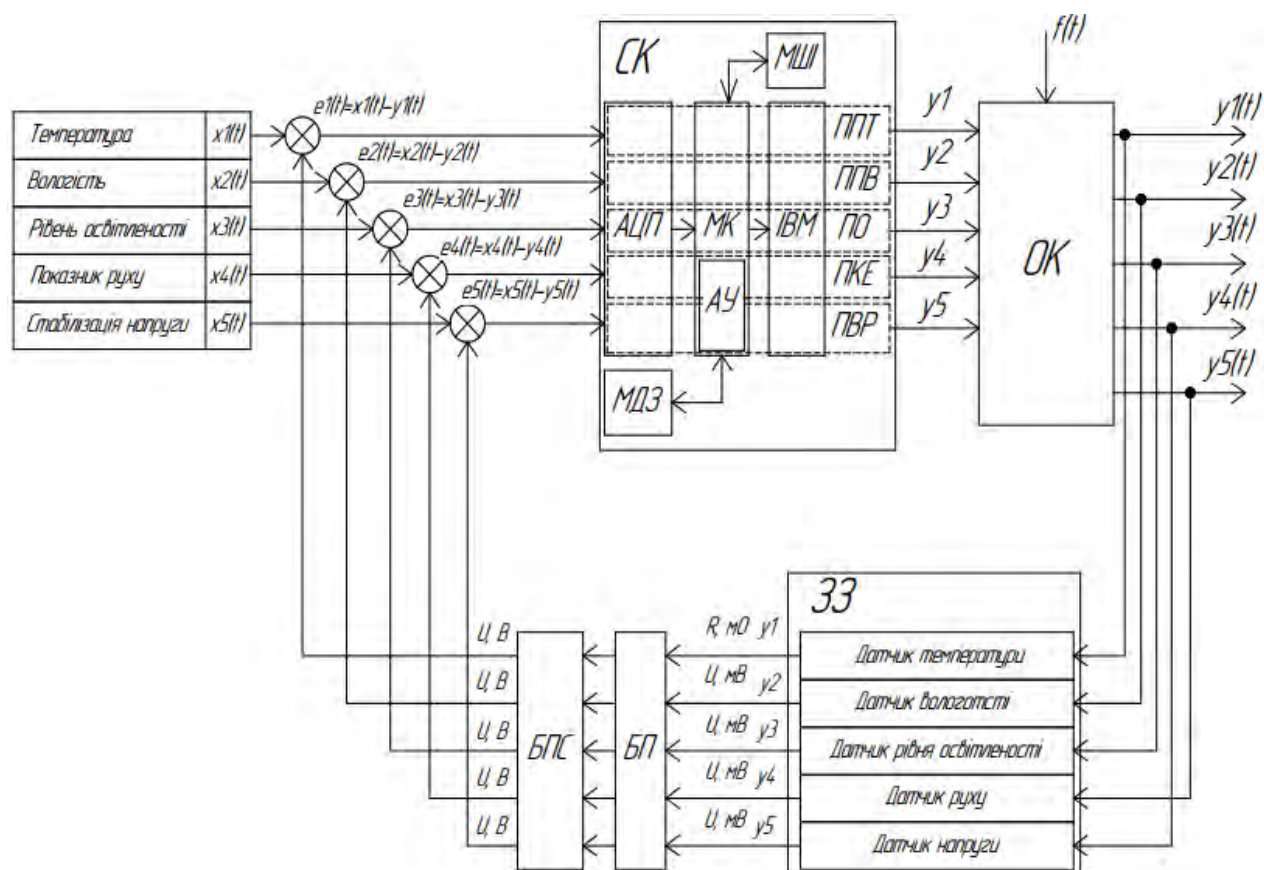


Рисунок 2.2. Структурна схема ІСКЕБ

Коли розглядається системи енергокерування будинку передбачається що вона буде містити перелік вимірювальних пристроїв, у даному випадку вони реалізують блок зворотного зв'язку та представляють значення вхідних параметрів та перелік виконавчих механізмів які безпосередньо чи опосередковано впливають на об'єкт керування.

СК містить базові складові елементи, такі як:

- АЦП - пристрій для перетворення аналогового сигналу з датчиків в цифровий, доступний для сприйняття МК (у більшості випадків він вже вбудований у сам МК);

- МК (мікрокомп'ютер, може бути мікроконтролер) - є основним елементом керування, містить у своєму складі базовий алгоритм управління (АУ) який визначає правила взаємодії між компонентами та методи роботи з ними;

- модуль штучного інтелекту (МШІ) призначений для виконання інтелектуального керування системою, містить алгоритми моніторингу та визначення необхідних дій, які треба виконати для оптимізації;

- інтерфейс виконавчих модулів (ІВМ) є окремим блоком, який об'єднує у загальному (наприклад на одній платі) засоби підключення виконавчих модулів, до яких може отримати доступ МК;

- модуль дистанційного зв'язку (МДЗ) передбачає наявність підсистеми яка включає у своєму складі модуль зв'язку з іншими складовими системи, наприклад використовуючи Wi-Fi. Таким чином забезпечується керування та передача даних вимірювання без великої кількості проводів і без втрати даних. Також такий модуль надає можливість підключити більше пристроїв до системи ніж раніше використовуючи звичайний провідний варіант.

Підсистема підтримки температури (ППТ) призначена для регулювання температури в приміщенні використовуючи можливості автоматичного керування системою опалення будинку, обігрівачами тощо.

Підсистема підтримки вологості (ППВ) має у складі засоби для підтримки визначеного оптимального значення вологості в діапазоні 50-60%, шляхом використання системи вентиляції, обігріву, зволожувачів повітря тощо.

Підсистема освітлення (ПО) призначена для загального керування освітленням і містить у своєму складі наприклад розумні лампи. Завдяки програмі можна здійснювати автоматичне керування яскравістю, увімкненням / вимкнення тощо.

Підсистема керування електроприладами (ПКЕ) призначена для автоматичного керування увімкненням / вимкненням побутових електроприладів та інших складових електронної техніки, що наявні у конкретному будинку.

Підсистема виявлення руху (ПВР) призначена для того, щоб визначати присутність людини у приміщенні. На основі цієї інформації здійснюється керування іншими підсистемами (ППТ, ППВ, ПО, ПКЕ).

У загальній сукупності усі ці підсистеми здатні виконувати процеси, що сприяють економії та контролю за витратами енергоресурсів.

Для забезпечення керування енергобезпекою варто мати здатність вимірювати деякі параметри, наприклад:

- у складі ІСКЕБ містяться системи опалення або обігріву, відповідно використання енергоресурсів цими системами варто оптимізувати, але враховуючи оптимальні температурні показники для кожного сезону. Маючи вхідне значення оптимального показника, вимірюване значення та відповідно різницю значень, здійснюється автоматизоване керування системою опалення на зниження чи підвищення температури не перенавантажуючи систему постійним однотипним режимом роботи;

- також у будинках знаходяться системи вентиляції, роботу яких можна оптимізувати ґрунтуючись на показниках температури, вологості та в залежності від концентрації забруднення повітря;

- одна з найбільш вагомих частин системи керування енергозабезпеченням є управління освітленням, зокрема можливість вмикати та вимикати освітлення і регулювати рівень яскравості. У таких системах варто використовувати світлодіодні лампи, які містять блок для віддаленого управління. Для реалізації цієї функції використовують датчики рівня освітленості та детектори руху. На основі вхідних даних щодо рівня освітленості, наприклад у різний час дня, та присутності, виконавчі елементи системи у вигляді виконують відповідне керування;

- однією із складових елементів системи керування енергобезпекою є контроль рівня напруги та струму. Контроль цих значень дозволяє реагувати на різкі зміни в електроустаткуванні або електромережі, та відповідно реагувати на це. Наприклад система при виявленні нетипових показників здатна вимикати

електроприлади у системі для того, щоб не виникало аварійної ситуації, пошкодження техніки або пожежі.

## 2.2. Протоколи взаємодії та зв'язку

Протоколом в інформаційних технологіях та техніці представляють сукупність правил, щодо порядку обміну даними між різними пристроями, програмами або компонентами системи. Наприклад протокол взаємодії між датчиками і мікроконтролером, або між пристроями що підключені до Wi-Fi, або наприклад протокол обміну даних в інтернеті. Тобто протоколи це набір стандартів, які визначають, яким чином мають взаємодіяти, передавати та отримувати дані системи та програми.

Протоколи використовуються для забезпечення уніфікованого обміну даними між різними частинами системи, які можуть бути фізично віддаленими між собою. Вони описують перелік правил щодо форматування даних, послідовності дій ініціалізації, управління передачею та завершенням обміну чи передачею. Протоколи можуть бути застосовані на різних рівнях системи чи мережі.

Протоколи, які використовуються в системі «Homergy Vox» включають наступні: I<sup>2</sup>C (протокол послідовного зв'язку), HTTP, WebSocet і TCP/IP. Протокол I<sup>2</sup>C реалізований між мікроконтролером та модулем Wi-Fi (NodeMCU), а також між МК та рідкокристалічним дисплеєм (LCD). Інтерфейс користувача використовує HTTP-запити для відправки інструкцій до бази даних на основі «хмари». База даних потім відправляє повідомлення про зміну подій до NodeMCU через вже встановлений WebSocket і HTTP. NodeMCU обробляє отримані дані і відправляє інструкцію на МК. Після отримання інструкції вмикається та вимикається виконавчий пристрій, наприклад реле [2].

Протокол взаємодії I<sup>2</sup>C - це протокол послідовного зв'язку, зазвичай реалізований в мікроконтролерах, EEPROM, аналого-цифрових перетворювачах та датчиках. I<sup>2</sup>C є протоколом з великою кількістю Master-



елементів та Slave-елементів, який використовує всього лише дві лінії: лінію даних, яку називають послідовними даними (SDA), і лінію послідовного лічильника (SCL). Для кожної сесії зв'язку відповідний Master генерує стартовий стан, ініціалізує SCL та вказує, який Slave-елемент може комунікувати на лінії SDA, спочатку виславши адресу Slave. Таким чином, у кожного Master або Slave повинна бути унікальна адреса. В кінці сесії зв'язку Master генерує стоп-стан. Передача даних між Master та Slave розділена на 8-бітні пакети [2].

У стандартному протоколі передачі гіпертексту (HTTP) клієнт відправляє запит серверу для отримання даних. Сервер відповідає клієнту, надсилаючи дані або будь-яке повідомлення, наприклад про помилку, та закриває з'єднання. Комунікація розпочинається лише тоді, коли клієнт вперше відкриває з'єднання та запитує дані від сервера [2].

WebSocket - це повнодуплексний протокол, який працює на з'єднанні TCP. З'єднання не закривається після того, як сервер відправляє відповідь клієнту. Це дозволяє серверу та клієнту комунікувати в будь-який момент до того, як будь-яка зі сторін закриє з'єднання [2].

Узагальнюючи розглядання протоколів можна сказати, що їх використання дозволяє ефективно та надійно організувати взаємозв'язок між різними складовими елементами системи, у даному випадку системи керування енергобезпекою, а також забезпечуючи передачу інструкцій та даних для оптимального управління та контролю.

### **2.3. Використання Zig-Bee у системі керування**

Zig-Bee представляє собою бездротовий протокол передачі даних розроблений для низькорівневих, низькопотужних мереж. Його використовують для створення мережі на базі IoT, особливо у галузі «розумних будинків» та автоматизації процесів, де пристрої повинні взаємодіяти один з одним з раціональним споживанням енергоресурсів.

Протокол Zig-Bee - це бездротова технологія, яка працює на трьох радіодіапазонах: 868 МГц, 2,4 ГГц та 915 МГц. Вона має ті ж технології передачі даних з швидкістю від 40 до 250 кбіт/с та дальністю від 1 до 100 метрів за стандартом IEEE 802.15.4, який був затверджений у грудні 2003 року, і альянс Zig-Bee випустив першу версію цієї технології у 2006 році. Щодо стандартів IEEE, цей протокол дуже схожий на стандарти Wi-Fi та Bluetooth [9].

Подібно до Z-Wave, Zig-Bee є мережевим протоколом. Ці пристрої можуть взаємодіяти між собою та діяти як ретранслятори. Після виробництва першого продукту на основі протоколу Zig-Bee, компанії приєдналися до цієї глобальної технології, і її розширення вивело на ринок стандарт Zig-Bee для «розумного будинку». Стандарт Zig-Bee та параметр Zig-Bee Smart Energy (SEP) були визначені Національним інститутом стандартів і технологій (NIST) як найбільш відповідні стандарти зв'язку для домашньої розумної мережі [9].

Пристрої Zig-Bee можуть мати всі можливості мережі Zig-Bee, які називаються пристроями з повною функціональністю (FFD). Також пристрої Zig-Bee можуть мати обмежені можливості програмного забезпечення, що називаються пристроями з обмеженою функціональністю (RFD). Згідно з літературою, FFD-пристрій може взаємодіяти з будь-якими пристроями в мережі. Таким чином, ці пристрої повинні бути постійно активними. На відміну від пристроїв FFD, пристрої RFD можуть підключатися лише до одного пристрою FFD. У більшості випадків вони призначені для виконання простих завдань, таких як увімкнення/вимкнення. Пристрої FFD та RFD в мережі можуть бути координаторами, PAN-координаторами або пристроями [9].

PAN-координатори та координатори входять в категорію пристроїв FFD; однак пристрій може входити в категорію як пристроїв FFD, так і RFD. Згідно з літературою, координатор є найпотужнішим компонентом пристрою FFD, який може надсилати та отримувати повідомлення. Крім того, PAN-координатор є центральним контролером у персональній локальній мережі. Стандарт Zig-Bee включає три пристрої протоколу: координатор, маршрутизатор і кінцевий пристрій [9].

Координатор Zig-Bee є PAN-координатором в мережі за стандартом IEEE 802.15.4. За допомогою маршрутизатора можна додавати до мережі більше пристроїв. Маршрутизатор також може діяти як кінцевий пристрій мережі Zig-Bee. Кінцеві пристрої не є маршрутизаторами і координаторами, вони фізично підключені до датчика або виконують функцію управління, що споживає менше енергії та може бути, як FFD або RFD, залежно від застосування. На рис. 2.3 показані шари, пов'язані з архітектурою цього протоколу [9].

