

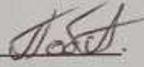
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

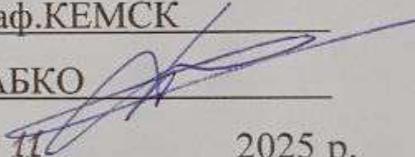
на тему:

«Інтелектуальна система керування за принципом “розумний будинок”»

Виконав: студент ІІ курсу групи ЕПА-24м
спеціальності 141 – Електроенергетика
електротехніка та електромеханіка

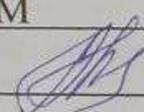
Олександр ПОБЛОЦЬКИЙ 

Керівник: д.т.н., проф. каф.КЕМСК

Володимир ГРАБКО 

«25» 11 2025 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Олексій БАБЕНКО 

«19» 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри КЕМСК

к.т.н., доц. Микола МОШНОРИЗ 

«25» 11 2025 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра електроенергетики та електромеханіки
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕМСК

к.т.н., доц. Микола МОШНОРІЗ

«24» 09 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Поблоцькому Олександрю Олександровичу

1. Тема роботи – Інтелектуальна система керування за принципом “розумний будинок”
керівник роботи: Грабко Володимир Віталійович д.т.н., проф. каф.КЕМСК затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» 09 2025 р. №_____.
2. Строк подання студентом роботи «25» 11 2025 р.
3. Вхідні данні: тривалий безперервний режим функціонування системи опалення та освітлення в умовах побутового середовища з напругою 220 В і загальним навантаженням до 7 кВт.
4. Зміст текстової частини: Вступ; 1 Аналітичний розділ поняття, структура та принципи роботи системи «розумний будинок»; 2 Проектно-конструкторський розділ архітектура системи, вибір контролера та обладнання; 3 Розробка і дослідження системи керування освітлення, опалення, безпека, алгоритми роботи, енергоефективність; 4 Економічна частина; 5 Охорона праці та безпека; Висновки.
5. Перелік графічної частини: Можливості інтелектуальної системи керування за принципом «розумний будинок»; Розпінування плати Arduino Uno; Схема електрична принципова плати Arduino Uno R3; Симуляція системи безпеки «Розумний дім» Алгоритми роботи та структури систем охорони та освітлення, водопостачання, опалення та автоматичного відкривання воріт

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Грабко В. В., д.т.н., проф. каф.КЕМСК	24.09.25р	21.11.25р
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ	24.09.25р	21.11.25р

7. Дата видачі завдання «24» 09 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування та затвердження теми магістерською кваліфікаційної роботи (МКР)	24.09.2025р.	Вик
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	28.10.2025р.	Вик
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	21.11.2025р.	Вик
4	Виконання розділу «Економічна частина»	21.11.2025р.	Вик
5	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	21.11.2025р.	Вик
6	Нормо контроль МКР	21.11.2025р.	Вик
7	Попередній захист МКР	21.11.2025р.	Вик
8	Рецензування МКР	19.12.2025р.	Вик
9	Захист МКР	24.12.2025р.	Вик

Студент

Побл. А.
(підпис)

Олександр ПОБЛОЦЬКИЙ
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

[Підпис]
(підпис)

Володимир ГРАБКО
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

УДК 62-523.8

Поблоцький О.О. Інтелектуальна система керування за принципом “розумний будинок” Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма – «Електромеханічна система автоматизації та електропривод». Вінниця: ВНТУ, 2025..

На укр. мові. Бібліогр.: 47 назв; рис.: 41; табл. 11

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено архітектуру, алгоритми функціонування та реалізовано програмно-апаратний комплекс для інтелектуальної системи керування за принципом «розумний будинок» з підвищеною ефективністю та сформульовано мету досліджень

Проведено аналіз існуючих систем домашньої автоматизації.

Розроблено та реалізовано програмно-апаратну частину комплексу на базі мікроконтролера Arduino та бездротових комунікаційних модулів.

Впроваджено інтелектуальні алгоритми моніторингу та керування, що дозволяють у реальному часі оптимізувати режими роботи обладнання та мінімізувати непродуктивні витрати електроенергії.

Результати магістерської кваліфікаційної роботи можна використати для побудови адаптивних, систем управління житловими та комерційними приміщеннями. Економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження системи та значну економію ресурсів

Ключові слова: Інтелектуальна система керування, розумний будинок, автоматизація, енергоефективність, Arduino.

ABSTRACT

In the master's qualification work, the architecture, operating algorithms and a hardware-software complex for an intelligent control system based on the “smart house” principle with increased efficiency were developed and the research goal was formulated. An analysis of existing home automation systems was carried out.

The hardware-software part of the complex was developed and implemented based on the Arduino microcontroller and wireless communication modules.

Intelligent monitoring and control algorithms have been implemented, allowing in real time to optimize the operating modes of the equipment and minimize unproductive electricity consumption.

The results of the master's qualification work can be used to build adaptive, residential and commercial premises management systems. Economic calculations confirmed the feasibility of implementing the system and significant resource savings.

Keywords: Intelligent control system, smart home, automation, energy efficiency, Arduino.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	5
1.1 Поняття, концепція і основні можливості «розумного будинку»	5
1.2 Загальна структура та принцип роботи системи «розумний дім».....	9
1.3 Поняття «протокол» у контексті систем «розумний дім»	10
1.4 Методи та засоби підвищення ефективності «розумного будинку».....	12
1.4.1 Освітлення	13
1.4.2 Клімат-контроль	14
1.4.3 Безпеки і відеоспостереження	15
1.4.4 Контроль протікання води і витоку газу.....	16
1.4.5 Штучний інтелект в розумному будинку	17
1.5 Висновки.....	17
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	18
2.1 Огляд готових рішень на ринку.....	18
2.1.1 Ajax Systems	18
2.1.2 Fibaro.....	19
2.1.3 Xiaomi Smart Home.....	19
2.1.4 Orvibo	20
2.2 Постановка задач.....	23
2.3 Контроль за споживанням електроенергії	23
2.4 Система безпеки «Розумний дім»	25
2.5 Висновки.....	26
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	27
3.1 Обґрунтування вибору контролера для інтелектуальної системи «розумного дому»	27
3.2 Мікроконтролерна платформа Arduino.....	29
3.3 Інші компоненти інтелектуальних систем	31
3.4 Системи безпеки та контролю освітлення.....	36
3.4.1 Реалізація пристрою системи безпеки та контролю освітлення.....	39
3.4.2 Дослідження продуктивності системи.....	43
3.5 Система автоматичного відкривання відкатних воріт	47
3.5.1 Алгоритм та структура системи автоматичного відкривання відкатних воріт.....	47
3.5.2 Розрахунок потужності та комутаційного обладнання.....	51
3.6 Система водопостачання	51
3.6.1 Структура та алгоритм роботи системи водопостачання	52
3.6.2 Розрахунки потужності для системи водопостачання	55

3.7 Система опалення.....	57
3.8 Системи заощадження електроенергії розумного будинку	59
3.8.1 Логіка та компоненти системи	59
3.8.2 Збір даних та розрахунок ефективності	62
3.9 Висновки.....	65
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	66
4.1 Визначення величини витрат запропонованого варіанту	66
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	68
4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	68
4.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу	68
4.2.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію.....	70
4.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання	71
4.2.5 Інші витрати	73
4.3 Визначення терміну окупності нового рішення	74
4.4 Висновки.....	75
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
5.1. Аналіз можливих небезпечних і шкідливих виробничих чинників, електробезпеки, пожежної небезпеки певного об'єкта дослідження.....	76
5.1.1. Основні поняття охорони праці.....	76
5.1.2. Вимоги електробезпеки	77
5.1.3. Групи допуску з електробезпеки	78
5.1.4. Періодичність навчання з електробезпеки	80
5.1.5. Система попередження пожеж та протипожежний захист	81
5.2. Забезпечення захисту персоналу та екологічна безпека в умовах виробництва.....	84
5.2.1. Вимоги до персоналу, який експлуатує електроустановки	84
5.2.2. Організація безпечної експлуатації електроустановок	86
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89
Додаток А	91
Додаток Б.....	99

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У сучасному світі автоматизація та цифрові технології є ключовим фактором оптимізації життєвого простору. Робота сучасних інженерних систем житлових приміщень без засобів автоматизації часто супроводжується надмірними витратами енергоресурсів, зниженням рівня безпеки та обмеженим комфортом експлуатації. На стадії проектування систем «розумного будинку» одним із головних факторів, що обмежують широке впровадження інтелектуальних рішень, є висока складність інтеграції різноманітних пристроїв у єдину екосистему та відсутність гнучких алгоритмів керування. Демпфування негативних чинників шляхом автоматизації дозволяє підвищити енергоефективність за рахунок інтелектуального регулювання освітлення та клімату, зміцнити рівень безпеки через безперервний моніторинг об'єкта, а також мінімізувати вплив людського фактору на рутинні процеси управління. Таким чином, удосконалення інтелектуальних систем управління житловими приміщеннями на базі мікроконтролерних технологій, що призводить до підвищення енергоефективності та комфорту, є актуальним науково-технічним завданням.

При описі існуючих систем автоматизації зазвичай розглядаються закриті пропріетарні рішення, які мають обмежену масштабованість. Питання створення адаптивних систем, здатних динамічно змінювати параметрів роботи залежно від даних сенсорної мережі, потребують подальшого вивчення та технічного вдосконалення. На ринку присутні розробки світових лідерів, проте існує гостра потреба у розробці вітчизняних доступних апаратно-програмних комплексів, що враховують специфіку локальних умов експлуатації.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого керування підсистемами житлового приміщення за принципом «розумний будинок» з метою підвищення енергоефективності та комфорту.

Предметом дослідження виступають технічні характеристики, функціональні можливості сучасних мікроконтролерних платформ, сенсорних модулів, а також алгоритми їхньої взаємодії у складі єдиного комплексу.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення продуктивності та ефективності експлуатації житлового простору за рахунок демпфування енергетичних втрат шляхом розробки та удосконалення інтелектуальної системи управління на базі мікроконтролерних технологій.

Для досягнення поставленої мети було вирішено низку завдань, що включали:

1. аналіз існуючих систем домашньої автоматизації та готових технічних рішень;
2. розробку архітектури й алгоритмів функціонування системи;
3. безпосереднє проєктування та реалізацію програмно-апаратного комплексу.

Методи досліджень базуються на використанні положень теорії автоматичного керування, методів системного аналізу та проєктування мікропроцесорних систем. Для розробки комп'ютерних моделей та програмного забезпечення використовувалися спеціалізовані середовища розробки та інструменти статистичного аналізу результатів.

Наукова новизна роботи полягає у розробці вдосконаленої архітектури взаємодії сенсорних модулів, яка в динамічних режимах враховує зміну зовнішніх параметрів для оптимізації енергоспоживання, а також у створенні методу автоматичного налаштування сценаріїв безпеки залежно від стану об'єкта.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблений апаратно-програмний комплекс дозволяє досліджувати перехідні процеси в інженерних мережах та забезпечувати одночасне вимірювання й регулювання параметрів по кількох осях управління (мікроклімат, освітлення, охорона). Зазначені моделі можуть бути використані при проєктуванні систем автоматизації

приватних та багатоквартирних будинків для зниження статичних та динамічних витрат ресурсів.

Публікації за темою роботи За тематикою дослідження опубліковано 1 тези доповідей матеріалів конференцій:

- До питання підвищення інтелектуальності системи «розумний будинок» / О.О. Поблоцький, В.В. Грабко – Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», (з 20 жовтня 2025 року по 26 червня 2026 року), Електронне наукове видання, Режим доступу: URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026>– Вінниця : ВНТУ, 2025. – 2 с.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

У цьому розділі будуть розглянуті існуючі технології «розумних будинків» і аналоги, які виконують такі ж або схожі завдання. У проаналізованих системах буде виявлено достоїнства і недоліки.

1.1 Поняття, концепція і основні можливості «розумного будинку»

«Розумний будинок» - це сучасний тип житлового простору, організований із використанням автоматизованих систем та високотехнологічних пристроїв, що забезпечують комфортне, безпечне та енергоефективне проживання. Під цим терміном розуміють інтегровану систему, здатну контролювати та оптимізувати роботу інженерних мереж, побутових приладів і засобів безпеки, створюючи максимально зручні умови для користувачів.

Вперше концепцію «розумного будинку» було сформульовано Інститутом інтелектуальної будівлі (Вашингтон, округ Колумбія) у 1970-х роках. Вона визначала такий дім як простір, що забезпечує продуктивне та ефективне використання ресурсів і робочих зон.

Подальший розвиток цієї ідеї став можливим завдяки зростанню обчислювальної потужності електронних пристроїв та появі концепції Інтернету речей (IoT). Цей підхід передбачає взаємодію між різними компонентами системи через мережу, що дозволило провести первинну стандартизацію, визначити основні технічні вимоги та рекомендації для створення комплексних рішень.

Незважаючи на відносно коротку історію, сьогодні на ринку представлено десятки різноманітних апаратно-програмних платформ «розумного будинку», які відрізняються функціональністю, масштабованістю та рівнем інтеграції з іншими технологіями.

Система «розумного будинку» повинна мати здатність розпізнавати конкретні події та ситуації, що відбуваються у приміщенні, та відповідно реагувати на них згідно з визначеними алгоритмами. Ключовою

характеристикою такої будівлі є інтеграція різних інженерних та електронних підсистем в єдину керовану інфраструктуру. Це дозволяє реалізувати прогресивну модель взаємодії користувача з житловим простором: достатньо задати бажаний сценарій одним керуючим сигналом, після чого автоматизована система самостійно контролює режими роботи освітлення, клімат-контролю, охоронних та мультимедійних пристроїв.

Завдяки цьому усувається потреба у використанні великої кількості окремих пультів, вимикачів чи панелей для керування різними системами. У «розумному будинку» достатньо одного натискання на настінну клавішу, пульт дистанційного керування або сенсорну панель, щоб активувати заздалегідь налаштований сценарій. Система автоматично адаптує роботу всіх підсистем відповідно до побажань користувача, часу доби, погодних умов та рівня зовнішньої освітленості, забезпечуючи максимальний комфорт та ефективність використання ресурсів.

Концепція інтелектуальної будівлі передбачає створення інтегрованої системи управління, здатної забезпечувати комплексну роботу всіх інженерних підсистем: освітлення, опалення, вентиляції, кондиціонування, водопостачання, контролю доступу та інших. При цьому передбачається відсутність постійного обслуговуючого персоналу, а функції моніторингу та прийняття рішень передаються автоматизованим підсистемам, у яких закладено алгоритми реагування на зміни параметрів датчиків та інші події, включно з позаштатними ситуаціями.

Важливим елементом є можливість швидкого відключення автоматичного режиму та передача управління користувачу, причому інтерфейс має бути уніфікованим і зручним для доступу до всіх підсистем. Концепція також передбачає забезпечення коректної роботи окремих підсистем навіть у разі відмови центрального контролера або інших компонентів системи.

Ще одним принципом є мінімізація витрат на обслуговування та модернізацію, що досягається завдяки використанню єдиних стандартів

побудови підсистем, а також автоматичному виявленню та конфігуруванню нових пристроїв і модулів при їх додаванні до системи.

Система «розумний дім» включає в себе наступні об'єкти автоматизації [5]:

- управління освітленням;
- клімат-контроль;
- управління системою вентиляції;
- централізоване управління системами на кшталт домашнього кінотеатру;
- мультирум;
- системи відеоспостереження;
- охоронно-пожежна сигналізація (ОПС);
- системи контролю доступу;
- контроль електричних навантажень і аварійних станів;
- управління інженерним обладнанням з сенсорних панелей;
- сервер управління.

Інтелектуальна будівля має низку суттєвих переваг, головною з яких є можливість створення складних сценаріїв функціонування, коли всі виконавчі елементи працюють узгоджено та взаємопов'язано. Такий підхід дозволяє реалізовувати ефективні ресурсозберігаючі процедури, зокрема забезпечення контролю доступу та безпеки, постійний моніторинг параметрів інженерних систем із миттєвим комплексним реагуванням на критичні зміни, а також організацію віддаленого керування будівлею завдяки використанню цифрових каналів зв'язку для передавання даних і команд.

Сучасні технології дають змогу одним дотиком перетворити порожнє приміщення на комфортний житловий простір: автоматично вмикається освітлення, встановлюється оптимальний мікроклімат, опускаються штори, наповнюється ванна. Можливе навіть дистанційне керування побутовими приладами, наприклад, розігрів вечері, якщо вона заздалегідь підготовлена.

Керування мультимедійними системами, зокрема домашнім кінотеатром, аудіо- та відеоапаратурою, здійснюється за допомогою сенсорних панелей.

Використання світлорегуляторів дозволяє не лише змінювати яскравість освітлення, а й задавати час, за який вона досягне потрібного рівня. Функція постійного контролю освітленості, що особливо актуальна для офісних приміщень, підтримує заданий рівень світла незалежно від погодних умов.

Автоматичне вмикання зовнішнього освітлення залежно від часу доби та присутності людей підвищує комфорт і водночас може виконувати функцію захисту, відлякуючи небажаних відвідувачів. Для цього використовуються датчики освітленості, що забезпечують точну та своєчасну реакцію системи.

Система «розумного будинку» здійснює безперервний моніторинг температури в кожному приміщенні окремо та підтримує її на заданому рівні шляхом керування клапанами радіаторів, заслінками кондиціонерів або автоматичного вмикання та вимикання вентиляції. Для підвищення енергоефективності передбачено кілька режимів роботи - комфортний, нічний та режим «відсутності мешканців». Перемикання між ними може виконуватися за розкладом або за командою користувача. Температурні параметри для кожного режиму задаються один раз через сенсорну панель у приміщенні.

Система автоматично вимикає опалення чи кондиціонування, якщо вікна відкриті для провітрювання, що дозволяє уникнути зайвих витрат енергії. У літній період автоматизовані жалюзі змінюють кут нахилу ламелей, запобігаючи надмірному проникненню сонячного світла без зменшення природної освітленості. Це знижує нагрівання приміщення та зменшує навантаження на кондиціонер.

Інтелектуальна система також виконує функції безпеки та моніторингу. Вона зберігає інформацію про всі події, що відбулися під час відсутності власників: час приходу та виходу відвідувачів, тривалість їх перебування, а також фіксує обличчя та дії. У разі несанкціонованого проникнення система надсилає сповіщення власнику, здійснює виклик охорони та активує захисні сценарії.

При виникненні аварійних ситуацій, наприклад, витоку води, система не лише інформує відповідні служби, але й автоматично локалізує проблему, перекриваючи подачу води.

Під час тривалої відсутності господарів «розумний будинок» може імітувати присутність мешканців, вмикаючи у вечірній час світло та музику, що створює ефект заселеного приміщення та додатково підвищує рівень безпеки.

1.2 Загальна структура та принцип роботи системи «розумний дім»

Система «розумний дім» забезпечує централізований контроль та інтелектуальне управління інженерними й побутовими підсистемами у житлових, офісних та громадських приміщеннях. Її архітектура включає центральний процесор управління (головний блок), комплекс датчиків різного призначення (температури, освітленості, задимленості, руху тощо), керуючі пристрої (димери, реле, інфрачервоні емітери та інші модулі), а також інтерфейси управління - від кнопочних вимикачів і пультів дистанційного керування до сенсорних панелей та web/wap-доступу.

Усі ці елементи об'єднані власною мережею управління, яка взаємодіє з керованими пристроями, такими як світильники, кондиціонери, мультимедійні комплекси. Додатково система може інтегруватися з допоміжними мережами Ethernet, телефонними лініями, системами розподілу аудіо- та відеосигналу. Функціонування комплексу забезпечується спеціалізованим програмним забезпеченням, розробленим з урахуванням вимог конкретного проєкту.

Центральний процесор виконує управління підпорядкованими пристроями через різні інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, інфрачервоні канали, аналогові та цифрові входи/виходи. Він оснащений багатозадачною операційною системою, інструментальними засобами програмування, а в окремих випадках - вбудованим web-сервером. Датчики розміщуються у визначених зонах приміщення та підключаються безпосередньо або через проміжні модулі до єдиної мережі. Інтерфейси управління забезпечують користувачеві доступ до всіх функцій системи.

Принцип роботи полягає в тому, що інформація від датчиків або інтерфейсів надходить по внутрішній мережі до центрального процесора, де програмне забезпечення аналізує отримані дані та формує команди для керуючих пристроїв. Передача команд може здійснюватися як через власну мережу управління, так і через допоміжні канали. Логіка генерації команд, а також формат і зміст відображуваної інформації визначаються на етапі розробки програмного забезпечення відповідно до технічного завдання.

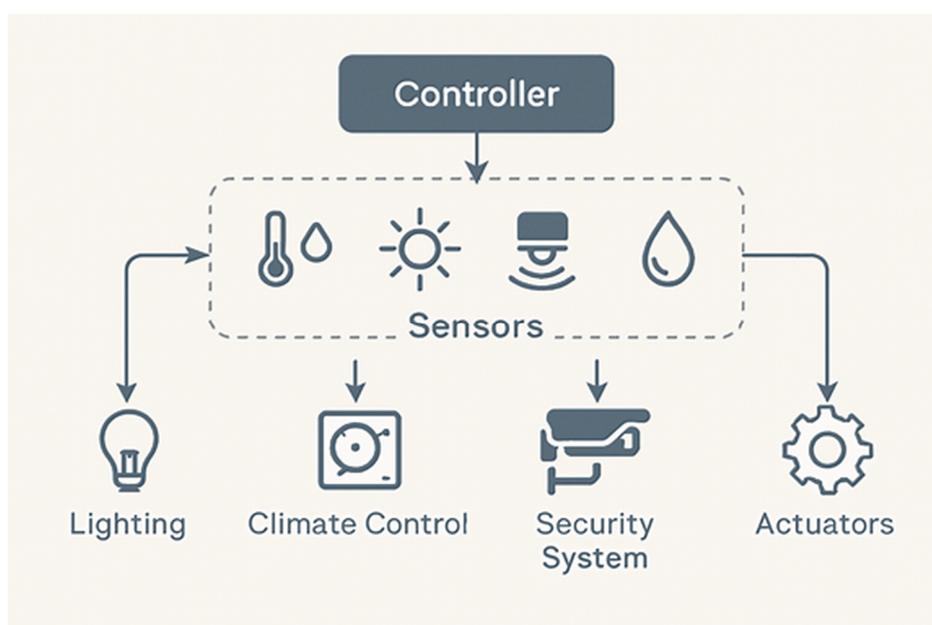


Рисунок 1.1 – Схема взаємодії контролера з датчиками і виконавчими пристроями у централізованій системі «розумного будинку».

1.3 Поняття «протокол» у контексті систем «розумний дім»

У мережевих технологіях термін протокол означає набір попередньо визначених правил і стандартів, що регламентують обмін даними між пристроями. Один пристрій може підтримувати кілька протоколів, проте для виконання певних операцій можуть бути необхідні конкретні з них.

У сфері домашньої автоматизації протокол визначає спосіб передавання інформації між дротовими та бездротовими пристроями системи. Кожна система «розумного дому» базується на певній технології обміну даними між усіма її модулями. Ці технології відрізняються за такими параметрами, як

продуктивність, пропускна здатність, швидкість передавання даних, енергоспоживання та масштабованість.

Під час будівництва нового будинку, оснащеного інтелектуальною електронікою, можливо забезпечити професійне проєктування, монтаж та налаштування системи. Водночас технології IoT для «розумного дому» можуть бути впроваджені й у вже існуючі будівлі шляхом поступової модернізації.

На практиці часто відсутня постійна професійна підтримка як на етапі проєктування, так і під час експлуатації системи. Це вимагає від користувачів або інтеграторів глибшого розуміння принципів роботи обраних протоколів, щоб забезпечити стабільність, сумісність та ефективність роботи всієї інфраструктури.

Найчастіше сучасні пристрої використовують Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee та Z-Wave. Кожна технологія має свої переваги й обмеження, а для максимальної ефективності їх можна комбінувати.