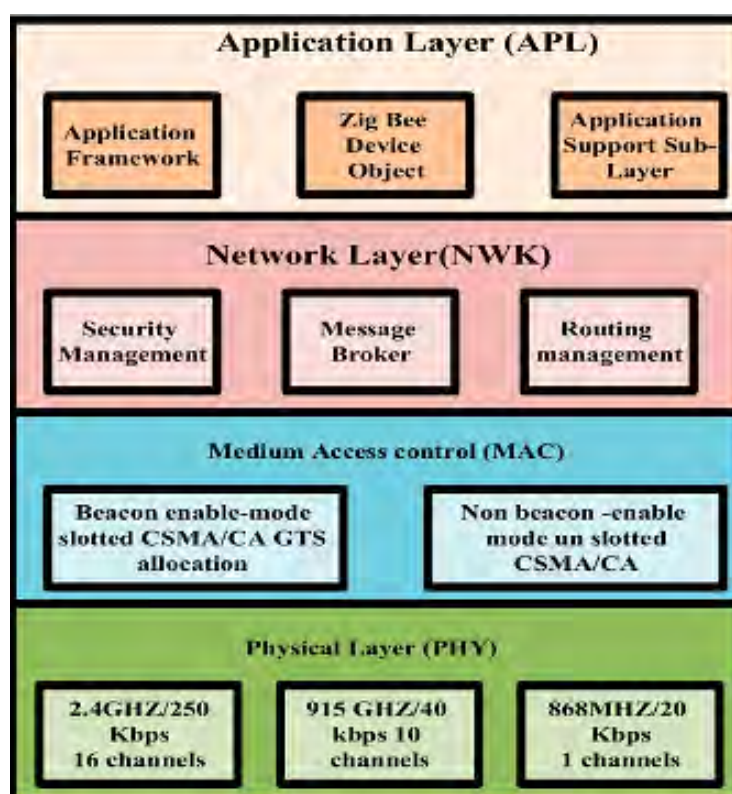


Рисунок 2.3. Архітектура Zig-Bee протоколу [9]

Використання пристроїв які працюють за протоколом Zig-Bee розроблені для побудови систем з низьким енергоспоживанням, тому ця технологія є актуальною для побудови систем «розумного будинку», зокрема для систем керування енергобезпекою будинку.

Однією з переваг Zig-Bee є передача даних бездротовим шляхом. Це дозволяє будувати мережу з великою кількістю різних за призначенням пристроїв, які зможуть охоплювати весь будинок та організувати оптимальний контроль енергобезпекою.

## 2.4. Висновки до розділу

Розділ було присвячено розгляду засобів та методів реалізації інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку. Побудовано структурну схему керування, описано основні складові та їх взаємозв'язки. Особливу увагу приділено забезпеченню зворотного зв'язку у вигляді вимірювальних пристроїв - датчиків. У даному випадку описано використання датчика температури, вологості, рівня освітленості, присутності та показника напруги та струму. У загальній сукупності вони дозволять вимірювати відповідні показники та здійснювати на їх основі дії щодо керування.

Описано популярні протоколи взаємодії та зв'язку, які використовуються для комунікації між елементами системи, забезпечення бездротового з'єднання та роботи з інтернет з'єднанням та «хмарою».

Окрему увагу приділено використанню Zig-Bee у якості бездротового модуля комунікації між системою, виконавчими елементами та вимірювальними пристроями. Zig-Bee є дуже надійним засобом для побудови каналів зв'язку і виправданим методом для систем «розумного будинку» та ІСКЕБ із забезпеченням раціонального підходу до енергоспоживання.

### 3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЕЗПЕКОЮ БУДИНКУ. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ

#### 3.1. Опис функціональної схеми системи

У цій частині роботи буде розроблено та описано [11] функціональну схему ІСКЕБ (див. рис. 3.1). Схема продемонстрована на прикладі стандартного варіанту планування кімнат, але варто зазначити, що схема буде відрізнятися у залежності від планування кімнат та їх кількості.

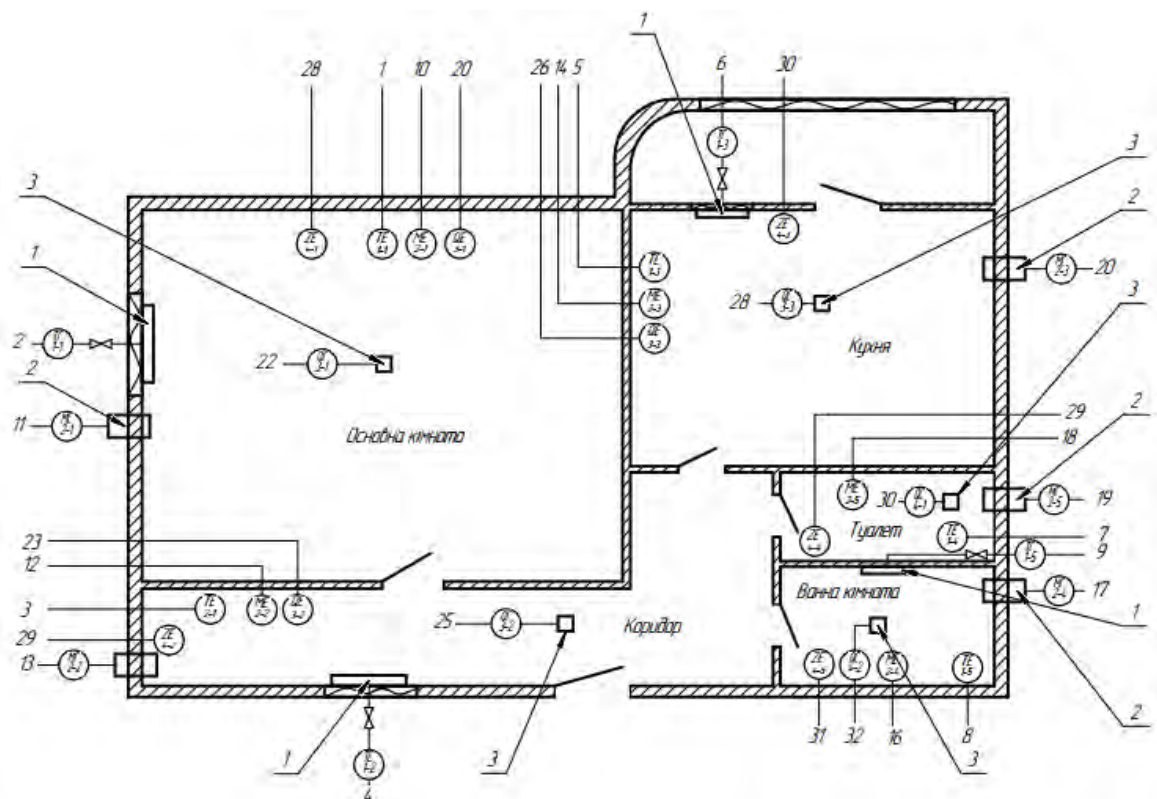


Рисунок 3.1. Схема розташування елементів системи в будинку

Будинок має такі кімнати, у яких розміщені вимірювальні прилади та виконавчі механізми, а саме: одну велику кімнату, коридор, кухню, туалет та ванну кімнату.

У коридорі розміщені системи для вимірювання параметрів температури TE, вологості ME, рівня освітленості QE та датчик руху ZE. Виміряні параметри дистанційно надсилаються контролер (див. рис. 3.2.)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Температура		TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
Вологість		ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	ME	
Освітленість		QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE	QE		
Рух		ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE		
Raspberrry Pi 3 Model B	Вимірювання	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
	Регулювання	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Керування																																	
	Сенсор	Температура																																
	-акція	Вентилятор																																
	Зовнішнє вимірювання																																	
	Регистр	Вологість	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	-акція	Вентилятор	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Мікро	Датчик руху																																
	-акція	Вентилятор																																
Ручне вимірювання	Датчик руху	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Акція	Вентилятор	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

Рисунок 3.2. Таблиця контролера системи

Контролер у свою чергу обробляє отримані результати та основі отриманої інформації приймає відповідне рішення, наприклад зниження чи підвищення рівня температури. Для того, щоб регулювати значення температури існує регулювальний елемент ТС. У даному випадку регулювання виконується з використанням батареї.

Для виконання дій у дистанційному та ручному керуванні використовується елемент TIR.

Для регулювання вологості використовується поєднання систем опалення та вентиляція для підтримки діапазону 50-60% вологості. Наявний виконавчий елемент MC, який після вимірювання датчиком ME виконує дії щодо регулювання.

Використання елементів QE та ZE призначені для вимірювання параметрів рівня освітлення та руху в кімнаті і на основі цих даних керувати освітленням в кімнаті через елемент QS. Передбачається що наявність цих двох елементів дозволить реалізувати повноцінне керування рівнем освітлення у залежності від поточного значення світла, наприклад вдень від природного освітлення. А також завдяки ZE вона буде мати можливість вимикати світло коли в кімнаті нікого немає.

За таким принципом роботи працюють усі інші складові системи, що наявні у інших кімнатах, але варто виділити що у ванній кімнаті та туалеті відсутні деякі вимірювальні прилади.

Так як у цих кімнатах немає необхідності регулярного контролю рівня освітлення у них відсутній датчик QE і наявний лише ZE. Таким чином світло буде тільки вмикатися та вимикатися за умови руху у цих кімнатах. Такий підхід необхідний так, як це дозволить зменшити складність системи, мінімізує фінансові витрати та позбавить систему зайвих алгоритмів та функцій.

## **3.2. Огляд технічних засобів системи**

### **3.2.1. Призначення та огляд поширених для застосування центральним ядром системи керування**

Вибір ядра будь-якої автоматизованої системи керування є основоположним та дуже важливим, так як в результаті цього вибору визначаються базові можливості та функціональність. Вибір ядра для великих інтелектуальних систем, зокрема для систем керування енергобезпекою будинку, вимагає ретельного підбору та дотримання переліку базових вимог.

До базових вимог ядра інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку можна віднести:

1) можливість інтеграції та сумісності з різними технологіями - сучасні системи повинні забезпечувати сумісність з переліком технічних та програмних засобів для забезпечення базової функціональності. До переліку цих засобів відносяться різні датчики та виконавчі механізми, системи введення та відображення інформації, засоби обробки та зберігання даних, підтримка сучасних стандартів та систем зв'язку наприклад підтримка технології Wi-Fi чи ZigBee тощо;

2) здатність до масштабування - сучасні системи проектуються таким чином щоб бути гнучкими, тому ядро системи повинно бути достатньо

функціональним, щоб забезпечити підтримку роботи необхідних пристроїв які додані відразу, а також тих які можуть бути додані пізніше у якості розширення функціональності;

3) надійність та стабільність роботи - обране ядро системи повинно забезпечити стабільну та надійну роботу із зазначеним переліком приєднаних пристроїв без виникнення помилок, тобто бути стійким до збоїв;

4) забезпечення ефективності - обране центральне ядро має забезпечити оптимізовану роботу з мінімальними витратами електроенергії з можливостями вибору та налаштування режимів енергоспоживання;

5) підтримка сучасних інтерфейсів - обраний засіб повинен мати підтримку базових сучасних інтерфейсів, які забезпечать можливості побудови оптимальної архітектури системи та зручність обробки даних з датчиків.

Для такого роду систем використовують великий перелік мікроконтролерів та мікрокомп'ютерів, які мають різну конфігурацію, функціональність та відповідно вартість, що іноді є дуже важливим показником. До них відносяться плати розробки Arduino на базі 8-ми бітних, а зараз і 32-х бітних мікроконтролерів, плати STM32 які побудовані в більшості на базі 32-х бітних ARM ядрах що є провідною технологією у цій сфері, мікрокомп'ютери Raspberry Pi та інші аналогічні системи які виконують функцію центрального ядра.

Досить потужним і функціональним засобом є мікрокомп'ютер Raspberry Pi, який на даний момент налічує велику кількість моделей різної конфігурації.



На рис. 3.3. зображено один із популярних варіантів цього мінікомп'ютера зі стандартною конфігурацією.



Рисунок 3.3. Зображення Raspberry Pi 3 [5, 7]

Raspberry Pi - це недорогий комп'ютер розміром з кредитну картку, який підключається до комп'ютерного монітора або телевізора і використовує стандартні клавіатуру та мишу. Найголовніше, що це апаратне забезпечення постачається з відкритим вихідним кодом. Програмується мовами на кшталт python і scratch на платформі Linux. Raspberry Pi 2 model B має чотирьохядерний процесор частотою 900 МГц, ядром ARM cortex-A7. Адаптер Ethernet підключається до додаткового USB-порту. У моделях A і A+ USB-порт підключається безпосередньо до Silicon on Chip (SoC) [5].

Raspberry Pi 3 - третє покоління цього мінікомп'ютера. Він замінив Raspberry Pi 2 model B у лютому 2016 року. У порівнянні з Raspberry Pi 2 він має наступні особливості [5, 7]:

- має 64-х бітний чотирьох ядерний процесор ARMv8 з тактовою частотою 1,2 ГГц;
- 802.11n бездротову локальну мережу (LAN);
- Bluetooth 4.1;
- Bluetooth з низьким енергоспоживанням (BLE).

Для реалізації інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку ядра з такою конфігурацією буде достатньо. Використання Raspberry Pi дозволить забезпечити надійну та безперебійну роботу за рахунок відносно

потужного процесора, надає можливість підключати велику кількість зовнішніх датчиків та виконавчих механізмів. До нього можна підключати зовнішні периферійні пристрої, а саме засоби виведення та введення інформації. Також він містить вбудовані засоби такі як Wi-Fi та Bluetooth.

Сфера використання Raspberry Pi широка, а тому вона має велику кількість реалізованих проектів у вільному доступі, що надає змогу вивчати досвід інших розробників та швидко знаходити рішення проблем які можуть виникати у процесі розробки системи керування.

Також для програмування системи використовується мова Python. Використання цієї мови обумовлено тим, що для операційних систем (ОС) Linux вона використовується як базова, а Raspberry Pi використовує саму цю операційну систему, що надає їй усі переваги цієї мови програмування.

Python - широко використовувана мова програмування високого рівня для програмування загального призначення, створена Guido Van Rossum і вперше випущена у 1991 році. Інтерпретована мова, Python має філософію дизайну, яка наголошує на читабельності коду (зокрема, використання пробільних відступів для розмежування блоків коду, а не фігурних дужок або ключових слів), а також синтаксис, який дозволяє програмістам виражати концепції в меншій кількості рядків коду, ніж можливо на таких мовах, як C++ або Java. Мова надає конструкції, призначені для того, щоб письмо було зрозумілим для програм як малого, так і великого масштабу [5].

Перевагами Python є не тільки її популярність, велика кількість якісної документації та виконаних проектів, а також те що вона надає функціональні можливості для реалізації задач на базі машинного навчання та штучного інтелекту, що є дуже корисним для реалізації інтелектуальних систем контролю будь-якого призначення.

Було розроблено певну кількість бібліотек, які вільно поширюються і доповнюються іншими розробниками, які допомагають реалізувати задачі на базі ШІ, наприклад OpenCV. Використовуючи ці бібліотеки можна реалізувати майже будь-яку прикладу задачу з застосуванням методів машинного навчання,

починаючи від розпізнавання образів на зображенні до системи прийняття рішень.

### **3.2.2. Використання релейних модулів, як виконавчого елемента контролю електрозабезпеченням**

Одними із основних пристроїв які використовуються у будь-якій автоматизованій, та не тільки, системі керування енергобезпекою та в системах розумного будинку це реле. Використання реле для реалізації системи керування обумовлюється наступними аспектами:

1) реалізація управління навантаженням - реле використовуються для управління електричним навантаженням в будинку, тобто освітленням, кондиціонуванням, електроприладами загального користування, опаленням та іншими. Використовуючи реле може вмикати та вимикати прилади, реалізовувати розклади відключень та включень, вимикати та вмикати пристрої через додаток тощо;

2) реалізація захисту від перенавантаження - реле можуть служити для захисту від перенавантажень та коротких замикань, тим самим забезпечують що навантаження не буде перевищувати допустиму межу і не створюватиме ризик виникнення аварійних ситуацій;

3) забезпечення енергоефективності - використовуючи реле можна вдосконалити систему енергоефективності у будинку, наприклад вимикаючи навантаження у випадку коли воно довго не використовується. Наприклад система може самостійно вимикати та вмикати систему опалення забезпечуючи відповідний температурний режим оптимізувавши використання електроенергії, або вимикати освітлення при відсутності людей в кімнаті.