- Wi-Fi - основа для IP-камер, телевізорів, медіа плеєрів та іншої техніки з передаванням відео. Може застосовуватись у вимикачах, датчиках і термостатах, але високе енергоспоживання та відсутність ретрансляції сигналу обмежують автономність. Немає єдиного стандарту керування - кожен виробник пропонує власний застосунок.
- Bluetooth - енергоефективний для навушників, колонок і датчиків на батарейках. Проблема аналогічна Wi-Fi - відсутність універсального стандарту. Версія 5.0 підтримує mesh-мережі, але поки мало поширена.
- ZigBee - створений для мереж датчиків (електро-, водо-, газолічильники, температурні сенсори). Підтримує mesh-топологію з ретрансляцією сигналу, має профіль «домашньої автоматизації». Використовується у реле, димерах, лампах, термостатах, замках, датчиках. Перевага - доступна ціна; недолік - неповна сумісність між виробниками.
- Z-Wave - бездротовий протокол для домашньої автоматизації з повною сумісністю пристроїв різних брендів. Понад 3000 моделей покривають усі

потреби «розумного будинку». Працює у mesh-мережі з автоматичним вибором маршруту. Недолік - висока ціна (60–80 € за пристрій).

Для різних підсистем доцільно застосовувати різні протоколи, комбінуючи їхні сильні сторони.

Таблиця 1.1 – Найпоширеніші протоколи систем розумного будинку

Протокол	Zigbee	Z-Wave	Wi-Fi	Bluetooth
Тип з'єднання	Бездротовий (2.4 ГГц)	Бездротовий (868/915 МГц)	Бездротовий (2.4/5 ГГц)	Бездротовий (2.4 ГГц)
Діапазон дії	10–100 м	30–100 м	30–50 м	5–30 м
Швидкість передачі даних	до 250 кбіт/с	до 100 кбіт/с	до 1 Гбіт/с	до 2 Мбіт/с
Енергоспоживання	Дуже низьке	Дуже низьке	Високе	Дуже низьке
Переваги	Низьке енергоспоживання, підтримка великої кількості пристроїв, mesh-мережа	Стабільна робота, менше перешкод завдяки іншій частоті, mesh-мережа	Висока швидкість, сумісність з існуючою інфраструктурою	Енергоефективність, простота інтеграції з мобільними пристроями
Недоліки	Менший радіус дії порівняно з Wi-Fi, потребує шлюзу	Обмежена швидкість, закритий стандарт	Високе енергоспоживання, менша стабільність при великій кількості пристроїв	Обмежений радіус дії, не підходить для великої кількості вузлів

1.4 Методи та засоби підвищення ефективності «розумного будинку»

Сучасні технології роблять «розумний дім» найзручнішою формою керування побутовою технікою. Для стабільної та ефективної роботи необхідно правильно підібрати й налаштувати електронні компоненти та алгоритми керування, що забезпечить узгоджену роботу всіх підсистем

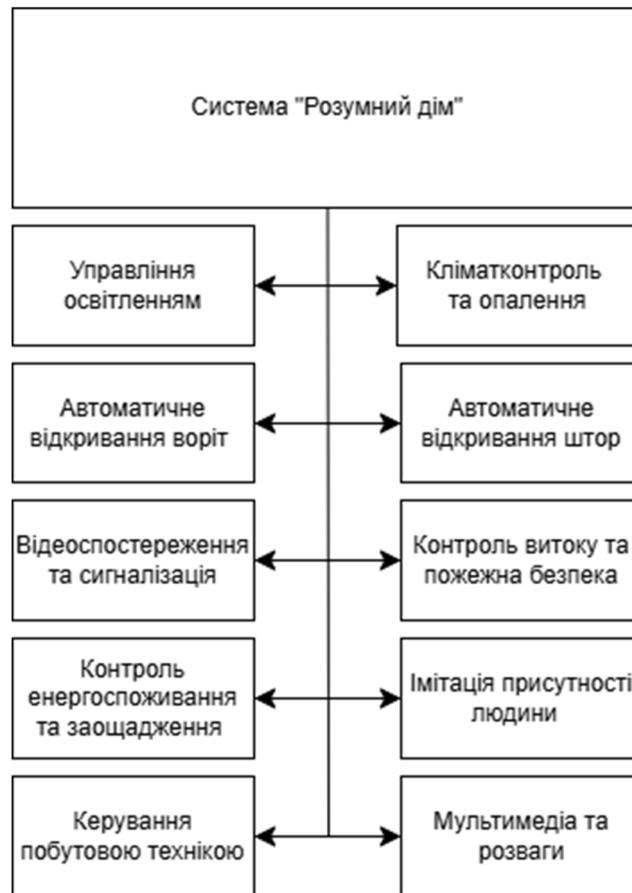


Рисунок 1.2 – Можливості інтелектуальної системи контролю за принципом «розумний дім»

1.4.1 Освітлення

Освітлення споживає значну частку енергії, тому раціональне керування ним є важливим елементом енергоефективності. Системи управління освітленням підвищують ефективність, комфорт і безпеку, а також можуть працювати автономно, підлаштовуючись під рівень природної освітленості, час доби та присутність людей. Сучасні рішення переходять від аналогового до цифрового керування, що забезпечує гнучку інтеграцію з іншими пристроями, у тому числі через бездротові технології.

Приклади технологій для LED-освітлення:

- Стандартний RGB-контролер - керування трьома кольорами, підтримка програм, можливість розширення адрес через репітери.
- Багатоканальний RGB-контролер - три й більше каналів, об'єднання в систему для світло динамічних сценаріїв, програмування з ПК.

- DMX RGB-контролер - протокол DMX-512, до 512 каналів, підключення через USB, гнучкі сценарії освітлення.
- DALI RGB-контролер - дво-направлений цифровий обмін, до 12 800 адрес, масштабування через роутери.

Можливості розумного освітлення:

- Імітація присутності господарів.
- Автоматичне зниження яскравості під час перегляду телевізора.
- Виконання функцій будильника та сповіщення.
- Автоматичне вмикання/вимикання світла за допомогою сенсорів руху.
- Створення світлових сценаріїв, зміна кольору та колірної температури.

Поєднання енергоефективних LED-ламп, сенсорів і бездротових технологій дозволяє зменшити витрати на електроенергію, підвищити комфорт і створити індивідуальну атмосферу в приміщенні.

1.4.2 Клімат-контроль

Система клімат-контролю підтримує задані параметри мікроклімату в різних зонах приміщення з мінімальними витратами енергії. Вона забезпечує нагрів або охолодження, виключаючи одночасну роботу кондиціонера та опалення (виняток - тепла підлога).

Передбачені режими «денна відсутність» і «відпустка» дозволяють зменшити або повністю вимкнути роботу обладнання під час відсутності мешканців. Керування можливе дистанційно - телефоном або через інтернет.

Система дає змогу індивідуально регулювати температуру, вологість, подачу свіжого повітря, роботу фільтрації та вентиляції для кожного приміщення. Можливе створення персональних кліматичних сценаріїв, у тому числі для збереження чутливих предметів (картин, книг, вин).

Для роботи використовуються датчики температури, вологості, якості повітря, а також панелі та перемикачі керування. Система може автоматично відкривати вікна, змінювати режими радіаторів і теплої підлоги, підтримувати параметри у спеціальних приміщеннях та аварійно зупиняти опалення.

Таким чином, клімат-контроль забезпечує комфорт, енергоефективність і гнучке налаштування умов у будинку чи офісі.

1.4.3 Безпеки і відеоспостереження

Постановка та зняття квартири з охорони здійснюється за допомогою кодової панелі, розташованої у тамбурі. Після відкриття вхідних дверей користувач має певний час для введення правильного коду. У разі його відсутності система активує сирени та надсилає SMS-повідомлення на заздалегідь визначені номери телефонів. Датчики руху, встановлені у кухні, спальні та вітальні, дозволяють виявляти проникнення через вікна.



Рисунок 1.3 – Схема застосування датчиків руху в квартирі з системою «розумний будинок»

При виході з квартири достатньо ввести код на охоронній панелі - система не лише активує сигналізацію, а й вимикає освітлення та переводить опалення в режим енергозбереження. Система відеоспостереження забезпечує можливість перегляду зображення з камер на телевізорі або пульті, дистанційного відкривання в'їзних воріт та доступу гостей у будинок. Камери можуть автоматично наводитися на зону, де зафіксовано рух, та виконувати як плановий, так і позаплановий моніторинг приміщень і прилеглої території.

Інтегрована система управління безпекою може об'єднувати датчики пожежної безпеки, встановлені у всіх приміщеннях. У разі спрацювання вона не лише повідомляє власників, але й автоматично відключає електроживлення та перекриває газ. За потреби надсилається сигнал на пульт пожежного спостереження. Такі рішення реалізуються шляхом інтеграції з професійними охоронно-пожежними системами, що забезпечує комплексний захист житла.

1.4.4 Контроль протікання води і витоку газу

До складу аварійних систем сигналізації входять головним чином датчики витоку води та газу. При спрацюванні датчика інформація миттєво надходить до центрального контролера, який автоматично перекриває подачу газу або води за допомогою електроклапана. Одночасно надсилається повідомлення власникам і, за потреби, аварійним службам.

Контрольованими зонами для датчиків протікання води є санвузли та кухня - місця з найбільшою ймовірністю аварій. У разі прориву труби або переливу води система блокує подачу води та надсилає SMS-сповіщення на визначені номери.



Рисунок 1.4 – Схема використання датчиків протікання води

1.4.5 Штучний інтелект в розумному будинку

За даними Cisco, до 2021 року близько 46% програм для автоматизації, безпеки та відеоспостереження працюватимуть на базі штучного інтелекту. Зростатиме доступність електронних пристроїв, а більшість техніки у будинку, саду чи гаражі керуватиметься зі смартфона або планшета.

Сучасні інтелектуальні системи, такі як Amazon Echo та Google Home, об'єднують пристрої через інтернет речей (IoT) і виконують голосові команди, проте повна автоматизація домашнього простору залишається завданням майбутнього. Популярні смарт-системи: Nest, HomeKit, Wink, SmartThings, Brillo. Лідерами ринку залишаються Amazon Alexa, Apple HomeKit та Google Home. Є як преміальні рішення, так і бюджетні, наприклад Orvibo Security Kit. Великі технологічні компанії роблять ставку на голосових помічників, щоб забезпечити комфорт усім користувачам, зокрема людям з інвалідністю та літнім, для яких автоматизація є особливо важливою.

1.5 Висновки

У результаті аналізу сучасних технологій «розумного будинку» визначено основні принципи та можливості таких систем: інтеграція інженерних мереж, автоматизація керування освітленням, кліматом, безпекою та ресурсами. Виявлено переваги — підвищення комфорту, енергоефективності та безпеки, а також недоліки існуючих рішень, що полягають у високій вартості та складності масштабування. Сформовано концептуальну основу для подальшого проектування інтелектуальної системи керування.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Огляд готових рішень на ринку

2.1.1 Ajax Systems

Український виробник професійних систем безпеки та автоматизації, який за останні роки здобув міжнародне визнання. Компанія спеціалізується на створенні бездротових охоронних комплексів, що поєднують високу надійність, сучасний дизайн та інтуїтивне керування.

Центральним елементом є хаб (наприклад, Ajax Hub 2 Plus), який об'єднує всі пристрої в єдину мережу. Зв'язок між компонентами здійснюється через фірмові радіо протоколи Jeweller (для датчиків) та Wings (для передавання фото з датчиків із камерами). Дальність зв'язку - до 2000 м на відкритому просторі. Хаб підтримує 4 незалежні канали зв'язку:

- 2 SIM-карти з LTE
- Wi-Fi
- Ethernet

Це забезпечує безперервну роботу навіть при відмові одного або кількох каналів.



Рисунок 2.1 - Комплектуючі Ajax

2.1.2 Fibaro

Польський виробник преміум-рішень для автоматизації житла, заснований компанією Fibar Group S.A.. З 2018 року входить до складу Nice Group - світового лідера у сфері технологій безпеки та автоматизації. Продукція Fibaro відома у понад 100 країнах світу та вважається однією з найбільш технологічно розвинених бездротових систем «розумного дому». Fibaro побудована на бездротовому протоколі Z-Wave (у нових моделях - Z-Wave Plus), що забезпечує стабільний зв'язок між пристроями на відстані до 100 м у приміщенні та підтримує mesh-топологію з автоматичним вибором маршруту сигналу. Центральним елементом є Fibaro Home Center (Lite, 2 або 3), який керує всіма підключеними модулями та виконує сценарії автоматизації.

Система підтримує інтеграцію з:

- Apple HomeKit
- Google Assistant
- Amazon Alexa
- Samsung SmartThings
- сторонніми IoT-платформами через API



Рисунок 2.2 - Комплектуючі Fibaro

2.1.3 Xiaomi Smart Home

Це екосистема розумних пристроїв, створена китайською компанією Xiaomi та її дочірніми брендами MiJia і Aqara. Вона орієнтована на масовий ринок і поєднує доступну ціну з широким вибором модулів для автоматизації побуту, безпеки та комфорту.

Центральним елементом системи є хаб (шлюз), який з'єднує всі пристрої в єдину мережу. Залежно від моделі, він підтримує ZigBee, Wi-Fi та Bluetooth (у версії BLE Mesh). Хаб підключається до інтернету через Wi-Fi або Ethernet і керується через мобільний застосунок Mi Home (Android, iOS).

Система підтримує інтеграцію з:

- Google Assistant
- Amazon Alexa
- Apple HomeKit (для пристроїв Aqara)
- іншими IoT-платформами через сторонні шлюзи



Рисунок 2.3 - Комплектуючі Xiaomi Smart Home

2.1.4 Orvibo

Китайський виробник інтелектуальних систем для дому, заснований у 2011 році. Компанія спеціалізується на створенні доступних і простих у впровадженні рішень для автоматизації побуту, безпеки та енергозбереження. Її філософія - зробити «розумний дім» максимально доступним для широкого кола користувачів без складного монтажу та дорогого обладнання.

Orvibo пропонує як окремі пристрої, так і готові стартові комплекти. Центральним елементом є хаб (шлюз), який об'єднує всі модулі в єдину систему. Залежно від моделі, використовується ZigBee, Wi-Fi або їх комбінація.

Керування здійснюється через мобільний застосунок HomeMate (iOS, Android) або голосових помічників (Amazon Alexa, Google Assistant).



Рисунок 2.4 - Комплектуючі Orvibo

Переваги:

- Доступна ціна: дешевше за Fibaro, Ajax і Samsung SmartThings, при цьому функціонал ширший, ніж у багатьох бюджетних брендів.
- Простота встановлення: більшість пристроїв можна підключити без спеціальних навичок і без ремонту (на відміну від дротових систем типу KNX).
- Готові комплекти: стартові набори дозволяють швидко розпочати автоматизацію.
- Комбінування протоколів: підтримка ZigBee та Wi-Fi дає гнучкість у виборі пристроїв.
- Інтеграція з голосовими помічниками: підтримка Alexa та Google Assistant, чого немає у деяких локальних брендів.

Недоліки:

- Менша екосистема: вибір пристроїв менший, ніж у Xiaomi Smart Home чи Samsung SmartThings.

- Обмежена сумісність: найкраще працює з власними пристроями, тоді як Z-Wave-системи (Fibaro, SmartThings) підтримують тисячі сторонніх модулів.
- Менше професійних функцій безпеки: у порівнянні з Ajax, Orvibo має базові охоронні можливості, але не пропонує багатоканального зв'язку чи сертифікованого рівня захисту.
- Залежність від хмарних сервісів: при відсутності інтернету частина функцій може бути недоступною (аналогічно до Xiaomi).

Таблиця 2.2 – Порівняння виробників за основними характеристиками

Характеристика	Ajax	Fibaro	Xiaomi Smart Home	Orvibo
Основна спеціалізація	Професійна охоронна система з елементами автоматизації	Повна автоматизація дому (преміум-сегмент)	Масова автоматизація та побутова техніка	Бюджетна автоматизація та базова безпека
Протоколи зв'язку	Jeweller, Wings, GSM, Ethernet, Wi-Fi	Z-Wave / Z-Wave Plus, Wi-Fi	ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth/BLE Mesh	ZigBee, Wi-Fi
Сумісність	Обмежена, переважно власні пристрої	Дуже висока (3000+ пристроїв Z-Wave)	Висока в межах екосистеми Xiaomi/Aqara	Середня, найкраще з власними пристроями
Сильні сторони	Надійність, багатоканальний зв'язок, автономність, професійний рівень безпеки	Повна автоматизація, гнучкі сценарії, преміальний дизайн, широка сумісність	Доступна ціна, великий вибір пристроїв, простота впровадження	Низька ціна, простота встановлення, готові комплекти
Слабкі сторони	Висока ціна, закритість екосистеми, менше мультимедіа-функцій	Висока ціна, складніше налаштування, залежність від хаба	Залежність від хмари, обмежена сумісність поза екосистемою, менший захист каналів	Менша екосистема, базові функції безпеки, залежність від хмари
Ціновий сегмент	Середній–високий	Високий	Низький–середній	Низький
Оптимальне застосування	Максимальна безпека об'єкта	Комплексна автоматизація «під ключ»	Доступна автоматизація з побутовою технікою	Бюджетний старт «розумного дому»

2.2 Постановка задач

Метою майбутнього проектування є створення інтелектуальної системи, здатної здійснювати моніторинг споживання електроенергії в реальному часі, автоматично регулювати роботу енергоємних пристроїв відповідно до тарифних зон, а також реалізовувати сценарії енергозбереження без втрати функціональності. Особливу увагу слід приділити розробці алгоритмів адаптивного керування освітленням, кліматом та побутовою технікою на основі даних від датчиків присутності, температури та освітленості.

Паралельно з енергетичними задачами, система повинна забезпечувати високий рівень безпеки житлового простору. Це передбачає інтеграцію охоронних датчиків, відеоспостереження, тривожних сигналів та механізмів реагування на загрози. Важливо, щоб підсистема безпеки працювала автономно, мала резервні канали зв'язку та могла взаємодіяти з елементами автоматизації - наприклад, блокуванням дверей, перекриттям води чи активацією сирени.

Таким чином, проєктована система повинна поєднувати функції енергетичного моніторингу, автоматичного регулювання навантаження та охоронної інфраструктури, утворюючи єдиний адаптивний комплекс

2.3 Контроль за споживанням електроенергії

Одним із головних викликів, що постає перед сучасними системами розумного будинку, є оптимізація споживання електроенергії. Зростання кількості електроприладів у побуті призводить до суттєвого навантаження на енергетичну інфраструктуру, викликаючи дисбаланс між попитом на енергію та її постачанням. Це, своєю чергою, породжує ризики перевантаження мереж, підвищення тарифів та зниження енергоефективності. Для вирішення цієї проблеми системи розумного дому мають забезпечити інтелектуальне управління енергоспоживанням. У більшості випадків людина не знає яку кількість електроенергії споживає її той чи інший прилад (приблизні відсотки споживання електроенергії приладами можна переглянути на рисунку 2.5) і в

цьому випадку лише можливість контролювати це може зменшити витрати енергії..



Рисунок 2.5 - Споживання енергії в домогосподарствах

Система «розумного будинку» здатна вимірювати та відображати рівень споживання електроенергії усіма пристроями, що підключені до електричної мережі. Вона може встановлювати граничне значення потужності, яке не слід перевищувати, щоб уникнути спрацювання загального вимикача. Крім того, система має змогу активувати електроприлади у періоди зниженого тарифу на електроенергію, а також автоматично вимикати освітлення та опалення у приміщеннях, де не зафіксовано присутності людей. Інтелектуальні термостати, датчики присутності та пристрої моніторингу енергії, що входять до складу системи, сприяють раціональному використанню електроенергії. Вони дозволяють не лише зменшити навантаження на мережу, а й забезпечити економію коштів без втрати комфорту. Крім того, система може бути інтегрована з різними джерелами відновлюваної енергії, що відкриває додаткові можливості для енергоефективного управління домашнім простором.

2.4 Система безпеки «Розумний дім»

У сучасному житловому середовищі впровадження інтелектуальних систем стає не просто додатковою перевагою, а критичною технологічною необхідністю для забезпечення гармонійного балансу між побутовим комфортом, раціональним управлінням ресурсами та багаторівневою безпекою. Стрімке зростання кількості підключених до мережі приладів і розширення доступності цифрових та фізичних каналів взаємодії створюють нові виклики, що вимагають впровадження безкомпромісного захисту від несанкціонованого проникнення та оперативного запобігання аварійним ситуаціям.

Центральним завданням у цій сфері є формування комплексної автоматизованої системи, яка інтегрує в собі засоби охоронного контролю, зокрема високочутливі датчики руху, надійні магнітно-контактні сенсори та потужні блоки сигналізації, що працюють під управлінням єдиної інтелектуальної логіки. В процесі реалізації проєкту особлива увага приділяється аналітичному вибору апаратної платформи та детальному проєктуванню алгоритмів взаємодії між чутливими елементами, центральним контролером та виконавчими пристроями, які мають діяти як єдиний злагоджений організм.

Надзвичайно важливим етапом стає всебічне тестування розробленої системи у сценаріях, що максимально наближені до реальних умов експлуатації, оскільки це дозволяє об'єктивно перевірити її відмово стійкість і здатність до миттєвого прийняття рішень у критичні моменти. Таким чином, сучасна система безпеки «розумний дім» трансформується у досконалий автоматизований інструмент захисту людей та матеріальних цінностей, де вся складність інженерних рішень прихована за максимально простим інтерфейсом, що дозволяє контролювати ситуацію натисканням однієї кнопки.

2.5 Висновки

Проведено огляд готових рішень на ринку та визначено їх сильні й слабкі сторони. На основі цього обґрунтовано умови для вибору мікроконтролера як базової платформи та підбору необхідних сенсорів й комунікаційних модулів. Сформовано архітектуру системи «розумний будинок», яка забезпечує інтеграцію підсистем освітлення, опалення, водопостачання та безпеки. Це створює основу для реалізації адаптивних алгоритмів керування та подальших досліджень

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору контролера для інтелектуальної системи «розумного дому»

При проектуванні інтелектуальної системи розумного будинку ключовим елементом є керуючий контролер, який забезпечує збір інформації з датчиків, обробку сигналів та формування команд керування виконавчими пристроями. Від правильного вибору контролера залежать надійність роботи системи, її функціональні можливості, масштабованість та загальна вартість реалізації.

Для реалізації систем автоматизації будівель можуть використовуватись як промислові програмовані логічні контролери (PLC), так і мікроконтролерні платформи. У даній роботі було проаналізовано рішення провідних виробників промислової автоматизації - Schneider Electric, Siemens, Mitsubishi Electric, а також відкриту мікроконтролерну платформу Arduino, яка широко застосовується у системах розумного будинку та IoT.

Контролери Schneider Electric (серії Zelio Logic, Modicon), Siemens (LOGO!, S7-1200) та Mitsubishi Electric (FX) відзначаються високою надійністю, стійкістю до електромагнітних завад та можливістю безперервної роботи в промислових умовах. Вони мають вбудовані входи та виходи промислового стандарту, підтримують сертифіковані протоколи зв'язку та призначені для експлуатації на об'єктах з підвищеними вимогами до безпеки та відмово-стійкості. Разом з тим, використання таких контролерів у житловому розумному будинку є економічно недоцільним через високу вартість обладнання, платне спеціалізоване програмне забезпечення, а також надлишкову функціональність, яка не використовується в побутових умовах.

Мікроконтролерна платформа Arduino є відкритим та гнучким рішенням, орієнтованим на системи керування малого та середнього масштабу. Вона забезпечує достатню обчислювальну потужність для реалізації алгоритмів автоматичного керування освітленням, опаленням, відкотними воротами та системами моніторингу електроенергії. Arduino легко інтегрується з датчиками

руху, температури, струму, напруги, модулями реального часу та релейними блоками. Програмування здійснюється у середовищі Arduino IDE з використанням мови C/C++, що знижує вимоги до кваліфікації персоналу та спрощує подальше обслуговування системи.

Важливою перевагою Arduino є низька вартість апаратної частини та відсутність ліцензійних обмежень на програмне забезпечення. Це дозволяє значно зменшити загальну вартість інтелектуальної системи розумного будинку без втрати функціональності. Незважаючи на те, що мікроконтролерні рішення поступаються промисловим PLC за рівнем апаратного захисту, у житлових умовах експлуатації даний недолік не є критичним та компенсується застосуванням зовнішніх захисних і силових елементів (реле, контакторів, автоматичних вимикачів).