Реле - це перемикачі, які відкривають і закривають електричні кола електромеханічно або електрично. Реле керують одним електричним ланцюгом, відкриваючи та закриваючи контакти в іншому ланцюзі. Коли контакт реле є нормально замкнутий, це означає, що контакт закритий, коли реле не

активоване. Це електромагнітний перемикач, який працює за допомогою відносно невеликого електричного струму і може включати або вимикати значно більший електричний струм. Основу реле становить електромагніт (котушка проводу, яка стає тимчасовим магнітом під впливом електричного струму) [5].

Твердотільні реле керують потужнішими ланцюгами без рухомих деталей, замість цього використовуючи напівпровідниковий пристрій для перемикання. Реле з налаштованими робочими характеристиками і іноді з декількома робочими котушками використовуються для захисту електричних ланцюгів від перевантажень або несправностей; в сучасних електроенергетичних системах ці функції виконують цифрові прилади, які все ще називаються «захисними реле» [5].

На рис. 3.4. зображено один із поширених модулів реле, у даному випадку він має подвійну конфігурацію, хоча вони можуть мати більшу кількість реле у реалізації одного модуля, що обумовлено економією грошей та розмірами системи.



Рисунок 3.4. Зображення подвійного модуля реле [5]

Цей модуль реле здатен керувати різними пристроями та іншим обладнаннями, що керується великим струмом. Ними можна керувати безпосередньо логічними сигналами з мікроконтролера (ARM, 8051, PIC) з напругою 3,3 В або 5 В [5].

Модуль представляє собою 2 реле на одній платі (напруга обмотки: 5В , 1 перемикач 250В 10А), керується сигналом TTL-рівня. Керування має оптопрзв'язку з обмоткою реле.

У загальному випадку використання реле у системах, зокрема інтелектуальних, керування енергобезпекою будинку надають змогу ефективно керувати енергоспоживанням, забезпечуючи оптимальну енергоефективність, систему енергобезпеки та комфорт користувачів.

### **3.2.3. Датчики, що забезпечують керування системою енергобезпеки та енергоефективності**

Для реалізації системи автоматизованого та інтелектуального керування енергобезпекою та енергоефективністю в будинку застосовується різна кількість спеціальних датчиків для вимірювання певних інформативних параметрів на основі яких відбувається керування, регулювання та відповідно оптимізація процесів у будинку. Інформативним параметром вважається будь-який параметр який несе у собі корисну для користувача інформацію та може бути застосований для вирішення практичних задач у сфері автоматизації.

Загальною метою використання датчиків у таких системах - зробити процес споживання енергії раціональним та ефективним, поєднуючи цей процес з підвищенням комфорту та безпеки мешканців, що як наслідок покращує якість життя та наближає реалізацію цілей сталого розвитку.

У таких системах використовуються датчики освітленості, температури та вологості, детектори руху, лічильники енергетичних ресурсів, датчики вимірювання рівня забруднення повітря тощо. Поєднання цих датчиків у загальну систему дозволяє побудувати автоматизовану, або інтелектуальну, систему контролю та керування енергетичними ресурсами, так як на основі показників вимірювання можна визначати проблемні місця де виникають понаднормові витрати та усувати їх, оптимізувати використання

електроенергії шляхом керування електроприладами та рівнем освітлення тощо.

Для реалізації керування освітленням окрім прямого відключення через реле можна керувати інтенсивністю світла, наприклад використовуючи ШІМ та датчик рівня освітленості, один із яких зображений на рис. 3.5.

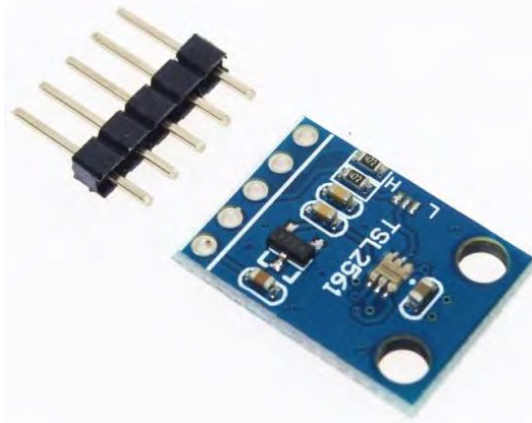


Рисунок 3.5. Цифровий датчик рівня освітленості TSL2561 [12]

Датчик TSL2561 має такі параметри [12]:

- точне вимірювання освітленості в різних умовах освітлення;
- діапазон температур: від -30 до 80 °C;
- динамічний діапазон (люкс): від 0,1 до 40000 люкс;
- діапазон напруги: 2,7 - 3,6 В;
- інтерфейс: I2C.

Використання ШІМ дозволяє регулювати рівень освітленості за допомогою керування шириною імпульсів, та у поєднанні з датчиками рівня освітленості дозволить оптимізувати використання електроенергії. Такі системи можуть використовуватися як у приміщенні так і ззовні.

Також для оптимізації використання ресурсів використовуються детектори руху, на рис. 3.6 зображено один із самих популярних детекторів.

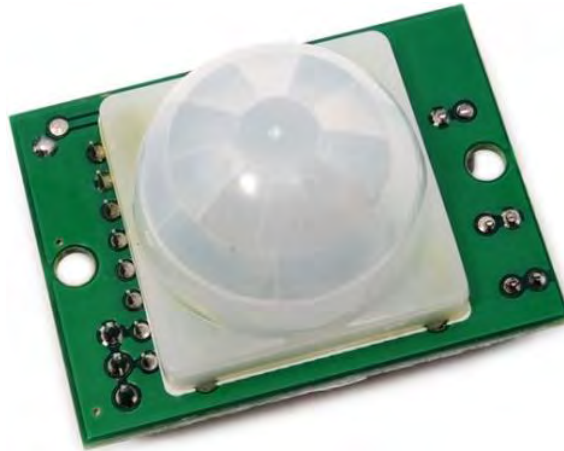


Рисунок 3.6. Детектор руху PIR HC-SR501 [13]

Детектор руху PIR HC-SR501 володіє наступними характеристиками [13]:

- широкий діапазон вхідної напруги від 4,В до 12В, згідно з рекомендаціями вона становить 5В;

- вихідна напруга висока/низька (3,3 В TTL);

- здатна розрізняти рух об'єктів і рух людини;

- має наступні режими роботи - повторюваний і неповторюваний;

- відстань покриття близько 120° і 7 метрів;

- низьке енергоспоживання 65 мА;

- робоча температура становить від -20° до +80° 0С

Детектори руху призначені для того, щоб на основі інформацію про присутність людини у приміщенні виконувати певні процеси, наприклад керувати освітленням, температурним режимом тощо.

Розглянемо датчик температури та вологості DHT21 (див. рис. 3.7).



Рисунок 3.7. Датчик температури та вологості DHT21 [14]

Датчики температури та вологості є важливими складовими систем домашньої автоматизації, тому їх використання в більшості випадків обов'язкове.

Технічні характеристики DHT21 [14]:

- живлення: 3,3-5 В постійного струму;
- вихідний сигнал: цифровий сигнал через одну шину;
- чутливий елемент: полімерний конденсатор;
- діапазон вимірювання вологості та температури: 0-100% відносної вологості; температура -40 - 80 градусів  $^{\circ}\text{C}$ ;
- точність: вологість  $\pm 3\%$  відносної вологості (макс.  $\pm 5\%$  відносної вологості); температура  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- роздільна здатність або чутливість: вологість 0,1% відносної вологості; температура 0,1 градуса  $^{\circ}\text{C}$ ;
- період вимірювання: середній 2с.



### **3.3. Можливості та переваги застосування штучних нейронних мереж в системах інтелектуального контролю**

Використання штучних нейронних мереж для вирішення прикладних задач, зокрема в сфері автоматизації, стало вже звичною справою. Нейронні мережі використовуються у процесах розпізнавання об'єктів, генерації тексту та зображень, різного роду аналізу даних та у сфері управління прийняттям рішень.

Сучасні інтелектуальні системи розумного будинку, зокрема систем керування енергобезпекою, можуть мати у своєму складі елементи штучного інтелекту. Варто зазначити, що використання таких мереж обмежується технічними та функціональними можливостями ядра системи.

Використовуючи одноплатний мінікомп'ютер Raspberry Pi можна інтегрувати технологію штучного інтелекту, так як вона підтримує мову Python та відповідні бібліотеки для роботи в цій сфері.

Також варто зазначити, що вибір оптимальної моделі ШІ дуже важливе. На етапі проектування варто врахувати усі аспекти які повинна виконувати мережа і організувати алгоритм навчання таким чином, щоб в результаті вона могла з наближенням до ста відсотків ймовірності обирати правильну дію. Важливим аспектом є підготовка бази для навчання мережі, яка буде враховувати якнайбільше різних ситуацій.

Однією з найпоширеніших задач, яку розв'язують системи «розумного» будинку, є автоматизація змін налаштувань побутових приладів відповідно до внутрішньої логіки функціонування системи та забезпечення комфортних умов проживання мешканців будинку. Сформульовано задачу розроблення системи «розумного» будинку, з використанням алгоритмів на основі штучних нейронних мереж, для керування побутовими приладами та налаштування системи безпеки будинку [8, 10].

Для проведення процесу навчання різних типів нейронних мереж використовували ідентичну навчальну вибірку. Такий підхід унеможливило

вплив на результати роботи алгоритму ШНМ специфіки даних, що використовувались у процесі тренування. Навчальна вибірка містить інформацію про налаштування термостатів, стани освітлювальних приладів, налаштування системи безпеки, інформацію про присутність мешканців будинку в кожному приміщенні окремо та часові мітки моменту збереження даних налаштувань. Приклад формату даних у навчальній вибірці зображено у таблиці 1 [8].

Таблиця 3.1. Фрагмент даних навчальної вибірки [8]

Часова мітка	Рух у кімн. 1	Рух у кімн. 2	Світло кімн. 1	Світло кімн. 2	Темп. кімн. 1	Темп. кімн. 2	Режим охорони
15675 19042	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	21	18	FALSE
15675 23065	TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	20	18	FALSE
15675 35088	FALSE	TRUE	TRUE	FALSE	20	20	FALSE

Ефективність роботи ШНМ безпосередньо залежить від її типу, внутрішньої структури та специфіки розв'язуваної задачі [8].

Система штучної нейронної мережі може вирішувати численні задачі у системах контролю енергобезпекою будинку для оптимізації споживання енергії. До переліку задач можна віднести наступні:

1) управління освітленням - система може виконувати задачі з контрою освітлення у будинку включаючи вмикання/вимикання світла, регулювання інтенсивності в залежності від умов чи потреб та інших факторів;

2) управління режимами роботи - на основі даних які використовувалися для навчання ШНМ система здатна аналізувати ситуацію та приймати рішення щодо вибору оптимального режиму роботи системи загалом;

3) оптимізація системи опалення та кондиціонування - мережа здатна аналізувати дані про температуру, вологість та інші фактори, і на основі знань про температурні режими обирати оптимальний режим роботи обладнання;

4) ШНМ може бути здатною до аналізу дій користувачів, їх вподобань, розпорядку дня, визначати періоди активності та її спаду і оптимізувати режими роботи системи враховуючи ці параметри і тим самим зменшувати використання енергоресурсів;

5) моніторинг та аналітика - на основі даних вимірювань виконується аналіз щодо споживання енергії, витрат води, газу, електроенергії (залежить від конфігурації системи), надаючи звіт та рекомендації щодо покращення споживання та мінімізації витрат.

Штучна нейронна мережа розробленої системи може мати наступний вигляд (див. рис. 3.8)

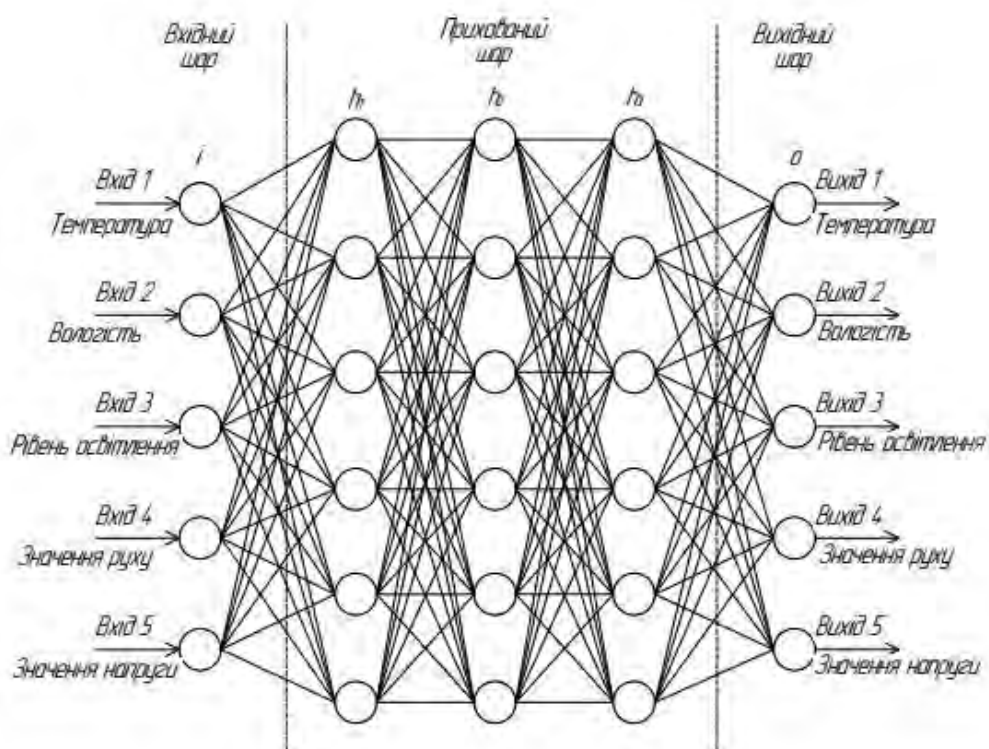


Рисунок 3.8. Структура ШНМ ІСКЕБ

Такого роду системи в контексті систем керування енергобезпекою будинку має великий потенціал для оптимізації споживання енергії та підвищення комфорту та безпеки.

### **3.4. Технології зв'язку та комунікацій які використовуються у системах інтелектуального керування енергобезпекою**

Вибір технологій, системи зв'язку та комунікації є важливою складовою для реалізації інтелектуальної системи керування. Використовуючи ці системи реалізовується можливість обміну даних, отримання та відправка команд, надсилання звітів. Варто зазначити що весь потенціал технологій комунікацій розкривається при використанні спеціального API, тобто програми чи веб-сервісу.