Таблиця 3.1 - Порівняння контролерів

Параметр	Arduino (Uno / Mega / ESP32)	Schneider Electric (Zelio / Modicon M221)	Siemens (LOGO! / S7-1200)	Mitsubishi Electric (FX5U)
Тип пристрою	Мікроконтролерна платформа	Промисловий PLC	Промисловий PLC	Промисловий PLC
Призначення	Побутова автоматизація, IoT	Будівельна та промислова автоматизація	Промислова автоматизація	Промислова автоматизація
Робоча напруга живлення	5–12 V DC	24 V DC / 230 V AC	24 V DC / 230 V AC	24 V DC
Кількість цифрових входів/виходів	14–54 (залежно від моделі)	10–40	8–40	16–64
Аналогові входи/виходи	6–16	2–8	2–8	4–16
Підтримка реле / контакторів	Через зовнішні модулі	Вбудована	Вбудована	Вбудована
Робота з датчиками (PIR, ДНТ, струм, напруга)	Повна, без обмежень	Обмежена, промислові типи	Обмежена	Обмежена
Комунікаційні інтерфейси	UART, I2C, SPI, Wi-Fi, Bluetooth	Modbus, CAN, Ethernet	PROFINET, Modbus, Ethernet	Ethernet, Modbus
Інтеграція з IoT / хмарою	Так (прямо)	Обмежено	Обмежено	Обмежено
Програмування	Arduino IDE (C/C++)	EcoStruxure Machine Expert	TIA Portal	GX Works

Продовження таблиці - 3.1

Параметр	Arduino (Uno / Mega / ESP32)	Schneider Electric (Zelio / Modicon M221)	Siemens (LOGO! / S7-1200)	Mitsubishi Electric (FX5U)
Ліцензія ПЗ	Безкоштовна	Платна / обмежена	Платна	Платна
Складність програмування	Низька	Середня	Висока	Висока
Вимоги до кваліфікації	Низькі	Середні	Високі	Високі
Надійність	Середня	Висока	Дуже висока	Дуже висока
Робота 24/7	Так	Так	Так	Так
Захист від завад	Програмний	Промисловий	Промисловий	Промисловий
Масштабованість	Обмежена	Висока	Дуже висока	Дуже висока
Сертифікація для промисловості	Ні	Так	Так	Так
Орієнтовна ціна контролера	10–25 €	150–300 €	200–500 €	400–700 €
Додаткові модулі (І/О, комунікація)	2–10 €	50–150 €	80–250 €	100–300 €
Загальна вартість системи	Низька	Середня	Висока	Дуже висока

3.2 Мікроконтролерна платформа Arduino

Плата з сімейства Arduino Rev3, застосовувана для втілення та реалізації системи безпеки «розумного будинку». Arduino Uno у видозміні Arduino Uno Rev3 було вибрано, як найлогічніший варіант для структурної будови безпечної системи (рис. 3.1).

Ця плата використовується в багатьох сферах, найпопулярнішими з яких є системи «розумного будинку», робототехніка, системи безпеки, квадрокоптери, невеликі метеостанції тощо.



Рисунок 3.1 - Плата Arduino UNO Rev3

У той же час плата Arduino Uno менша, ніж інші популярні плати Arduino Mega, з її новою версією, Arduino Mega 2560, і її USB-сумісною модифікацією, Arduino Mega ADK, розміром 10,2 см в довжину і 5,3 см в ширину, з більшою кількістю входів/виходів. Зате такий розмір і потужність зазвичай надлишкові і використовуються лише у великих системах з великою кількістю непростих компонентів.

3.3 Інші компоненти інтелектуальних систем

Для реалізації системи електронної інфраструктури розумного будинку з підвищеною ефективністю використовується мікроконтролер Arduino Uno Rev3 у поєднанні з низкою сенсорних модулів, зокрема інфрачервоними датчиками руху та магнітно-контактними сенсорами, датчиками струму і напруги, сенсорами температури та вологості різноманітними комутаційними приладами та розумними реле також система розумного будинку може включати і безліч інших сенсорів та датчиків в залежності від поставленої задачі. Розглянемо деякі з компонентів що входять до розроблених в цій роботі інтелектуальних систем.

Інфрачервоний датчик руху HC-SR501 призначений для виявлення руху людей або домашніх тварин у зоні дії. Він сумісний з Arduino та іншими мікроконтролерами, що дозволяє легко інтегрувати його в загальну архітектуру розумного будинку. Датчик має два входи живлення (+5 В та 0 В) і цифровий вихід, який передає сигнал про наявність руху. У разі відсутності об'єкта в зоні дії вихідний сигнал має високий рівень (3,3 В), а при виявленні руху - низький.



Рисунок 3.4 - Датчик руху

Інфрачервоний датчик також відіграє важливу роль у системі контролю та оптимізації енергоспоживання в розумному будинку. Завдяки здатності

фіксувати присутність людини в приміщенні, цей сенсор дозволяє автоматизувати процеси керування електроприладами. Зокрема, при тривалій відсутності руху система може вимикати освітлення, кліматичне обладнання або інші енергоспоживчі пристрої, що сприяє значному зниженню витрат електроенергії. Водночас, для забезпечення комфорту мешканців, при виявленні руху - наприклад, при вході людини до кімнати - система може автоматично вмикати освітлення або активувати необхідні прилади. Такий підхід дозволяє поєднати енергоефективність із зручністю користування, що є ключовим принципом сучасних розумних будинків.

Магнітно-контактний датчик МС-38 є ключовим елементом системи безпеки розумного будинку, що реагує на відкриття дверей або вікон. Його конструкція базується на двох симетричних модулях - магніті та сенсорі, кожен із яких розміщений у пластиковому корпусі. У середині сенсора знаходиться геркон із нормально розімкненим контактом, який замикається при наближенні магніта, тобто коли двері або вікно зачинені. У момент відкриття контакт розмикається, і система фіксує зміну стану, подаючи сигнал тривоги. Завдяки простоті монтажу, надійності та низькому енергоспоживанню, МС-38 ефективно інтегрується в енергоощадну інфраструктуру розумного будинку, сприяючи підвищенню рівня безпеки без зайвих витрат енергії.



Рисунок 3.5 - МС-38 Магнітно-контактний датчик

Макетна плата використовується зручного монтажу та тестування елементів системи розумного будинку, вона дозволяє швидко підключати сенсори, виконавчі пристрої та інші компоненти без потреби в пайці. У межах цього проєкту застосовується компактний макет, що спрощує конфігурацію

системи та забезпечує гнучкість у її налаштуванні. Крім того, для розширення функціональності мікроконтролера Arduino Uno використовуються Arduino

Wi-Fi модуль ESP8266 та Bluetooth модуль HC-05

Використання Wi-Fi та Bluetooth модулів у системі «розумного будинку» є обґрунтованим завдяки їхній здатності забезпечувати як локальне, так і віддалене керування інженерними підсистемами. Модулі Wi-Fi (ESP8266, ESP32) дозволяють інтегрувати систему з домашньою мережею та хмарними сервісами, забезпечуючи моніторинг енергоспоживання, водопостачання чи опалення в реальному часі та можливість керування з будь-якої точки світу. Bluetooth-модулі (HC-05, HC-06) забезпечують просте та надійне локальне підключення смартфона або планшета без потреби в інтернеті, що особливо зручно для швидкого доступу до функцій - наприклад, відкривання воріт чи ручного керування насосом. Така комбінація технологій створює гнучку та масштабовану архітектуру, яка підвищує комфорт користувачів, зменшує непродуктивні витрати електроенергії та забезпечує економічну доцільність впровадження системи.



Рисунок 3.6 - Wi-Fi модуль ESP8266

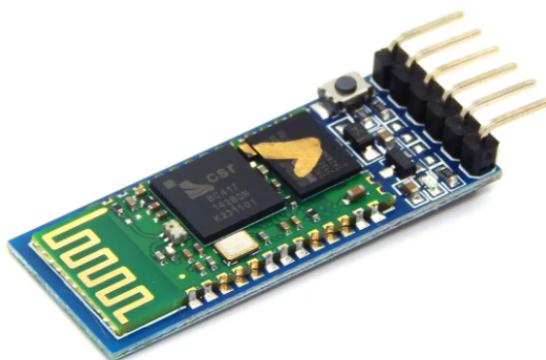


Рисунок 3.7 - Bluetooth модуль HC-05

Shields - модулі, які збільшують кількість доступних входів/виходів, що особливо важливо при реалізації комплексної системи безпеки та енергоконтролю.

Резистори є важливими елементами захисту в електронній системі розумного будинку, особливо при керуванні освітленням, сенсорами та іншими енергоспоживчими пристроями. Вони обмежують напругу, що подається на компоненти, зменшуючи ризик їх пошкодження та підвищуючи загальну надійність системи. У контексті енергоефективності це дозволяє забезпечити стабільну роботу пристроїв без перевантажень, що є критично важливим для довготривалого функціонування розумного будинку з мінімальними втратами енергії.

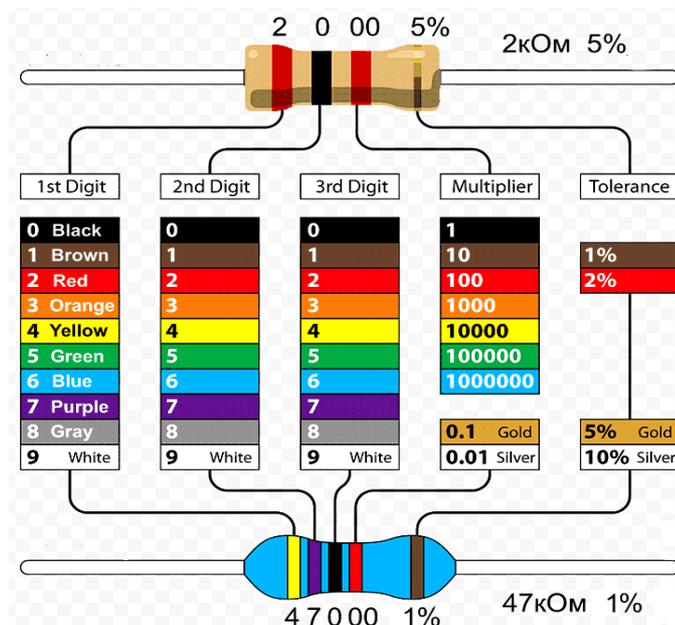


Рисунок 3.8 - DIP резистор і таблиця його кольорів

У розробленій протиугінній системі використовуються резистори DIP в яких незмінний опір і ноінали яких можна визначити за кольором проводки на корпусі і самому корпусі (рис. 3.6).

Мембранна клавіатура 4×4 використовується як елемент керування режимами роботи системи розумного будинку, зокрема для перемикання між стандартним режимом функціонування та режимом безпеки. (рис. 3.7)



Рисунок 3.9 - Мембранна клавіатура 4x4

Такий підхід дозволяє користувачеві вручну керувати станом охоронної системи, та іншими автоматизованими підсистемами розумного будинку, забезпечуючи додатковий рівень контролю, що спрощує розробку логіки взаємодії з клавіатурою в межах системи безпеки та енергоконтролю.

Рідкокристалічний дисплей LCD1602 використовується для виведення інформації про стан системи розумного будинку, зокрема режим роботи, показники енергоспоживання, сигнали тривоги або повідомлення користувачу. Завдяки дворядковому формату з 16 символами в кожному рядку, дисплей забезпечує достатній обсяг текстової інформації для базового інтерфейсу.

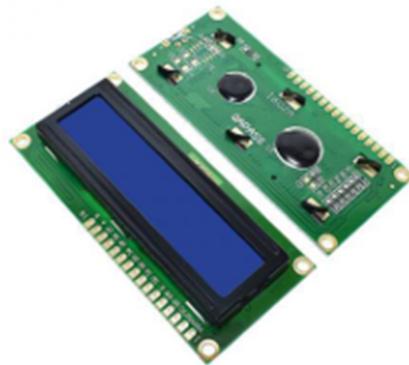


Рисунок 3.10 – LCD1602 рідкокристалічний дисплей

Його інтеграція з Arduino дозволяє оперативно оновлювати дані, що особливо корисно при моніторингу енергоспоживання в реальному часі, управління автоматизованими процесами або при зміні режимів безпеки. LCD1602 сприяє підвищенню зручності користування системою, забезпечуючи візуальний зворотний зв'язок без потреби в зовнішніх пристроях.

Потенціометр DFRobot Rotary Sensor V2 виконує функцію аналогового регулятора в системі розумного будинку, дозволяючи користувачу вручну налаштовувати параметри - наприклад, рівень освітлення, чутливість сенсорів або порогові значення для активації пристроїв. Завдяки плавному обертанню ручки, потенціометр забезпечує точне керування, що особливо важливо для енергоефективного налаштування системи.



Рисунок 3.11 - Потенціометр DFRobot Rotary Sensor V2

Його підключення до Arduino дозволяє зчитувати значення напруги в реальному часі, що відкриває можливості для динамічного регулювання роботи освітлення або кліматичних систем відповідно до потреб користувача.

3.4 Системи безпеки та контролю освітлення

Система освітлення та безпеки побудована на взаємодії датчиків з логічним контролером який в свою чергу контролює роботу споживачів та на забезпечує роботу охоронного режиму ця система має такий структурний вигляд:

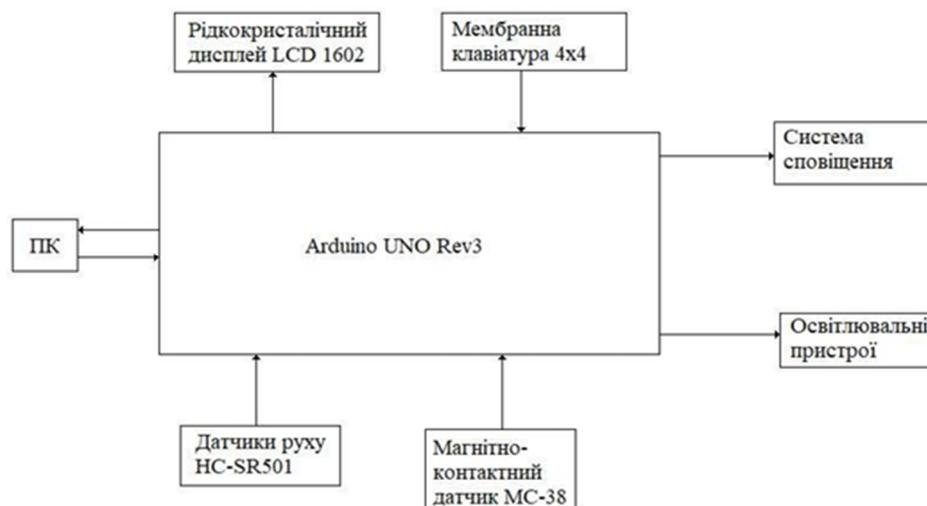


Рисунок 3.12 – Структура системи безпеки та контролю освітлення

Логіка роботи цієї системи побудована на основі двох режимів режиму користування та охоронного, а алгоритм роботи зображено на рисунку 3.10

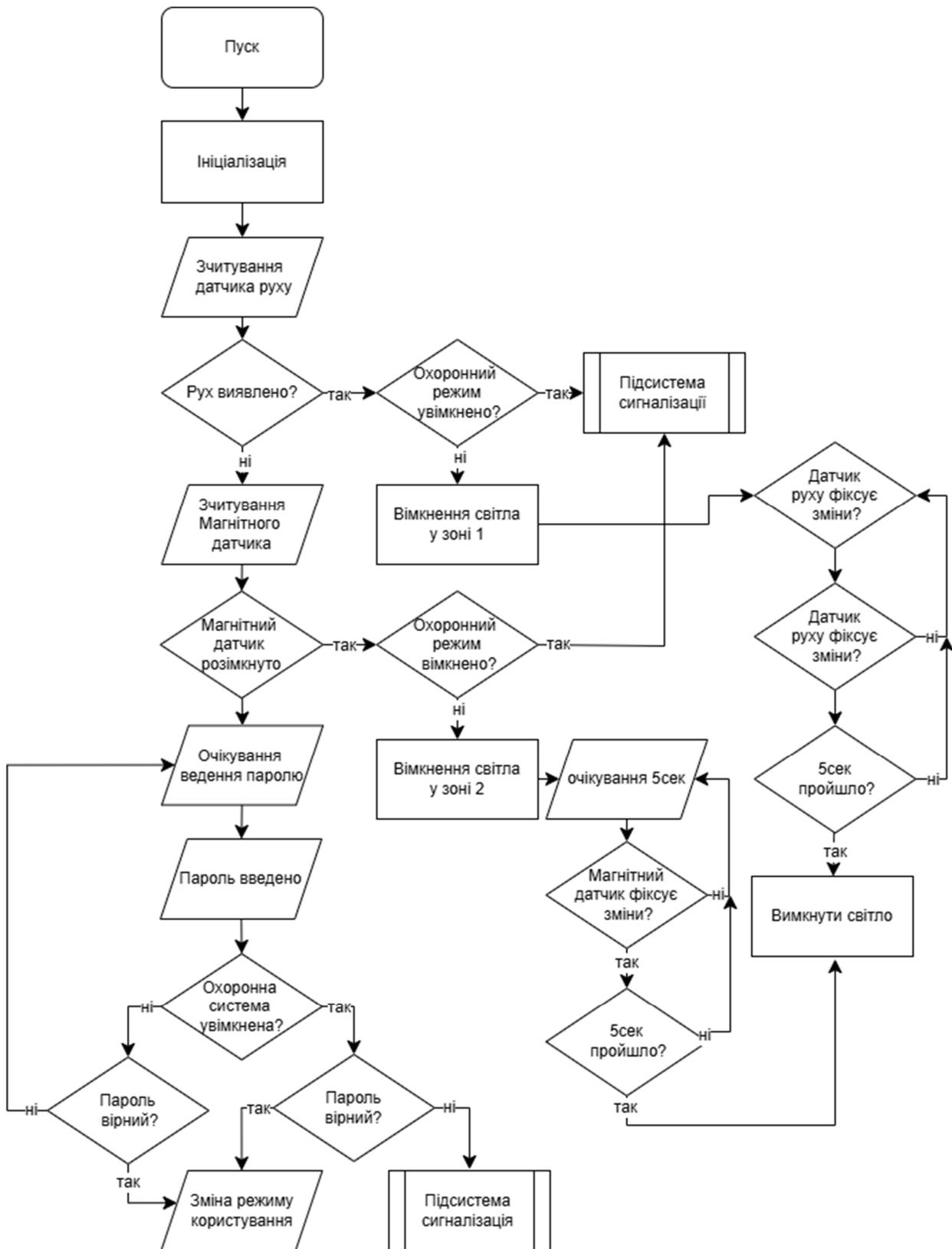


Рисунок 3.13 - Алгоритм роботи системи освітлення та безпеки

У першому режимі система «Розумний дім» виконує базові функції автоматизації, спрямовані на покращення комфорту та зручності повсякденного життя. Зокрема, магнітно-контактні датчики активують освітлення при відкритті входних дверей, а датчики руху - при виявленні присутності мешканця в коридорі. У межах розширення функціоналу цього режиму передбачено впровадження механізмів енергозаощадження: система буде автоматично вимикати освітлення та побутові прилади у приміщеннях, де тривалий час не фіксується рух, а також оптимізувати роботу освітлення відповідно до часу доби та рівня природного освітлення. Такий підхід дозволяє не лише підвищити комфорт, а й суттєво зменшити витрати електроенергії.

У другому режимі активується система безпеки, яка забезпечує охорону житла від несанкціонованого проникнення. У цьому режимі ті самі сенсори, що використовуються для керування освітленням, виконують іншу функцію - при виявленні руху або відкритті дверей вони подають сигнал тривоги, активуючи охоронну сигналізацію. Така логіка дозволяє ефективно використовувати апаратні ресурси системи, забезпечуючи багаторівневий захист без потреби в додаткових пристроях.

Плата Arduino Uno Rev3 у складі системи розумного будинку підключається до джерела живлення, бажано через комп'ютер, що дозволяє здійснювати моніторинг її стану та оновлення програмного забезпечення. Через цифрові порти 13–8 до плати підключається рідкокристалічний дисплей LCD1602, який використовується для виведення інформації про поточний режим роботи системи, введені коди доступу, а також повідомлення про стан безпеки чи енергоспоживання. Це забезпечує зручний візуальний інтерфейс для користувача, дозволяючи оперативно реагувати на зміну параметрів або подій у системі.

До цифрових портів 7–0 підключається мембранна клавіатура 4×4, яка слугує засобом введення кодів для перемикання між режимами роботи системи. У разі введення правильного коду система переходить із стандартного режиму автоматизації до режиму безпеки, активуючи відповідні алгоритми охорони.

Якщо ж введено неправильний код, система негайно подає сигнал тривоги. Магнітно-контактний датчик МС-38 та інфрачервоний датчик руху HC-SR501 відповідають за виявлення подій у приміщенні та передають відповідні сигнали до контролера. У звичайному режимі ці сенсори керують освітленням: при відкритті входних дверей або появи руху в коридорі активується світло, що сприяє підвищенню комфорту та енергоефективності. У режимі безпеки ті самі сенсори виконують охоронну функцію - при виявленні руху чи відкритті дверей система сприймає це як потенційну загрозу та активує сигналізацію. Освітлення може бути налаштоване відповідно до конфігурації приміщень і побажань користувача, а також доповнене додатковими виконавчими пристроями для підвищення стабільності та надійності роботи. Система сповіщення адаптується до конкретних потреб: сигнал тривоги може подаватися у вигляді звукової сирени або передаватися на мобільний пристрій власника чи охоронної служби за допомогою відповідного передавача.

3.4.1 Реалізація пристрою системи безпеки та контролю освітлення

У рамках моделювання охоронної системи «розумного дому» було використано середовище Tinkercad Arduino Services, яке дозволяє реалізувати базову логіку взаємодії між мікроконтролером та периферійними пристроями. Через обмежений набір доступних компонентів у середовищі моделювання, окремі елементи системи були замінені аналогами з подібними функціональними характеристиками. Зокрема, магнітно-контактний сенсор - перемикачем, що дозволяє імітувати сигнали активації та порушення зони контролю. Фінальна конфігурація моделі системи представлена на рисунку 3.10. а також схема електрична принципова на рисунку 3.11

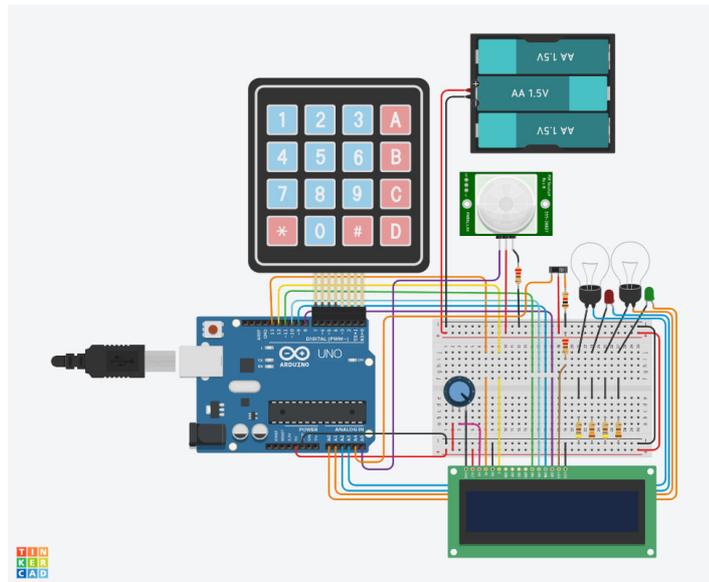


Рисунок 3.14 - Рішення системи безпеки «Розумний дім» у Tinkercad Arduino Services