Переглянемо перелік основних аспектів які розглядаються при проектування системи зв'язку:

1) використання бездротових технологій, наприклад Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth, дозволяє приєднувати різні пристрої які знаходяться по усьому будинку, наприклад розумні лампи, розетки тощо, і реалізує керування їх режимами роботи дистанційно. Також використання бездротових технологій надає переваги користувачу, так як реалізує можливість керувати процесами безпосередньо і переглядати поточний стан системи;

2) протоколи та стандарти зв'язку - важливо обирати стандарти які дозволять реалізувати усі необхідні функції та забезпечать стабільну, надійну та безпечну передачу даних;

3) розробка мобільного додатку є дуже важливим аспектом, так як розкриває весь потенціал можливостей інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку. Також існує можливість використовувати вже існуючі додатки але їх функціонал може бути недостатнім або не підходящим;

4) використання хмарних технологій - дуже важливий аспект, так як будь-яка інтелектуальна або автоматизована система керування будинком та енергобезпекою передбачає можливість та необхідність зберігати і обмінюватися даними, а також формувати звіти. Також використання хмарних технологій робить можливим використання віддаленого доступу.

Засоби комунікації дозволяють інтелектуальній системі керування енергобезпекою будинку реалізовувати оптимальну архітектуру, використовуючи різні складові та модулі з бездротовим зв'язком. Також забезпечує можливість віддаленого керування та автоматизованого обліку даних і формування звітів та статистики з хмарним збереженням. Ці системи відіграють ключову роль у забезпеченні високої продуктивності та функціональності.

### **3.5. Висновки до розділу**

У даному розділі було побудовано та описано функціональну схему системи інтелектуального керування енергобезпекою у будинку. Розглянуто основні складові та функціональні особливості системи, зокрема використані датчики та виконавчі механізми.

Розроблено варіант плану будинку, на якій відображено розташування кожного датчика та виконавчого механізму.

У загальній сукупності дана система здатна здійснювати адаптивне керування енергобезпекою та процесами у будинку.

Було розглянуто датчики, які можуть бути використані у системі керування, наведено їх технічні характеристики. Окремо описано переваги застосування алгоритмів штучного інтелекту для інтелектуальних автоматизованих систем керування.

Також описано актуальні технології зв'язку та комунікацій які використовуються у системах інтелектуального керування енергобезпекою.

## 4. ПОБУДОВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ІСКЕБ

### 4.1. Опис модулів системи

#### 4.1.1. Модуль вимірювання температури та вологості

Модуль вимірювання температури та вологості представляє окремий блок, який у загальній сукупності виконує процес вимірювання, початкової обробки даних та їх надсилання через Wi-Fi зв'язок (див. рис. 4.1)

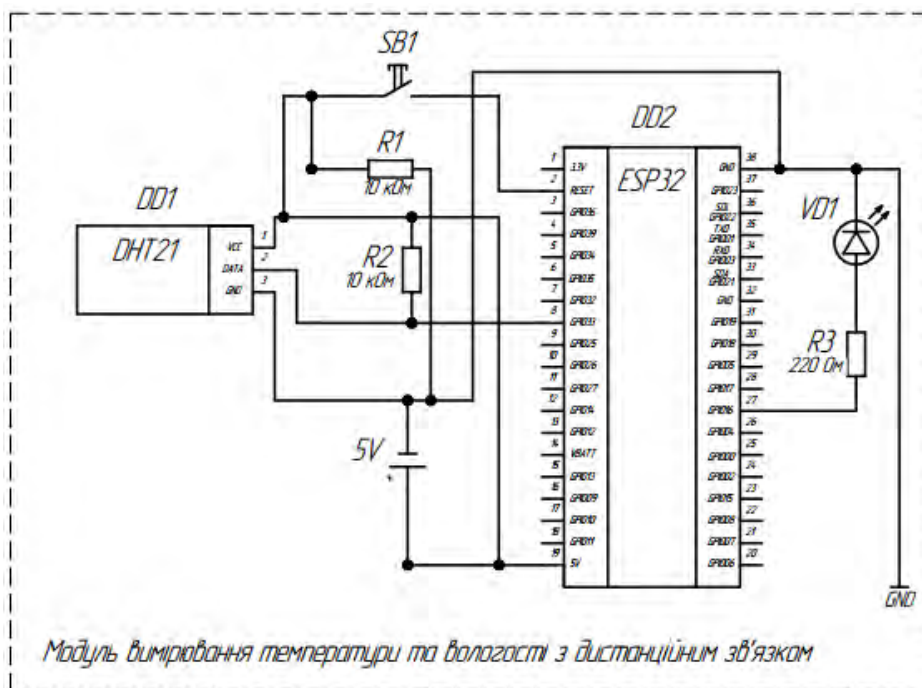


Рисунок 4.1. Електрична принципова схема модуля вимірювання температури та вологості

У якості обчислювальної системи обрано плату розробки ESP32, яка має у своєму складі вбудований модуль Wi-Fi. Такий підхід забезпечить економію грошей та забезпечить менші габаритні розміри модуля та складність системи.

Плата ESP32 працює за алгоритмом, який виконує зчитування даних з підключеного датчика температури та вологості DHT21. Використання даного датчика обумовлено тим, що він забезпечує можливість вимірювати одночасно

два параметри, має хорошу точність, простий у використанні та має малі габаритні розміри.

Для можливості перезавантаження модуля існує кнопка SB1, яка при натисканні перезапускає ESP32, та починає процес роботи з початку. Для індикації статусу роботи чи можливих аварійних ситуацій вбудовано світлодіод VD1.

Модуль є автономний та живиться від акумулятора, а використання можливості роботи з врахуванням енергозбереження дозволить забезпечити тривалий час автономної роботи.

За умови якщо ESP32 працює на максимальній частоті, а відповідно 240 МГц, загальну орієнтовну потужність даного модуля можна розрахувати за формулою:

$$P = P_{ESP32} + P_{DHT21} + P_{BUTTON} + P_{LED} \quad (4.1)$$

Відповідно, орієнтуючись на відомі значення складових щодо потужності, будемо мати:

$$P = 260 + 1 + 0,5 + 20 = 281,5(\text{мВт})$$

Тобто максимальна потужність такого модуля може становити 281,5 мВт якщо він буде працювати на повну потужність.

#### 4.1.2. Модуль вимірювання рівня освітленості

Модуль вимірювання рівня освітленості також представляє собою конструктивно поєднаний модуль (див. рис. 4.2)

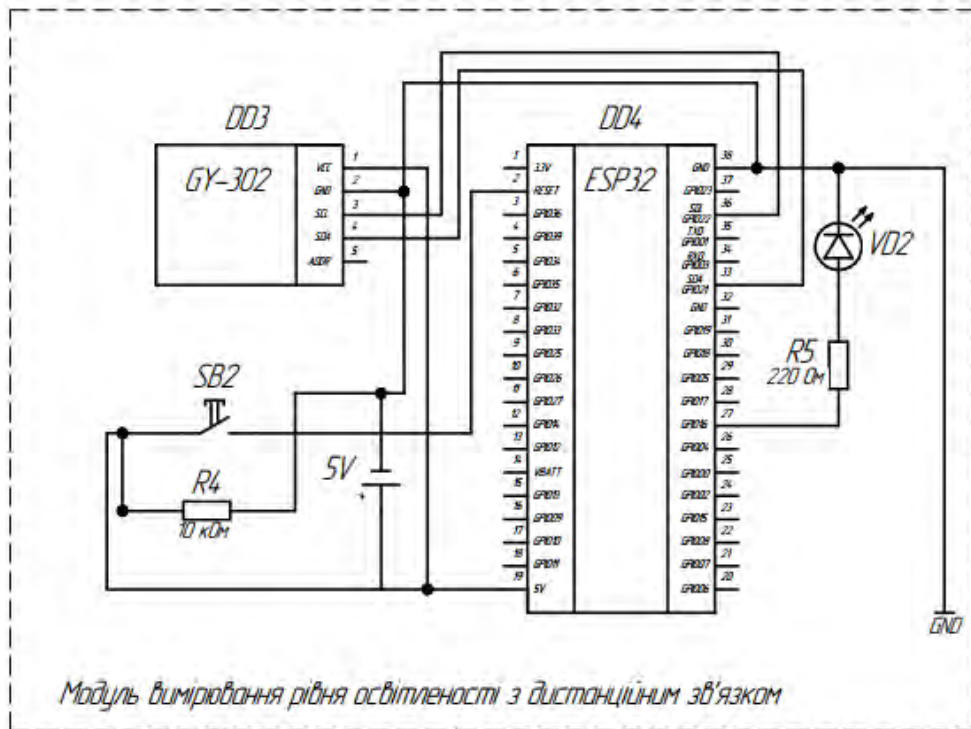


Рисунок 4.2. Електрична принципова схема модуля вимірювання рівня освітленості

Цей модуль, як і попередній використовує у якості обчислювальної системи плату ESP32, а у якості датчик використано GY-302.

Датчик GY-302 дозволяє забезпечити хорошу точність вимірювання рівня світла, та працює за протоколом I<sup>2</sup>C. Цей протокол передбачає можливість підключення великої кількості елементів, керування якими виконується за методом адресації. Тобто кожен підключений датчик чи виконавчий елемент має свою унікальну адресу, і відповідно за цієї адресою виконується обмін даними.

Модуль також має у своєму складі кнопку скидання SB2, для перезавантаження ESP32, та індикацію у вигляді світлодіода VD2.



Даний модуль дозволяє забезпечити автономну роботу від внутрішнього джерела живлення тривалий час.

У даному випадку розрахувати загальну потужність можна використовуючи вираз:

$$P = P_{ESP32} + P_{GY302} + P_{BUTTON} + P_{LED} \quad (4.2)$$

Відповідно, орієнтуючись на відомі значення потужності, будемо мати наступне загальне значення:

$$P = 260 + 0,5 + 0,5 + 20 = 281 \text{ мВт}$$

Згідно підсумовування потужності усіх складових максимальна потужність модуля може становити 281 мВт якщо він також буде працювати на повну потужність.

#### 4.1.3. Модуль визначення руху з дистанційним зв'язком

Модуль визначення руху, аналогічно як попередні, представляє собою конструктивно поєднаний модуль з платою ESP32 (див. рис. 4.3)

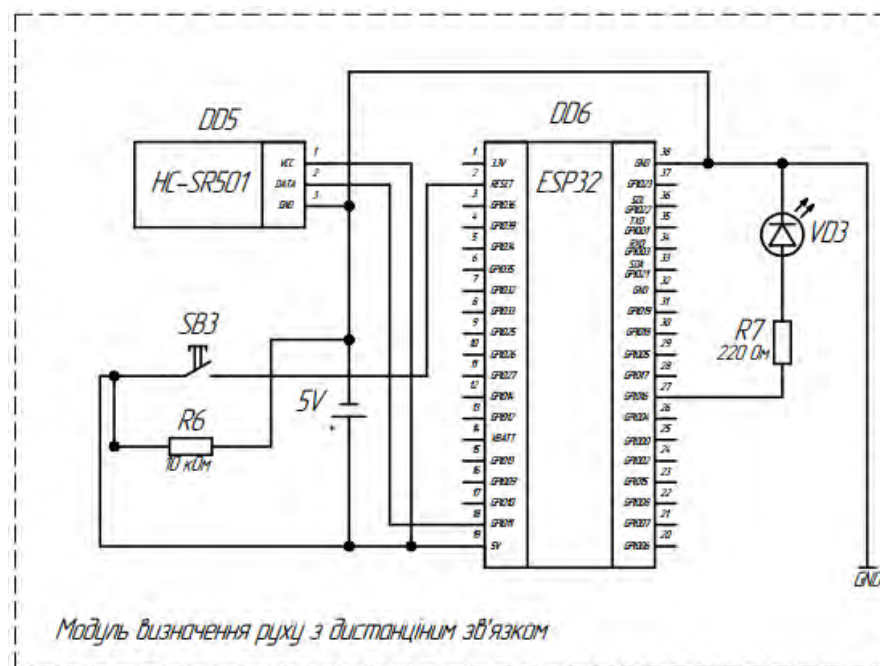


Рисунок 4.3. Електрична принципова схема модуля визначення руху

Цей модуль містить у своєму складі плату з вбудованим Wi-Fi модулем - ESP32, а у якості датчика використовується HC-SR501, який отримав значну популярність у даній сфері.

Використання датчика HC-SR501 дозволяє забезпечити процес визначення присутності в кімнаті. Датчик безпосередньо підключається до доступного контакту GPIO на ESP32, що дозволяє забезпечити процес керування та зчитування даних.

Модуль також, як і попередній, містить у своєму складі кнопку SB3 для перезавантаження плати ESP32, у випадку якщо виникне така необхідність, та індикацію у вигляді світлодіода VD3, який відображає статус роботи модуля.

Модуль також є повністю автономний, та з використанням режиму енергозбереження дозволить забезпечити тривалий час роботи.

Використання окремих модулів обумовлено тим, що система представляє собою велику кількість елементів, які забезпечують процес вимірювання. Розташування цих модулів може бути різним, а використання провідників є недоречним, ненадійним, неточним та дорогим методом передачі даних.

Тому кожен модуль оснащений Wi-Fi модулем та мікроконтролером, який здатний зчитати та обробити дані конкретного параметра, та передати ці дані на центральний елемент - Raspberry Pi, який у свою чергу аналізує інформацію та надає вказівки на подальший процес керування.

Загальну споживчу потужність такого модуля можна розрахувати за формулою нижче:

$$P = P_{ESP32} + P_{HCSR501} + P_{BUTTON} + P_{LED} \quad (4.3)$$

Маючи інформацію щодо потужності з опису складових елементів, будемо мати наступне загальне значення:

$$P = 260 + 0,1 + 0,5 + 20 = 280,6 \text{ мВт}$$

Згідно отриманого значення можна сказати, що максимальна потужність такого модуля буде становити 280,6 мВт, відповідно при умові максимального задіявання мікроконтролера ESP32.

## 4.2. Модуль сенсорної клавіатури TTP229

Одним із складових елементів ручного керування системою передбачено клавіатуру, яка безпосередньо підключено до плати Raspberry Pi, та надає можливість вводити команду, обирати конкретну функцію та виконувати інші операції.

На рис. 4.4 продемонстровано модуль сенсорної клавіатури TTP229.

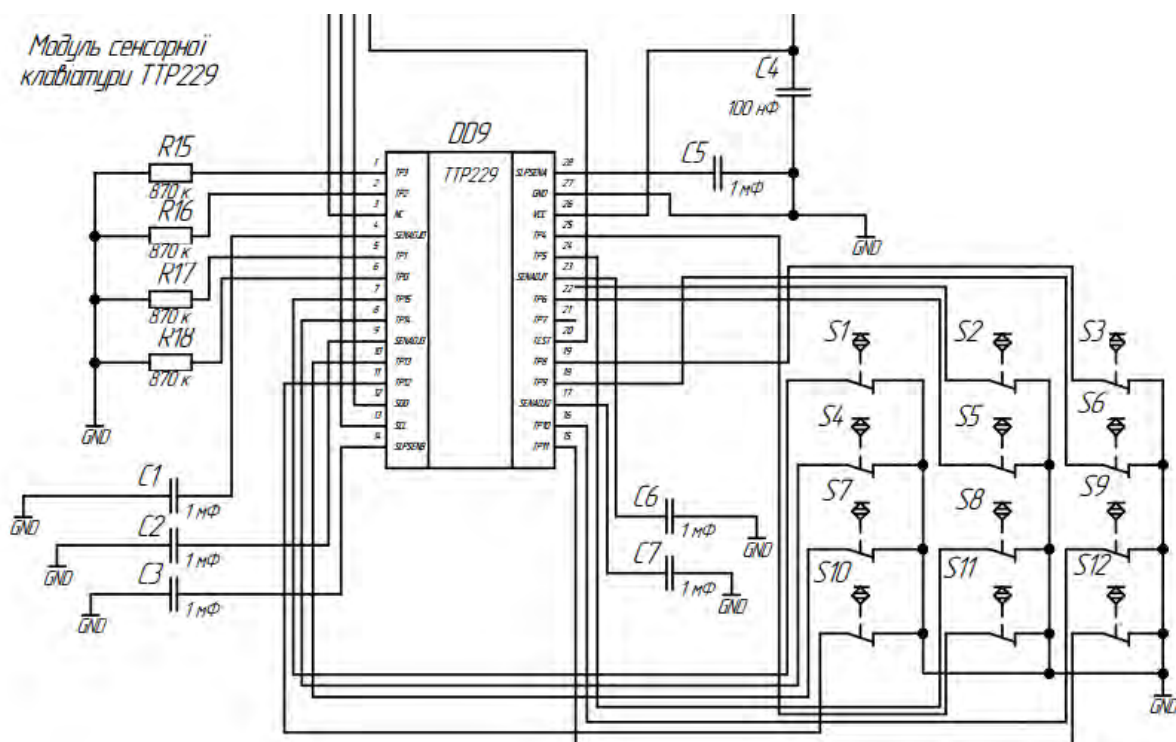


Рисунок 4.4. Модуль сенсорної клавіатури TTP229

Даний модуль представляє собою контролер TTP229, від якого і названо модуль, який поєднаний з кожною кнопкою та забезпечує керування через інтерфейс I<sup>2</sup>C.

Використання цього інтерфейсу дозволяє уникнути безкорисного використання великої кількості доступних портів, тим самим спрощує систему управління підключеними модулями та спрощує структуру схеми.

Дана модифікація модуля має у своєму складі 12 сенсорних кнопок, що є достатньою кількістю для того, щоб забезпечити оптимальне керування і функціональність системи.

Використання клавіатури обумовлено тим, що система може потребувати ручного керування, у випадку відсутності доступу через мобільний застосунок.

Також варто зазначити, що даний модуль кнопок потребує живлення рівного 3,3 В. Цей модуль підключено до порту 3,3 В на платі мінікомп'ютера Raspberry Pi.

### 4.3. Модуль LCD дисплею на базі PCF8574

Розглянемо ще одну складову системи, яка забезпечує ручне керування та виведення даних на місці - модуль LCD дисплея на базі контролера PCF8574 (див. рис. 4.5).

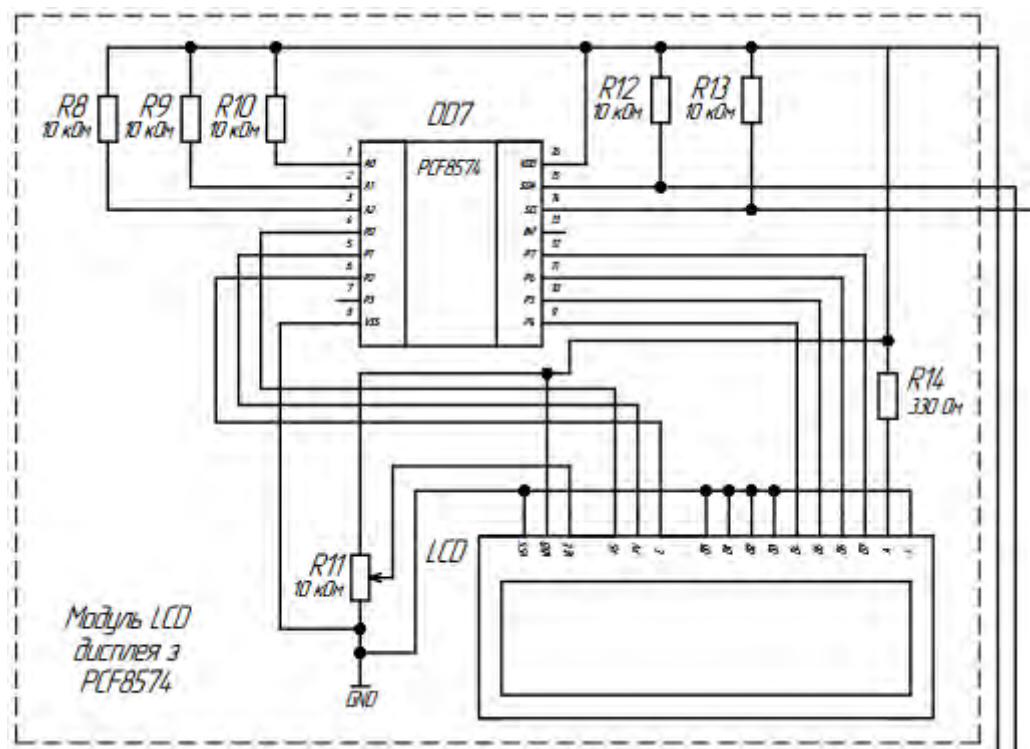


Рисунок 4.5. Модуль LCD дисплею на базі PCF8574

Використання контролера PCF8574 дозволяє реалізувати керування дисплеєм через інтерфейс I<sup>2</sup>C, відповідно він має унікальну адресу. Використання такого підходу також обумовлено тим, що необхідно забезпечити просту структуру системи та керування підключеними модулями забезпечивши мінімальне використання доступних портів мінікомп'ютера.

Також дана схема містить резистор змінного опору R11, який конструктивно виконується на платі модулі PCF8574 та призначається для регулювання рівня контрастності дисплею.

Даний дисплей має розмірність 4x20, що дозволяє забезпечити достатню кількість інформації, та надає змогу реалізувати зрозумілий інтерфейс.

Також використання саме цього модуля LCD дисплею обумовлено тим, що він споживає значено менше енергії ніж великі дисплеї з високою роздільною здатністю. Відповідно у даному випадку відсутня потреба в особливому ручному керуванні з великим дисплеєм на якому можна візуалізувати певну інформацію і таким чином можна зменшити вартість системи і сконцентруватися більше на API мобільного додатку і їх взаємодії.

Якщо взяти у загальному складі розглянутий модуль, TTP229 та ядро системи Raspberry Pi 3 Model B то загальну орієнтовну потужність такого блоку можна порахувати, маючи усі значення потужності у відкритому доступі, таким чином:

$$P = P_{RASPBERRYPI} + P_{LCD} + P_{TTP229} \quad (4.4)$$

Маючи інформацію щодо потужності з опису складових елементів, будемо мати наступне загальне значення:

$$P = 720\text{mA} \cdot 5\text{V} + 1 + 0,1 = 3605\text{mW} = 3,605\text{W}$$

Відповідно можемо сказати, що загальна орієнтовна споживана потужність даного блоку може становити 3,605 Вт.

#### 4.4. Висновки до розділу

У цій частині дисертації було описано електричну принципову схему систему інтелектуального керування енергобезпекою будинку.

Було розглянуто основні модулі, які забезпечують процес вимірювання параметрів температури, вологості, рівня освітленості та визначення руху. Кожен з цих модулів є конструктивно закінченим, та має власний елемент керування у вигляді плати ESP32 з мікроконтролером для управління процесами та вбудованим Wi-Fi модулем для передачі даних. Також кожен модуль є енергонезалежним і може забезпечити тривалий час автономної роботи. Також кожен модуль має кнопку для перезапуску плати ESP32 та індикатор що вказує на статус модуля.

Окремо розглянуто складові контролера на базі мінікомп'ютера Raspberry Pi. Даний мінікомп'ютера має у своєму Wi-Fi модуль та всі необхідні порти, а також 40 портів до яких можна підключити зовнішні модулі. Raspberry Pi працює на власній операційній системі та для програмування може потребувати підключення через наявні вбудовані порти USB до ПК.

Розглянуто модуль сенсорної клавіатури TTP229 та модуль LCD дисплея на базі PCF8574. Ці модулі забезпечують керування з використанням інтерфейсу I<sup>2</sup>C, тим самим дозволяє побудувати зручну систему взаємодії між елементами системи.

## 5. АЛГОРИТМ РОБОТИ ІСКЕБ. ПОБУДОВА БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ

### 5.1. Опис блок-схеми алгоритму роботи ІСКЕБ

#### 5.1.1. Ініціалізація складових системи. Перевірка працездатності компонентів. Ініціалізації граничних параметрів

Розглянемо початкову задачу, яку виконує будь-яка система перед початком роботи, це перевірка справності усіх складових компонентів. Ця перевірка є важливою, так як система може керувати процесами у будинку і якщо будь-яка підсистема буде несправною то це може спричинити погані наслідки. Алгоритм ініціалізації підсистеми показано на рис. 5.1.

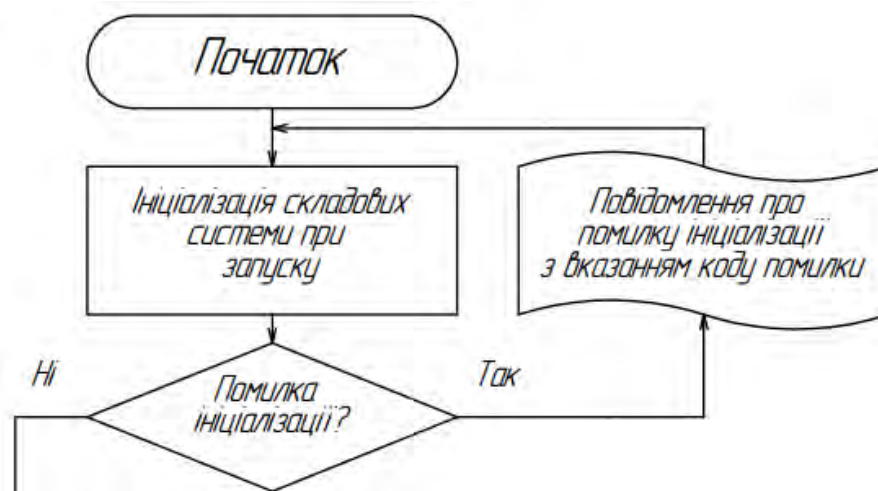


Рисунок 5.1. Ініціалізація складових системи

Алгоритм передбачає, що виконується перевірка кожного модуля системи, і при виникненні проблеми користувачу надходить сповіщення про проблему з вказанням коду помилки і короткого опису. Після чого система намагається переініціалізувати складові, що може прибрати помилку, але роботи системи не розпочнеться якщо хоч одна із складових буде непрацюючою.

Наступним етапом роботи системи є ініціалізація граничних параметрів, згідно з якими буде виконуватися регулювання. Ця частина алгоритму показана на рис. 5.2.

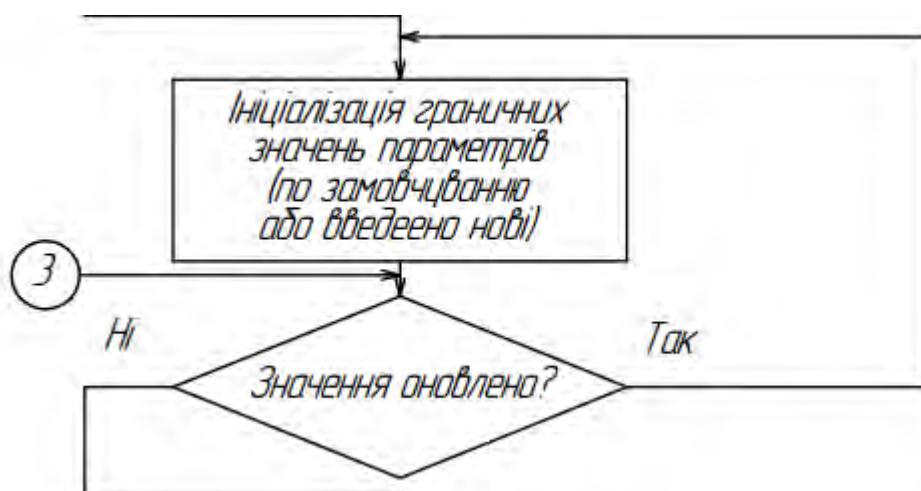


Рисунок 5.2. Ініціалізація граничних значень параметрів

Тобто система перевіряє чи було введено нові граничні значення, наприклад у різну пору року ці значення змінюються і їх можна налаштувати через додаток. Якщо дані не було оновлено то застосовуються значення за замовчуванням. Мітка М3 вказує на повернення на даний етап програми після виконання кожної циклічної послідовності вимірювання та регулювання, що необхідно для контролю зміни значень.

Такий підхід дозволить забезпечити зручну змінюваність значень та можливість системи гнучко піддаватися змінам вхідних параметрів без довгого переналаштування.

### 5.1.2. Цикл вимірювань та регулювання

На початку циклу виконується перевірка на те, чи цикл може бути запущений. Цей момент важливий так як користувач може мати можливість вимкнути систему з програмного додатку.



Якщо алгоритм отримує значення false то цикл завершується переходячи за міткою 1 на етап завершення, який буде розглянуто далі. Сам алгоритм зображено на рис. 5.3.

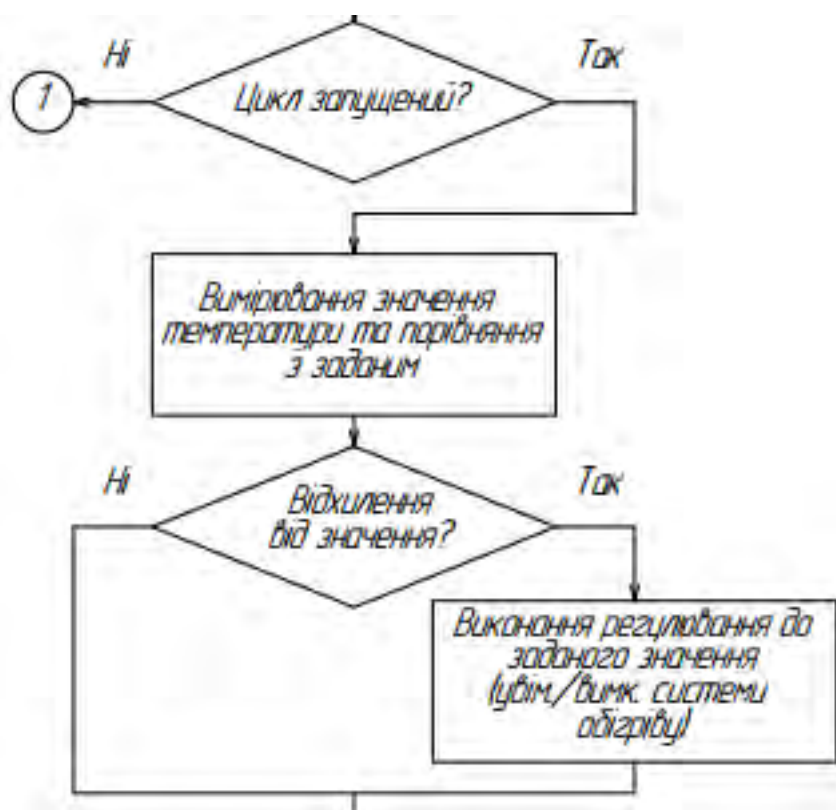


Рисунок 5.3. Початок циклу. Етап вимірювання та регулювання температури

Наступним етапом відбувається вимірювання значення температури та порівняння цього значення з заданим на етапі ініціалізації.