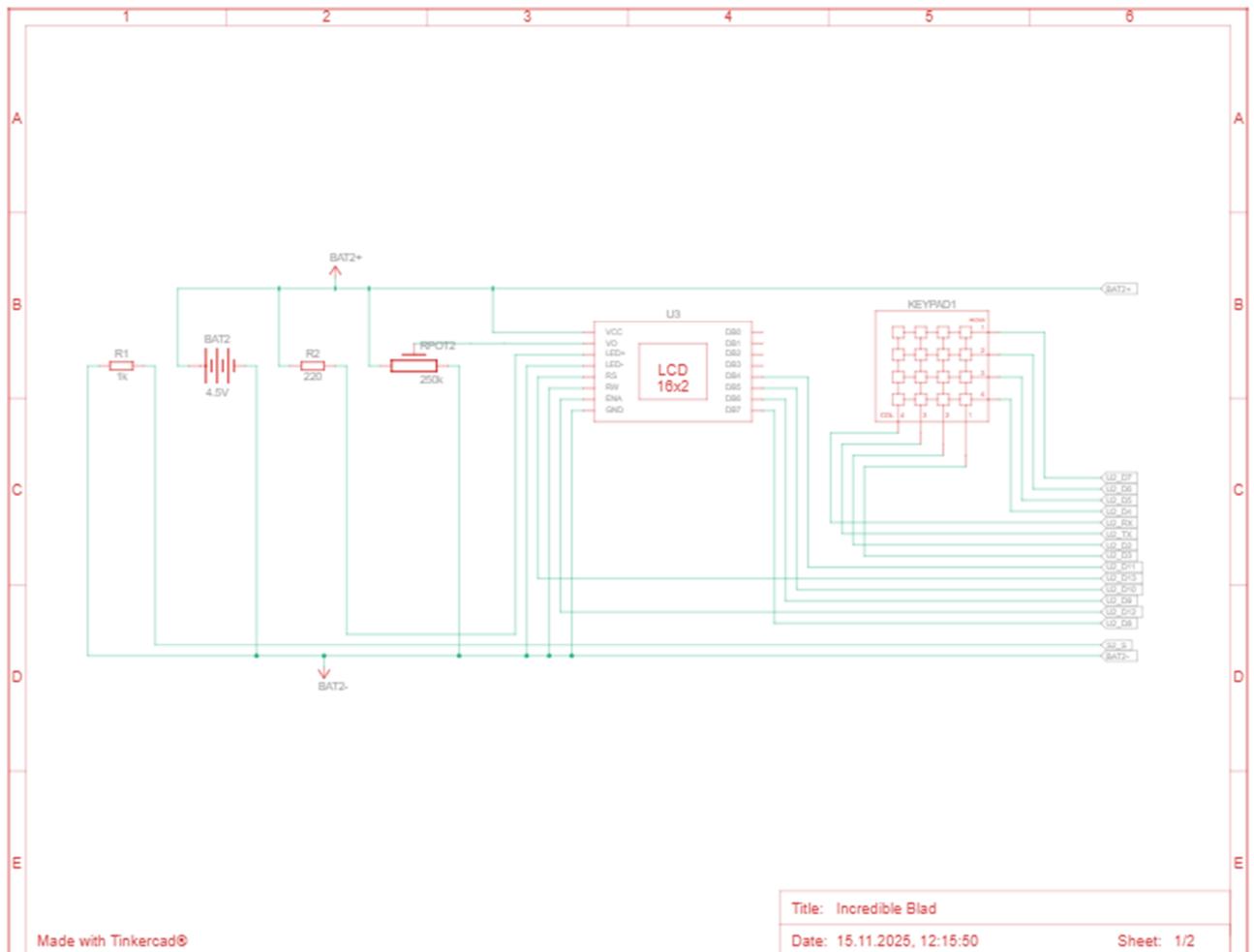


Рисунок 3.15.1 - Схема електрична принципова

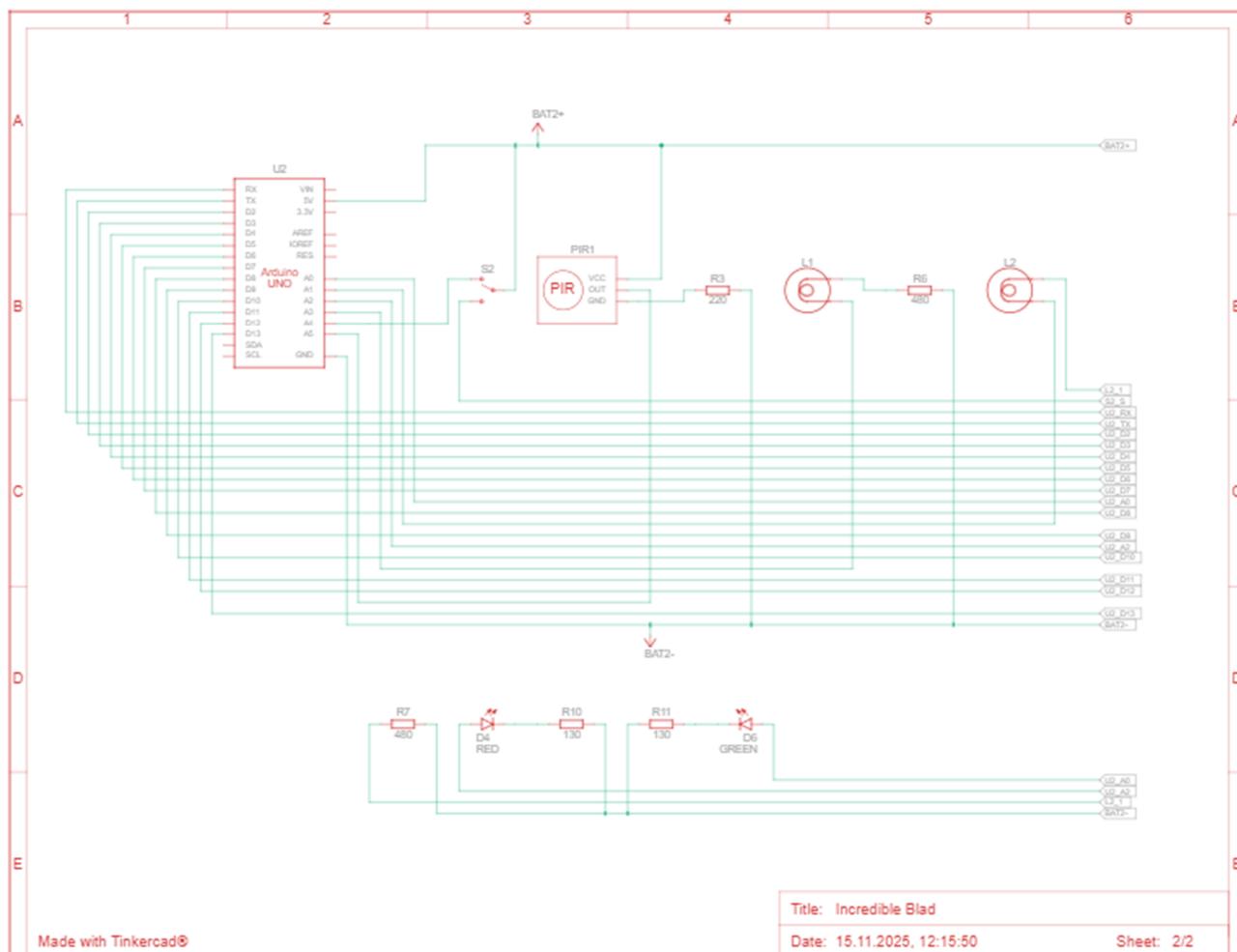


Рисунок 3.15.2 - Схема електрична принципова

Акумулятор 4.5 В, що зображений на схемі, виконує роль зовнішнього джерела живлення, використаного виключно для демонстраційних цілей у середовищі симуляції. У реальних умовах живлення системи може бути реалізоване через стабілізований блок живлення або резервне джерело з контролем заряду.

Програмна частина системи безпеки «розумного дому» побудована на використанні бібліотек, які забезпечують спрощене підключення периферійних пристроїв - клавіатури та РК-дисплея. Це дозволяє інтегрувати елементи введення та відображення інформації без складних апаратних рішень. Для коректної роботи з клавіатурою створюється програмний об'єкт, що визначає кількість рядків і стовпців, а також значення кожної клавіші. У даному випадку використовується мембранна клавіатура 4×4, яка містить 16 клавіш, що дозволяє реалізувати введення коду доступу та керування режимами системи.

Всі натискання зберігаються у масиві, який надалі використовується для аналізу правильності введених даних.

РК-дисплей виконує функцію інтерфейсу користувача, відображаючи повідомлення про стан системи. Для цього задаються параметри екрану (кількість рядків і стовпців), а також визначаються змінні, що зберігають введені символи та результати перевірки. Додатково налаштовуються входи та виходи мікроконтролера, які відповідають за роботу датчиків руху, контактних сенсорів та виконавчих елементів освітлення. Це забезпечує взаємодію між апаратною частиною та програмною логікою.

Основний цикл програми реалізує дві ключові функції. Перша - автоматичне керування освітленням залежно від сигналів сенсорів. При спрацюванні датчика руху або контактного сенсора система активує відповідний вихід, що вмикає освітлення. Для уникнення хибних спрацювань передбачено затримку, яка дозволяє стабілізувати роботу споживачів. Друга функція - перевірка введеного коду доступу. Користувач вводить символи з клавіатури, які порівнюються з еталонним паролем. Якщо дані збігаються, система переходить у режим охорони, очищує екран та готується до подальшої роботи. У випадку неправильного введення пароля система реагує активацією сигналізації: на дисплеї з'являється повідомлення про помилку, виводиться сигнал «Alarm!», а світлодіоди індукують тривогу. Після завершення цього циклу система повертається у початковий стан, що дозволяє повторно вводити код без перезавантаження.

Таким чином, програмна реалізація забезпечує інтеграцію сенсорів, виконавчих елементів та інтерфейсу користувача в єдину автоматизовану систему. Вона дозволяє реалізувати два режими роботи - керування споживачами та охоронний режим - і забезпечує адаптивну реакцію на зміну умов, що відповідає вимогам сучасних систем автоматизації та безпеки.

3.4.2 Дослідження продуктивності системи

Система безпеки розумного дому тестувалася за допомогою послуги Tinkercad Arduino. На рисунку 3.12 показано систему безпеки розумного будинку, яка успішно працює в домашньому режимі.

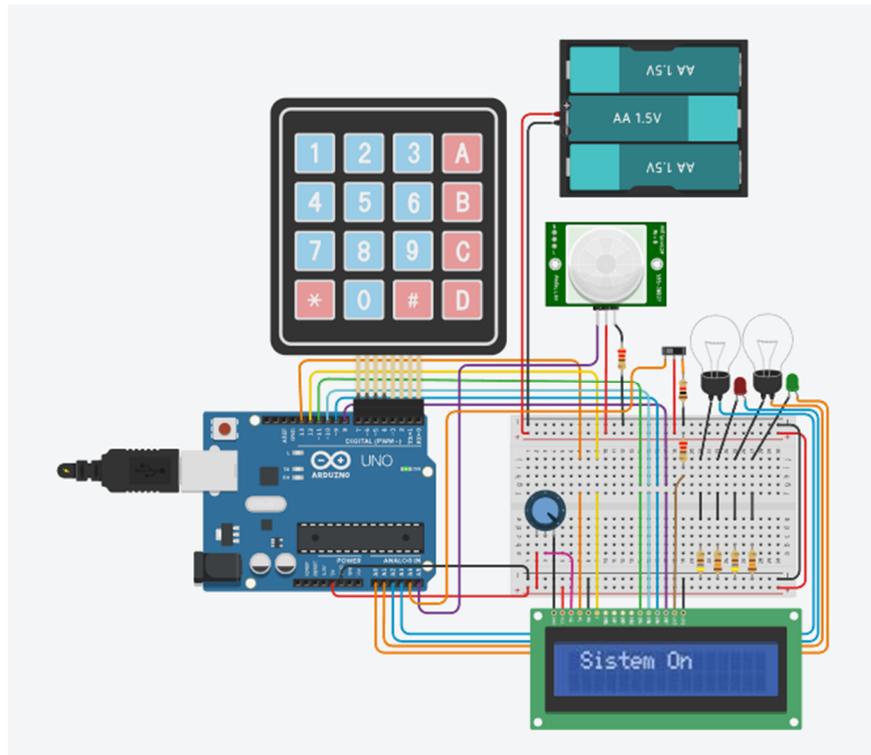


Рисунок 3.16 - Система безпеки «Розумний дім» у домашньому режимі на симуляторі служби Tinkercad Arduino

Після підключення система виглядає так: відображає на екрані повідомлення «System On» (Система ввімкнено), інформуючи користувачеві про активність системи в режимі «Smart Home».

Перевірка роботи системи освітлення у побутовому режимі здійснювалася шляхом активації датчика руху, як показано на рисунку 3.13. Після отримання сигналу від датчика система активує перший освітлювальний прилад (лампу).