Якщо поточне значення не входить в заданий діапазон допустимих значень, наприклад  $20 < x < 22$ , то виконується підвищення або пониження температури з врахування знаку отриманого числа у порівнянні та саме значення. Якщо число входить в допустимий діапазон то нічого не відбувається і алгоритм переходить до наступного вимірювання.

Наступним етапом є процес вимірювання, порівняння значення та регулювання рівня вологості (див. рис. 5.4).

Даний алгоритм має схожу дію, як і у процесі вимірювання та регулювання температури, однак має інший допустимий діапазон визначений у відсотках.

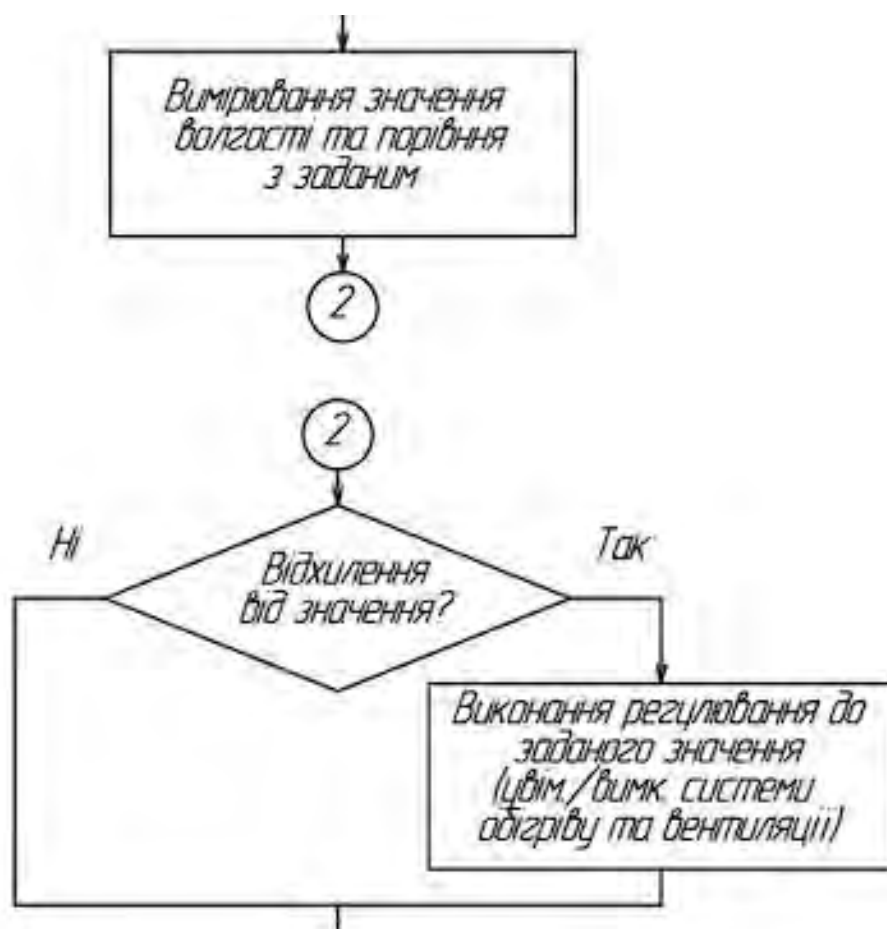


Рисунок 5.4. Етап вимірювання та регулювання рівня вологості

Регулювання значення даного параметра відбувається за рахунок використання системи обігріву, вентиляції, можливо зволожувачів повітря, тощо.

Відповідно, якщо виміряне значення вологості знаходиться у допустимих межах, що були задані на початку роботи програми то система не виконує жодних дій щодо регулювання.

Наступним етапом розглядається частина алгоритму, яка призначена для визначення руху в приміщенні та виконання дій з керування освітленням.

Дана частина алгоритму зображена на рисунку 5.5.

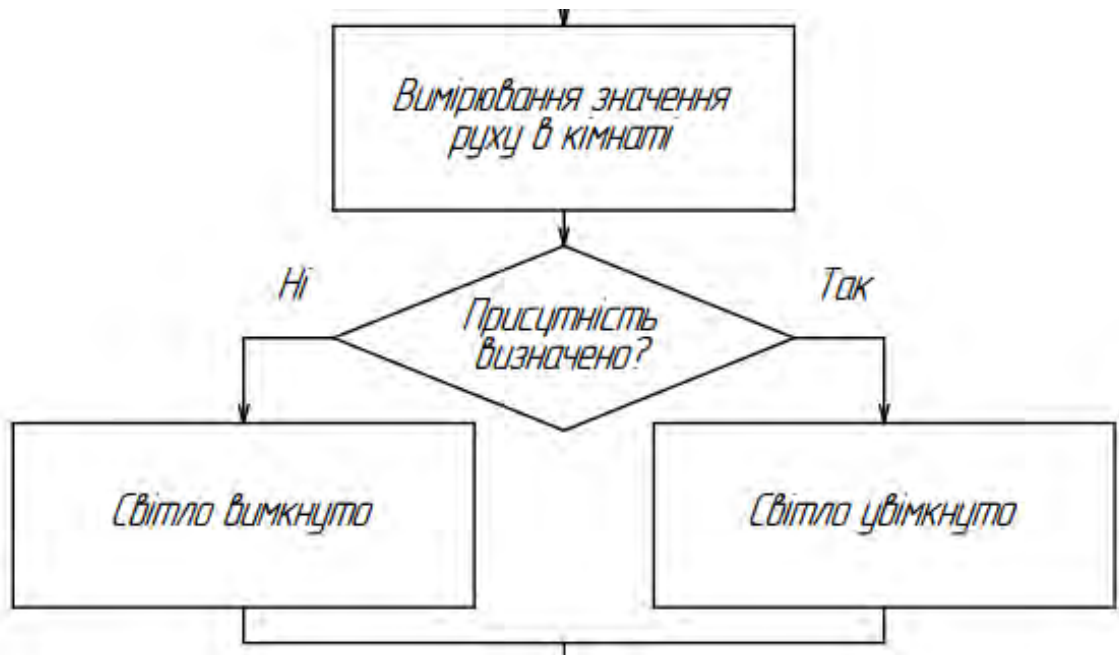


Рисунок 5.5. Вимірювання значення руху в приміщенні

Спочатку виконується вимірювання датчиком руху і існує два подальших розвитку подій. При умові, якщо у кімнаті немає нікого то система не вмикає або вмикає світло у кімнаті. Якщо у кімнаті виявлено людину світло вмикається.

Такий підхід дозволить вмикати світло тільки тоді коли це потрібно та автоматично вимикати його коли людина на довго вийшла з кімнати.

Також варто зазначити, що частина яка пов'язана з увімкнення та вимкненням світла тісно пов'язана з частиною вимірювання рівня освітленості.

Наступним етапом розглянемо алгоритм роботи на етапі вимірювання рівня освітленості.

На рис. 5.6. продемонстровано частину алгоритму з описом послідовності дій щодо вимірювання та керуванням інтенсивністю світла.

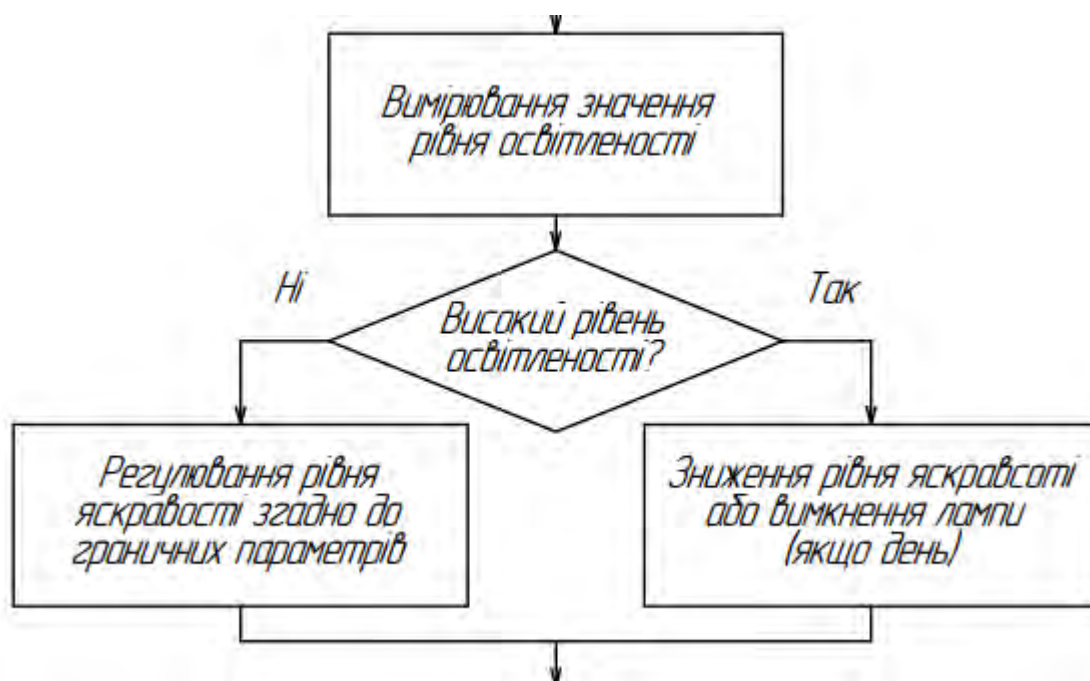


Рисунок 5.6. Вимірювання параметру рівня яскравості та виконання регулювання

На початку відбувається вимірювання значення рівня освітленості та порівнюється з заданими значенням. Кожне значення вказує на відповідний рівень яскравості.

Якщо рівень освітленості високий, варто зазначити що значення високого рівня задається на початку роботи та може бути змінено користувачем у залежності від потреби та індивідуальних особливостей, то рівень яскравості стає або дуже низьким або світло вимикається взагалі, так як немає потреби у його використанні.

Якщо рівень освітленості не високий, а має якісь інші значення, то відбувається динамічне регулювання рівня яскравості в залежності від заданих граничних параметрів.

Наступним етапом виконується перевірка на стабільність значення напруги та мережі в цілому.

На рис. 5.7. показано частину алгоритму яка призначена для виконання даного процесу вимірювання.

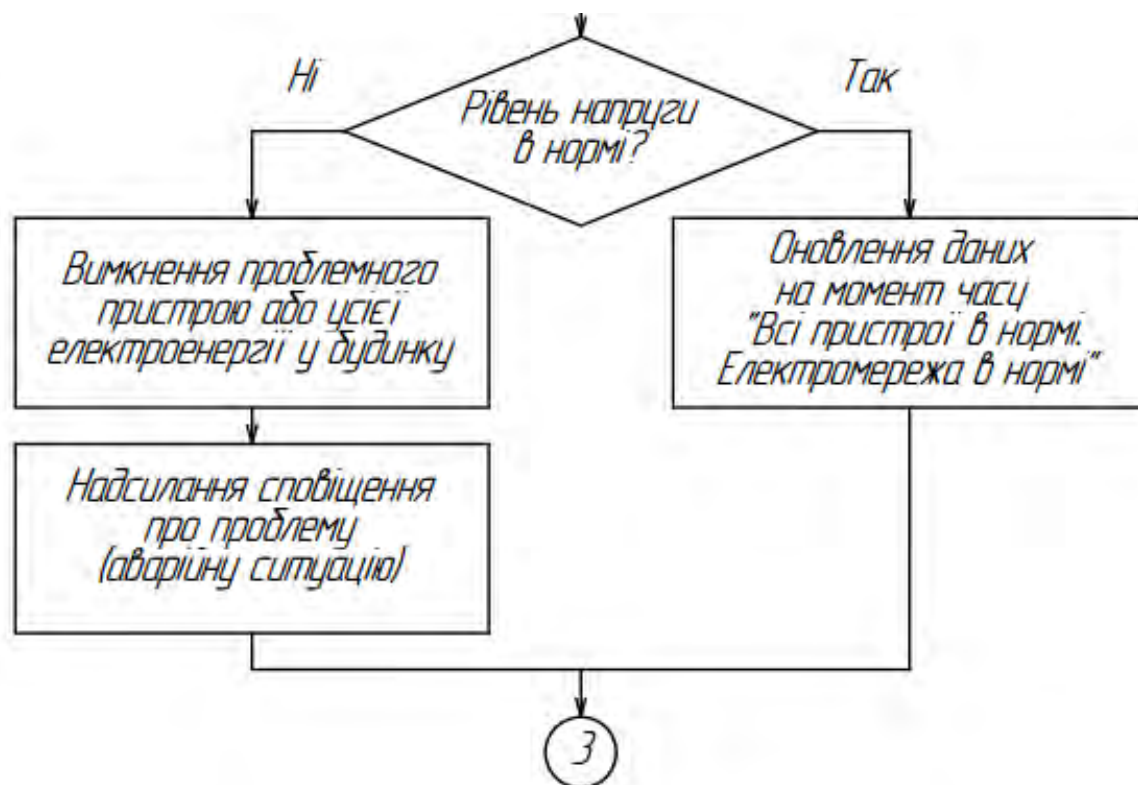


Рисунок 5.7. Перевірка стабільності електромережі та приладів

Якщо рівень напруги в нормі, то оновлюються дані що усі системи в нормі на вказаний момент часу вимірювання.

Якщо система виявила несправність виконується вимкнення проблемного пристрою або електроживлення в цілому, наприклад якщо виявлено великі нестабільні стрибки напруги. Про цю ситуацію сповіщується користувач, де у повідомленні вказується код проблеми та опис.

Після завершення даного етапу вимірювання алгоритм повертається до мітки 3 на момент перевірки введених даних і якщо дані не було змінено переходить до перевірки запуску наступного циклу. Таким чином цей алгоритм виконується швидко і циклічно до того моменту доки його не буде відключено, виконується регулярні вимірювання та необхідні заходи з регулювання.

### 5.1.3. Умови завершення роботи програми

Будь-який алгоритм який виконує мікроконтролер у складі системи автоматизованого керування та регулювання. Але будь-яка програма повинна мати точку входу та точку виходу.

Якщо в умові циклу було вказано true то він розпочинає ітерацію і виконує цю послідовність поки умова є дійсною. Якщо умова стала false система завершує свою роботу і переходить за міткою 1.

Дії, які будуть виконані на момент завершення роботи програми показані на рис. 5.8.



Рисунок 5.8. Етап завершення роботи програми

Значення false можна отримати тоді, коли користувач відправив команду на завершення роботи. Коли програму буде завершено користувачу надійде сповіщення про те, що система завершила робота та процес вимірювання і керування зупиниться.

## **5.2. Висновки до розділу**

У цій частині розділу було детально описано та розглянуто алгоритм роботи системи та наведено розроблену блок-схему. Було детально розглянуто кожен етап його роботи.

Описано етап налаштування, ініціалізації та перевірки працездатності усіх складових системи, що є обов'язковою складовою будь-якої системи керування та регулювання.

Описано послідовність дій та налаштування граничних значень вимірювання, що також є важливим та невід'ємним етапом. Ці значення також можна змінювати у процесі роботи системи.

Розглянуто послідовність дій щодо виконання усіх вимірювань та регулювання включно з параметрами температури, вологості, руху, освітленості та рівня напруги. Описано умови та особливості роботи циклу алгоритму та його продовження.

Розглянуто та описано умови завершення роботи програми та виходу з циклу. Вихід з циклу повинен бути врахований щоб мати можливість віддалено або просто зручно завершити роботу системи без шкоди для неї.

## **6. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЄКТУ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОБЕЗПЕКОЮ В БУДИНКУ»**

У розділі розглядається реалізація стартап-проєкту щодо інтелектуальної системи керування енергобезпекою у будинку. Дана система призначена для автоматизованого управління процесами в межах будинку з метою покращення безпеки та використання енергоресурсів.

### 6.1. Опис ідеї проєкту

Інтелектуальні системи керування процесами, зокрема керуванням енергоефективністю та енергобезпекою, мають великий попит серед побутових користувачі, так як вони здатні покращити якість життя людини та забезпечити комфортні та безпечні умови.

Також важливим аспектом використання таких систем є дотримання вимог сталого розвитку щодо раціонального використання енергетичних ресурсів. Опишемо ідеї стартап-проєкту (табл. 6.1).

Таблиця 6.1. Опис ідеї стартап-проєкту [15]

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Інтелектуальна система керування енергобезпекою в будинку	Контроль процесів у будинку	Ріст комфорту, мінімізація виконання процесів
	Ефективне використання ресурсів	Раціональне використання ресурсів та фінансова економія
	Забезпечення енергобезпеки	Забезпечення енергобезпеки, захист від потенційних аварій чи негативних наслідків

Аналізуємо техніко-економічні переваги даної ідеї проєкту у порівнянні з пропозиціями конкурентів:



1) визначення перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;

2) визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

3) проведення порівняльного аналізу показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 6.2.).

Таблиця 6.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту [15]

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Ажах	BroadLink			
1.	Ядро системи	Raspberry Pi	Власний модуль	STM32			+
2.	Алгоритм	Інтелект.	Інтелект.	Звичайн.		+	
3.	Комунікація	Дистанційно	Дистанційно	Змішано		+	
4.	Додаток	Наявний	Наявний	Наявний		+	
5.	Надійність системи	Висока	Висока	Середня		+	
6.	Цінова категорія	Низька	Висока	Середня			+

Запропонована у стартапі інтелектуальна система керування енергобезпекою у будинку має значні переваги у використанні ядра та цінової категорії. Цінова категорія у даному випадку відіграє значну роль, так як велика кількість систем «розумного будинку» чи систем енергокеруванням мають високу цінову категорію і не є доступною для більшої частки людей.

Ця перевага дозволить просувати систему як популярне та відносно недороге рішення з максимальною функціональністю.

Розглянемо інформаційну карту проєкту, у якому визначимо його назву, авторів, анотацію, орієнтовні терміни реалізації, необхідні ресурси, ціль та очікуваний результат.

Таблиця 6.3. Інформаційна карта проєкту [15]

Назва	Інтелектуальна система керування енергобезпекою будинку
Автори	Давиденко Б.І., Черепанська І. Ю.
Анотація	Система надає можливість автоматизувати процеси у будинку з можливістю раціоналізації використання ресурсів
Терміни реалізації	6 міс.
Необхідні засоби та ресурси	Грошові
Опис проблеми яку вирішує проєкт	Забезпечує автоматизоване керування енергоресурсами
Ціль	Впровадити інтелектуальне керування енергоресурсами та процесами
Очікуваний результат	Використання алгоритмів інтелектуального керування дозволить створити високоефективну систему

Згідно отриманої таблиці бажаним результатом є отримання високоефективної інтелектуальної системи керування, але для реалізації цього проєкту необхідні фінансові ресурси та певний час.

Проведемо аудит технологій побудови інтелектуальної системи керування енергобезпекою у будинку згідно таблиці 6.4. Цей етап важливий для вибору оптимальної ідеї проєкту.

Таблиця 6.4. Технологічна здійсненність ідеї проєкту [15]

№ п/п	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Побудова бездротової інтелектуальної системи керування на ядрі Raspberry Pi	Бездротові комунікації які забезпечать широкий радіус дії.	Наявні	Доступні
		Використання Raspberry Pi для реалізації алгоритму інтелектуального керування елементами системи	Наявні	Доступні
2.		Бездротові комунікації які забезпечать середній радіус дії.	Наявні	Доступні
		Використання МК ARM для реалізації автоматизованого керування елементами системи	Наявні	Доступні
3.		Бездротові комунікації які забезпечать достатній радіус дії.	Наявні	Доступні
		Використання МК AVR для реалізації автоматизованого керування елементами системи	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проєкту: обрано технологію №1				

У даному випадку було обрано першу ідею для реалізації, так як вона є найоптимальнішою для побудови інтелектуальної системи керування. Вони здатні швидко обробляти запити, працювати з модулями, передавати та зберігати дані тощо. Інші варіанти не змогли б у повній мірі реалізувати ідею системи, так як їх потужність і функціональність досить обмежена, але їх використання дозволить створити дешеву систему для примітивної домашньої автоматизації нескладних процесів у малій кількості.

Наступним етапом розглянемо морфологічну карту проєкту (табл. 6.5).

Таблиця 6.5. Морфологічна карта проєкту [15]

Функції	Проміжні рішення		
	I	II	III
Ядро системи	<b>Raspberry Pi Model 3</b>	Arduino Mega	STM32
Дистанційний зв'язок	<b>ESP8266</b>	ESP32	Bluetooth
Керування	<b>Інтелектуальне</b>	Автоматизоване	Автоматизоване/ручне

Згідно цієї таблиці оптимальний обраним варіантом є використання ядра Raspberry Pi Model 3, дистанційний зв'язок забезпечити використанням ESP8266 та забезпечення інтелектуального керування на противагу звичайному автоматизованому.

## 6.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

У підрозділі досліджують та визначаються ринкові можливості та загрози, що позитивно та негативно впливатимуть на стартап.

Виконаємо попередній опис характеристики потенційного ринку стартап-проєкту (табл.6.6).

Таблиця 6.6. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту [15]

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	30000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Конкуренція серед компаній
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Спеціальні вимоги відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або ринку), %	30

Наведена характеристика у таблиці 5.4 показує загальні показники: ринку та його динаміки, для даної ніші вона зростає; наявність конкуренції, для даної

ніші вона присутня серед компаній; наявність спеціальних вимог, тут вони певною мірою відсутні; рентабельність яка становить 30%.

Проводимо опис характеристик потенційних клієнтів стартапу (табл. 6.7).

Таблиця 6.7. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту [15]

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп	Вимоги споживачів до товару
1	Забезпечення автоматизованого керування процесами	Побутові користувачі будинків та квартир Офісні користувачі Підприємства Установи	Використання систем для полегшення управління процесами Мінімізація впливу людського фактору у своєму просторі	Висока потужність Наявність інтелектуального керування Бездротовий зв'язок
2	Керування енергобезпекою	Побутові користувачі будинків та квартир Офісні користувачі	Важливо забезпечити раціональне використання енергоресурсів та керування безпекою	Низьке енергоспоживання Висока потужність

До основних груп потенційних споживачів можна віднести власників приватник будинків та квартир, а також частково власників офісів так як система може бути використана для декількох цілей, але вона оптимізована для впровадження у приватні будинки або квартири.

Переходимо до опису потенційних факторів загроз (табл. 6.8).

Таблиця 6.8. Фактори загроз [15]

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Якість	Не відповідність побажанням якості	Пошук методів поліпшення якості згідно з вимогами
2	Зростання конкуренції	На ринку присутні аналогічні більш дешеві системи	Пошук рішень зменшення вартості
3	Падіння популярності та незацікавленість	Люди не зацікавлені у такій системі	Пропагування необхідності та важливості енергобезпеки та керування енергоресурсами
4	Невідповідність побажанням	Система не містить усього бажаного функціоналу	Розширення та модифікація систем
5	Нарощування системи новими модулями	Може викликати перенавантаження	Необхідно оптимізувати архітектуру системи та її будову

Основними загрозами вважаються падіння популярності та незацікавленість людей у використанні та впровадженні інтелектуальних систем керування енергобезпекою. Це обумовлено власними переконаннями, незнанням та нерозумінням цих систем. Для того, щоб мінімізувати його вплив треба проводити агітацію та пропагування питань екології та раціонального використання енергоресурсів.

Перейдемо до опису факторів потенційних можливостей (табл. 6.9)

Таблиця 6.9. Фактори можливостей [15]

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Розширення функціональності	Використання нового ядра і функцій	Підвищення рівня функціональності та можливостей застосування
2	Модернізація наявних систем	Заміна складових елементів на кращі	Підвищення надійності та якості роботи системи
3	Сервісне обслуговування	Надання послуг щодо технічного обслуговування та ремонту	Можливість надання кваліфікованої підтримки продукту
4	Ріст попиту	Продукт отримує значний приріс у популярності використання	Розширення можливостей продукту, проведення акцій
5	Ріст інвестування	Зростання кількості інвестицій в проєкт	Покращення якості продукту, пошук нових рішень, проведення дослідження

Найкращими та можливими факторами можливостей є модернізація та ріст попиту. Модернізація є частиною загального зростання продукту та компанії, що є основним складовим його успіху. Ріст попиту забезпечується тим, що система здатна надавати широкий спектр послуг керування процесами в будинках за низьку ціну і хорошу якість.

Перейдемо до ступеневого аналізу конкуренції на ринку (табл. 6.10)

Таблиця 6.10. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку [15]

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Чиста конкуренція	Компанії у ніші не впливати на ціну	Концентрація на модернізації
Рівень конкурентної боротьби - глобальний	Наявність клієнтів в інших країнах	Вихід міжнародний ринок
Конкуренція за галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Використання переважно в межах однієї галузі	Залучення нових клієнтів
Конкуренція за видами товарів - товарно-видова	Актуальна між товарами одного виду	Клієнтоорієнтованість
За характером конкурентних переваг - нецінова	Ціна залежить від функціоналу	Покращення якості та можливостей системи
За інтенсивністю - марочна	Власний бренд	Зниження ціни Забезпечення хорошої якості Підвищення рівня застосування

На ринку даної галузі присутня чиста конкуренція. Для того, щоб мати, утримувати або отримати перевагу серед інших компаній-конкурентів варто зробити стратегію, що націлена на забезпечення побажань клієнта. Також не менш важливо виконувати оптимізацію та постійну підтримку системи, робити оновлення та надавати переваги щодо використання саме цього продукту.

Виконаємо аналіз умов конкуренції у галузі (табл. 6.11)



Таблиця 6.11. Аналіз конкуренції у галузі за М. Портером [15]

Складові аналізу	Прямі конкуренти у галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Аjax BroadLink	Наявність аналогів	Розміри поставок та наявність	Оцінювання системи	Виробники дешевих та простих рішень
Висновки:	Середня конкуренція	Вихід на ринок за рахунок кращих показників та ціни	Регулюють ціну	Забезпечують попит	Обмеження відсутні. Замінники не надають весь комплекс дій

Факторами, які мають вплив на проєкт можуть бути безпосередньо клієнти, як споживачі послуги чи продукту і вони мають здатність вплинути на популярність, як в хорошу так і в погану сторону. А також прямі конкуренти, так як вони надають хороший продукт, але в певній мірі дорогий, а також є варіанти з низькою функціональністю яка не досягає рівня цього стартапу.

Розглянемо обґрунтування факторів конкурентоспроможності (табл. 6.12). Це обґрунтування дозволить оцінити загальну здатність проєкту до конкурентоспроможності.

Таблиця 6.12. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності [15]

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Функціональність	Велика кількість функцій для керування
2	Ціна	Забезпечує хорошу ціну та хорошу якість
3	Якість роботи	Оптимальна робота та продуктивність
4	Енергоспоживання	Низький рівень енергоспоживання

Далі буде описано перелік факторів конкурентоспроможності системи що пропонується у стартап-проекті (табл. 6.13). Виконується оцінка кожного з факторів за балами.

Таблиця 6.13. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін [15]

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Фактор конкурентоспроможності у порівнянні з BroadLink						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Функціональність	19							+
2	Ціна	17				+			
3	Оптимальна якісна робота	20					+		
4	Рівень енергоспоживання	19			+				
5	Технічне обслуговування	15				+			
6	Наявність гарантії на систему	14				+			

У підсумку щодо опису та оцінки факторів конкурентоспроможності варто зазначити, що основними факторами які її забезпечують є функціональність системи та оптимальна якість роботи при невисокій ціні. Але при у порівнянні з системою аналогом є різниця в енергоспоживанні. Їх система простіше, не має великої кількості модулів та інтелектуального керування, а тому менше споживає енергії, навіть якщо враховувати режим економії енергії.

Далі розглянемо побудову таблиці SWOT-аналізу (табл. 6.14).

Таблиця 6.14. SWOT- аналіз стартап-проєкту [15]

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Потужне ядро системи</li> <li>2. Інтелектуальний алгоритм керування</li> <li>3. Бездротові технології</li> <li>4. Низька ціна</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вартість модернізації</li> <li>2. Складність алгоритму</li> <li>3. Мінімізація помилок алгоритму</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Розширення функціональності</li> <li>2. Модернізація наявних систем</li> <li>3. Сервісне обслуговування</li> <li>4. Ріст попиту</li> <li>5. Ріст інвестування</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Висока конкуренція</li> <li>2. Недостатня функціональність</li> <li>3. Невідповідність бажаній якості</li> </ol>

Варто проводити заходи щодо покращення функціональності та загальних можливостей системи, так як вони впливають на популярність. Важливо утримувати цінову ланку стабільною. Варто проводити систематичні доопрацювання та оновлення програмного забезпечення.

Перейдемо до визначення альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту (табл. 6.15).

Таблиця 6.15. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту[15]

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Середня	3 міс.
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Висока	1 міс.
3	Стратегія виходу з ринку	Низька	1 міс.

Із альтернатив обрано стратегію компенсації слабких сторін стартап-проєкту за рахунок наявних ринкових можливостей.

### 6.3. Розроблення ринкової стратегії проєкту

Проведемо вибір цільових груп потенційних споживачів (табл. 6.16).

Таблиця 6.16. Вибір цільових груп потенційних споживачів [15]

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Власники приватних будинків	Так	Висока	Висока	Просто
2	Власники квартир	Так	Середня	Висока	Просто
3	Власники офісів	Так	Висока	Висока	Просто
4	Власники підприємств	Так	Висока	Середня	Просто
Як цільові групи обрано: власників приватних будинків та квартир					

Обрано як цільові групи власників приватних будинків та квартир, так як даний стартап-проєкт здатен повноцінно реалізувати свій функціонал в межах обраних груп. Також варто розглянути та описати портрет цільового покупця, вказавши особливості щодо товару та його придбання.

Таблиця 6.17. Портрет цільового покупця [15]

Що бажають придбати	Інтелектуальну систему керування енергобезпекою в будинку
Хто є покупцем	Власники будинків, квартир, офісів
Мета придбання	Забезпечити ефективне та раціональне використання енергоресурсів з забезпеченням контролю та безпеки
Коли покупець купує товар/послугу	Коли виникає необхідність забезпечити ефективніший метод контролю
Де клієнт купує товар/послугу	Онлайн
Мета статапера	Забезпечити потребу потенційного клієнта та відповідну якість товару/послуги

Перейдемо до визначення базової стратегії розвитку (табл. 6.18)

Таблиця 6.18. Визначення базової стратегії розвитку [15]

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Стратегія недиференційованого маркетингу	Функціональність Низька ціна Низьке енергоспоживання	Стратегія диференціації

У якості базової стратегії розвитку обрано стратегію диференціації, так як вона надає можливість акцентувати увагу на базових параметрах продукту, його функціональності, якості, надійності тощо.

Визначаємо стратегію конкурентної поведінки (табл. 6.19)

Таблиця 6.19. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки [15]

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Шукати нових та забирати існуючих	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

Ідея стартапу є не унікальною з точки зору функціональності, так як раніше вже існували системи які були здатні керувати енергобезпекою, але основною відмінністю даного проекту є інтелектуальне керування, яке здатне приймат рішення на основі інтелектуального алгоритму роботи.

Визначаємо стратегії позиціонування стартап-проекту (табл. 6.20).

Таблиця 6.20. Визначення стратегії позиціонування [15]

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувавши комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока функціональність	Стратегія диференціації	Недорога високофункціональна система інтелектуального керування енергобезпекою	Функціональність Інтелектуальність Ціна
2	Низьке енергоспоживання	Стратегія диференціації	Високу продуктивність з низьким рівнем енергоспоживання	Продуктивність Енергоспоживання Ціна

Обрано стратегію диференціації, так як такий підхід дозволить зосередитися на унікальності самої системи, її функціональності, продуктивності та енергоспоживання. Варто здійснювати оптимізацію щодо технічних параметрів складових елементів та оптимізації роботи алгоритму.

#### **6.4. Розроблення маркетингової програми та плану реалізації стартап-проекту**

Проведемо опис визначення ключових переваг концепції для потенційного товару стартап-проекту (табл. 6.21).

Таблиця 6.21. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару [15]

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Забезпечення високої продуктивності	Використання потужного ядра та оптимального рішення щодо вимірювальних та виконавчих модулів	Забезпечення кращого рівня роботи системи та її здатності виконувати керування
2	Висока функціональність	Наявність широко спектру функцій дозволяє виконувати великий перелік дій та операцій	Забезпечує високий рівень функціональності системи керування
3	Низьке енергоспоживання	Економія ресурсів за рахунок низького енергоспоживання системи в цілому	Надає можливість забезпечити керування певними процесами з дуже низьким енергоспоживанням

Описані у таблиці переваги є ключовими для забезпечення найоптимальнішого рішення щодо інтеграції систем керування енергобезпекою у будинки.

Виконуємо опис трьох рівнів моделі товару (табл. 6.22).

Таблиця 6.22. Опис трьох рівнів моделі товару [15]

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Забезпечення високого рівня функціональності роботи системи, низького енергоспоживання ресурсів та забезпечення високої продуктивності з використанням інтелектуальних алгоритмів		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Ор
	1. Функціональність	М	Тх
	2. Надійність	М	Тх
	3. Енергоспоживання	М	Тх
	4. Бездротова технологія	М	Тх
	5. Економічність	М	Е
	Якість: відсутні особливі вимоги		
Пакування: картонна упаковка, ущільнювач			
Марка: IntellectSys			
III. Товар з підкріпленням	До продажу: перевірка на наявність помилок чи пошкоджень, перевірка якості елементів, виявлення потенційних проблем		
	Після продажу: обслуговування, налаштування, гарантія		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патент			

Задум продукту стартапу в повній мірі відповідає його параметрам та характеристикам. Проєкт є потенційно затребуваним. Може отримати широке поширення завдяки своїй функціональності, енергоспоживанню, продуктивності та простоті налаштування.

Також важливим аспектом є необхідність опрацювання питань щодо потенційного вдосконалення наявного продукту який пропонує стартап-проєкт.

Таблиця 6.23. Опрацювання питань щодо вдосконалення наявного продукту [15]

№	Запитання	Відповідь
1	Частиною яких систем є продукт?	Систем «розумного будинку» та автоматизації процесів
2	Чи можна розділити продукт на частини?	Так, кожна складова представляє собою окремі модулі, які можна підключити чи замінити
3	Чи є можливість об'єднання частин продукту в один?	Ні, цей продукт не може бути об'єднаним
4	Яким повинен бути продукт?	Мати дистанційну систему передачі даних та стабільну роботу контролю та вимірювання
5	Чи можна заміти складові системи іншими?	Так, якщо є необхідність заміни одного модуля на інший можна виконати заміну на інший який апаратно підтримується системою. Підтримується взаємозамінність складових
6	Яким був продукт раніше?	Мав простіший і менш гнучкий алгоритм управління ресурсами
7	Які функції було розширено та удосконалено?	Впровадження інтелектуального контролю, забезпечення ручного переналаштування даних, дистанційний контроль та моніторинг в реальному часі

Визначимо межі встановлення ціни (табл. 6.24)

Таблиця 6.24. Визначення меж встановлення ціни [15]

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	15000-25000	20000-50000	10000-100000	10000-30000

Даний стартап знаходить на меж середньої цінової категорії у порівнянні з вартістю аналогічних систем. Забезпечення хорошої якості, функціональності, продуктивності та енергоефективності за заданою ціною є привабливою пропозицією для клієнта.



Виконаємо формування системи збуту для стартап-проєкту (табл. 6.25).

Таблиця 6.25. Формування системи збуту [15]

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Регулярні поставки	Відправка продукту, встановлення та перевірка, налаштування, встановлення необхідного програмного забезпечення	Нульового рівня	Пряма
2	Передзамовлення	Відправка продукту, встановлення та перевірка, налаштування, встановлення необхідного програмного забезпечення	Нульового рівня	Пряма

Виробник являється безпосереднім каналом збуту даної пропозиції, про що вказує нульовий рівень глибини каналу збуту. Оптимальною системою збуту є пряма система.

Опишемо концепції маркетингових комунікацій (табл. 6.26).

Таблиця 6.26. Концепція маркетингових комунікацій [15]

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Потребують високої продуктивності, надійної роботи, зручності використання, функціональності та енергоефективності	Інтернет, соціальні мережі, месенджери	Продуктивність Інтелектуальність Ціна	Показ та пояснення щодо переваг та важливості впровадження інтелектуальних систем керування	Показ функцій, результати використання

Особливістю ринкової програми є те, що у даному випадку дуже важливо пояснити і продемонструвати потенційному клієнту важливість, переваги та особливості використання інтелектуальних систем керування. Цей аспект може відрізнятись у залежності від країни чи регіону, від більш до менш розвинених.

Також варто скласти календарний план підготовки стартапу за стадіями і вказати їх орієнтовну вартість.

Таблиця 6.27. Календарний план підготовки стартапу [15]

Стадія						Вартість стадії, грн
	1	2	3	4	5	
Передпосівна	01.01.24 01.02.24					-
Посівна		01.02.24 01.03.24				20000
Прототипування			01.03.24 25.03.24			80000
Закрита бета-версія				25.03.24 20.04.24		100000
Ведення бізнесу					з 20.04.24	200000
Разом						300000

Розглянемо також оцінювання важливості кожного фактора і внеску кожного учасника у проєкт.

Таблиця 6.28. Оцінювання важливості кожного фактору і внеску кожного учасника [15]

Фактор	Вага фактору	Автор 1	Автор 2
Участь у розробленні ідеї	9	10	7
Участь у підготовці бізнес-плану	7	8	6
Компетентність учасника	10	10	10
Залученість і ризику учасника	9	10	7
Обов'язки та відповідальність учасника	8	9	8
Разом (вага * внесок)		408	332
Відсоток		55,14 %	44,86%

Аналізуючи отриману таблицю можна сказати, що внесок учасників становить 55,14% і 44,86 відповідно. На основі цієї інформації можна зазначити що внесок учасників відрізняється лише на 9%.

## 6.5. Висновки до розділу

У розділу розробка стартап-проєкту було описано та оцінено доцільність та можливість створення стартапу на основі інтелектуальної системи керування енергобезпекою у будинку. Було приділено увагу питанням організації, побудови, вбору оптимальних рішень, стратегії, питанням маркетингу, економічної доцільності, ефективності просування ідеї, конкурентоспроможності та інші.

Проведено опис та аналіз ідеї стартапу де було розглянуто напрямки можливого застосування та переваг, які отримає клієнт при купівлі цієї продукції. Розглядаються техніко-економічні характеристики та оцінюються згідно рівня по відношенню до аналогів.

Визначено що стартап має низку сильних сторін, зокрема низьку вартість, а також функціональне потужне ядро.

Проведено технологічний аудит ідеї стартапу, де було описано технології реалізації оптимальної ідеї. Було обрано використання потужної системи з інтелектуальним керуванням.

Проведено аналіз ринкових можливостей, розглянуто та оцінено основних конкурентів та потенційних конкурентів у ніші. Розглянуто потенційні характеристики клієнтської аудиторії і її потреби щодо пропонованого товару. Розглянуто та оцінено фактори загроз та можливостей. Виконано ступеневий аналіз конкуренції на обраному ринку.

Детально розглянуто конкурентоспроможність проєкту і його фактори. Здійснено порівняльний аналіз сильних та слабких сторін. Виконано SWOT-аналіз.

Певну частину було присвячено розгляду і визначення ринкової стратегії для стартапу, у якості базової стратегії розвитку обрано стратегію диференціації, а у якості стратегії охоплення ринку стратегію недиференційованого маркетингу. Описано стратегію конкурентної поведінки.

Останнім етапом було розроблено маркетингову програму з визначенням ключових переваг концепції, описом трьох рівнів моделі товару, меж ціни, системи збуту.

Визначено що даний стартап-проект має високий потенціал до забезпечення попиту, так як надає чудове рішення у сфері автоматизації процесів щодо економії ресурсів та енергобезпеки.

## ВИСНОВКИ

У цій магістерській дисертації було розглянуто питання побудови системи інтелектуального керування енергобезпекою будинку. Пояснювальна записка дисертації містить наступні складові частини:

- огляд та аналіз поточного стану питання розробки інтелектуальних систем керування енергобезпекою будинків. У цій частині було розглянуто загальну концепцію інтелектуального керування процесами та розглянуто існуючі рішення такого роду системи. Виконано оцінку кожної з системи, визначено їх недоліки, переваги та особливості і на основі цих висновків сформульовану мету та актуальність розробки нової системи ІСКЕБ;

- виконано огляд засобів та методів реалізації системи інтелектуального керування енергобезпекою та розроблено структурну схему системи. Розроблена схему описує загальний принцип роботи та забезпечення зворотного зв'язку. Схема демонструє основні складові систем та їх взаємозв'язки;

- розроблено функціональну схему інтелектуальної системи керування енергобезпекою будинку, у якій відображено функціональні складові - датчики та виконавчі елементи їх функціонал у таблиці контролера та розташування у будинку, що надає можливість уявити як розроблена система буде працювати;

- було розроблено електричну принципову схему ІСКЕБ, у якій відображено основні складові модулі, елементну базу та їх підключення. Детально описано кожен модуль або елемент системи, його функціональне призначення та особливості роботи;

- розроблено базовий алгоритм роботи системи, який включає у собі декілька етапів, такі як ініціалізація підсистем ІСКЕБ, ініціалізація даних та параметрів контролю, запуск циклу, процес вимірювання та регулювання, а також комунікація між системою та користувачем. Даний алгоритм є уніфікований, може бути доповненим та легко модифікований, так як кожен етап виконується незалежно один від одного;

- також було розроблено стартап-проект на тему система інтелектуального керування енергобезпекою будинку у якому було описано наступні аспекти: особливості та стан ринку даного роду продукту, ціль стартапу та його концепція, визначеного можливі переваги та недоліки, а також загрози та можливості, відповідно до яких розроблено концепцію мінімізації загроз та покращення ситуації щодо слабких сторін, описано план розвитку та маркетингу, описано загальні можливі витрати на стартап та обрано стратегії просування та розвитку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1) Halim H., Festim H., Florim I. An intelligent smart home energy management algorithm. Journal of Natural Sciences and Mathematics of UT, Vol. 5, No. 9-10. 2020. P. 59-68. URL: [https://www.researchgate.net/publication/349766578\\_AN\\_INTELLIGENT\\_SMART\\_HOME\\_ENERGY\\_MANAGEMENT\\_ALGORITHM](https://www.researchgate.net/publication/349766578_AN_INTELLIGENT_SMART_HOME_ENERGY_MANAGEMENT_ALGORITHM);

2) Emmanuel A. A., Kwame Agyeman-Prempeh, Christian A. G., Kwadwo Ntiamoah-Sarpong, James D. Smart Home Energy Management System based on the Internet of Things (IoT). (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 12, No. 2, 2021. P. 722-730. DOI: 10.14569/IJACSA.2021.0120290;

3) Rizwan M., Nurul A. A., Imran A., Yousaf B. Z., Muhammad F. M., Muhammad U. An Intelligent, Secure, and Smart Home Automation System. Hindawi. Scientific Programming. Volume 2020, Article ID 4579291. P. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/4579291>;

4) Diponkar K., Tushar K. D., Md. Ebrahim K., Abdullah A. M. Smart Home Automation System Using on IoT. International Journal of Scientific & Engineering Research. Volume 11. Issue 6, June. 2020. P. 697-701 DOI: 10.14299/ijser.2020.06.03;

5) K. Venkatesh. P. Rajkumar, S. Hemaswathi, B.Rajalingam. IoT Based Home Automation Using Raspberry Pi. Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 10, 07-Special Issue, 2018. P. 1721-1728.

6) Збірник праць XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 20-21 грудня 2023 р. □ К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – С. 169-172.;

7) Raspberry Pi. Raspberry Pi 3 Model B. Доступно: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>;

8) Теслюк В. М., Казарян А.Г. Вибір оптимального типу штучної нейронної мережі для автоматизованих системи «розумного» будинку. Науковий вісник НЛТУ України, 2020, т. 30, № 5. С.90-93. DOI: <https://doi.org/10.36930/40300515>;

9) Kamran T., Mohsen G., Nazila R., Sayyad N., As'ad A. An Overview of the Architecture of Home Energy Management System as Microgrids, Automation Systems, Communication Protocols, Security, and Cyber Challenges. Sustainability 2022, 14, 15938. P.1- DOI: <https://doi.org/10.3390/su142315938>;

10) Інтелектуальні системи керування: конспект лекцій [Текст] / В. О. Апостолюк, О. С. Апостолюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 88 с. – Бібліогр.: с. 84 –85;

11) Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с. : іл. – Біблігр.: с. 328–330;

12) Ams osram. Ams TSL2561 Ambient Light Sensor. Доступно: <https://ams-osram.com/products/sensors/ambient-light-color-spectral-proximity-sensors/ams-tsl2561-ambient-light-sensor>;

13) Components 101. HC-SR501 PIR Sensor. Доступно: <https://components101.com/sensors/hc-sr501-pir-sensor>;

14) Mini tech. Датчик температури та вологості DHT21/AM2301. Доступно: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/datchik-temperature-i-vlazhnosti-dht21-am2301>;

15) Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.