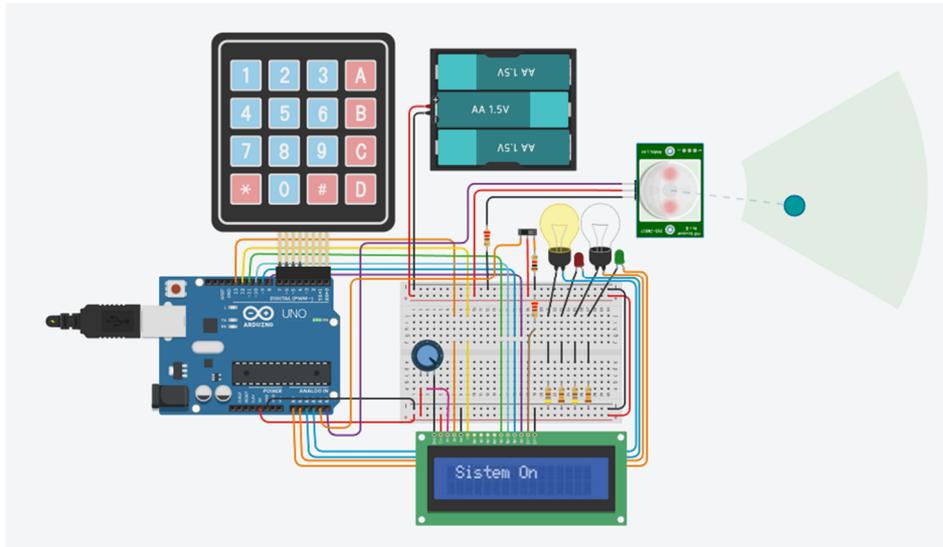


Рисунок 3.17 - Перевірка роботи системи освітлення у побутовому режимі 1

У стані спокою, коли рух не фіксується, датчик не передає сигналу, і система інтерпретує це як нульове значення, тому освітлення залишається вимкненим. При появі руху датчик формує активний сигнал, який надходить на відповідний порт мікроконтролера, що призводить до негайного вмикання освітлення.

Далі було проведено тестування роботи системи при активації контактного сенсора(який був замінений у схемі перемикачем), що імітує відкриття або закриття дверей рисунок 3.14.

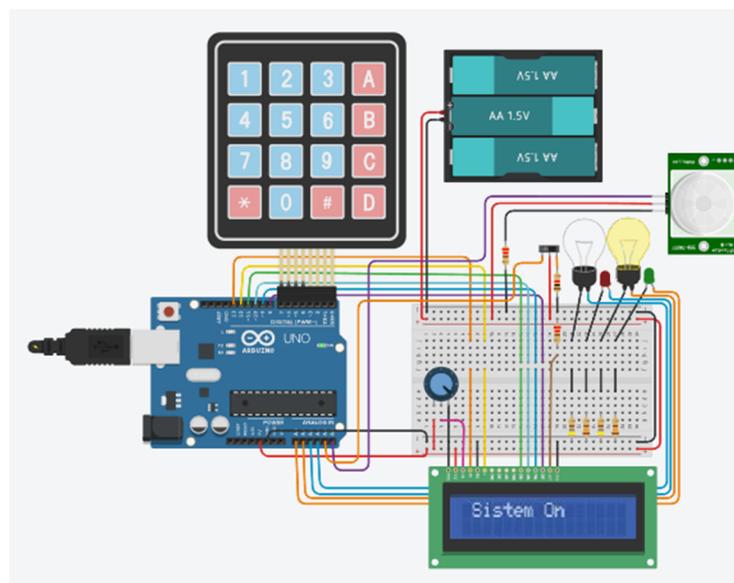


Рисунок 3.18 - Перевірка роботи системи освітлення у побутовому режимі 2

Принцип дії цього елемента полягає у двох фіксованих станах: «двері закриті» та «двері відкриті». У разі переходу сенсора в активний стан система

отримує активне значення сигналу, що призводить до вмикання другого освітлювального приладу. Він працює незалежно від першого, забезпечуючи локальне керування освітленням у різних зонах.

На завершальному етапі було перевірено роботу системи при одночасній активації датчика руху та контактного сенсора рисунок 3.15.

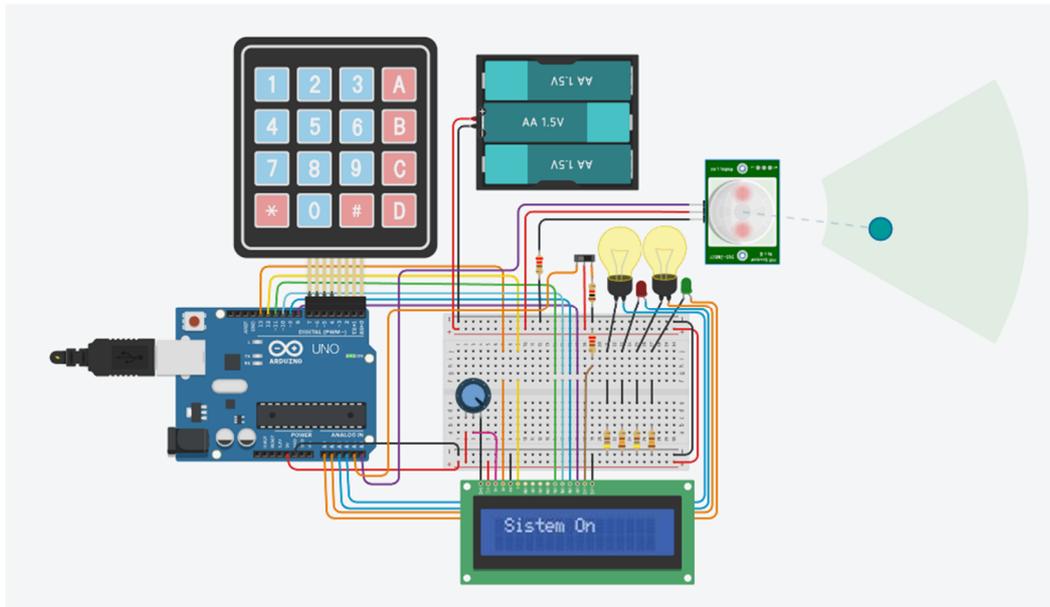


Рисунок 3.19 - Перевірка роботи системи освітлення у побутовому режимі 3

На рисунку 3.16 наведено приклад правильного виходу системи у випадку введення некоректного коду доступу.

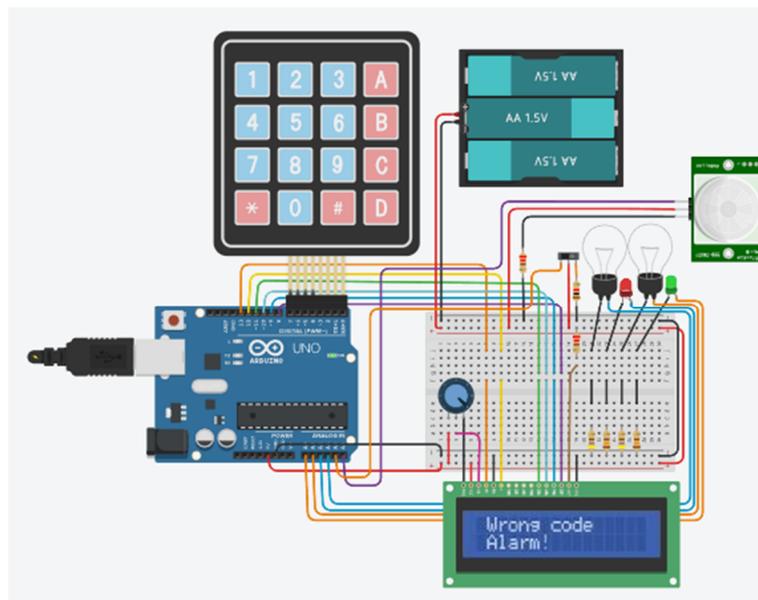


Рисунок 3.20 - Перевірка виходу повідомлення щодо введення коду помилки та активації тривоги (діод)

У цьому режимі на дисплеї з'являється повідомлення «Код помилки» у першому рядку та «Alarm!» у другому. Такий механізм забезпечує інформування користувача про неправильне введення пароля та одночасно активує сигналізацію. Індикація тривоги здійснюється за допомогою світлодіода, який вмикається одразу після виявлення помилки. Перевірка правильності коду виконується лише після введення повної комбінації з чотирьох символів, що гарантує коректність аналізу даних та виключає випадкові спрацювання.

На рисунку 3.17 показано роботу системи у захищеному режимі при активації датчика руху.

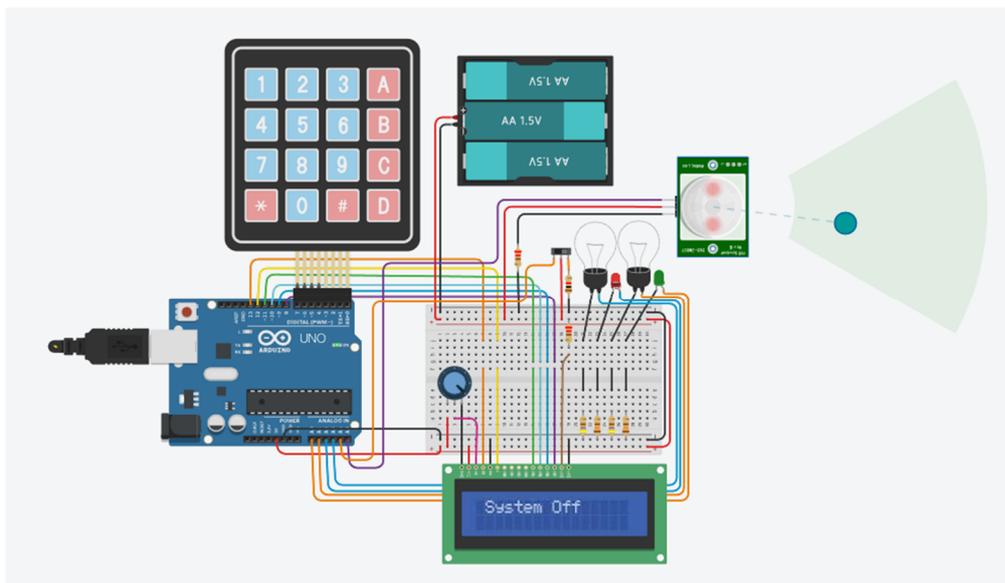


Рисунок 3.21 - Перевірка системи в захищеному режимі

У цьому випадку сигнал від сенсора аналізується мікроконтролером, але замість увімкнення освітлення система переходить до режиму тривоги. Це свідчить про виявлення порушення у контрольованій зоні. Активація охоронної функції підтверджується увімкненням жовтого світлодіода, який виконує роль індикатора сигналізації. Таким чином, система демонструє здатність реагувати на некоректний код доступу та на реальні сигнали від датчика руху, забезпечуючи комплексний захист приміщення.

3.5 Система автоматичного відкривання відкатних воріт

Система відкривання воріт є прикладом інтегрованої системи автоматизації, що органічно входить до екосистеми «розумного будинку». В її основі - мікроконтролер, який виконує роль центрального керуючого елемента, забезпечуючи обробку сигналів від сенсорів, взаємодію з користувачем та керування виконавчими пристроями.

3.5.1 Алгоритм та структура системи автоматичного відкривання відкатних воріт

В основі функціонування даної архітектури лежить принцип безперервного збору та інтелектуальної обробки вхідних сигналів, що надходять від кінцевих сенсорів, розташованих на лівій та правій межах конструкції. Ці датчики виконують роль точного зворотного зв'язку, фіксуючи граничне положення воріт та запобігаючи механічним перевантаженням пристрою. Паралельно з цим, керуючий хаб обробляє команди, що надходять через локальну клавіатуру та відображаються на дисплеї для візуального контролю стану, а також дистанційні запити через вбудовані бездротові модулі Wi-Fi та Bluetooth. Таке поєднання інтерфейсів забезпечує максимальну гнучкість управління, дозволяючи власнику обирати між традиційним фізичним вводом коду та сучасними мобільними додатками, що працюють з будь-якої точки світу.

Центральний мікроконтролер, виступаючи інтелектуальним ядром системи, генерує вихідний сигнал на розумне реле, яке безпосередньо комутує живлення електродвигуна для здійснення циклів відкривання або закривання. Важливою інженерною особливістю є інтеграція сенсора напруги, який у реальному часі моніторить стабільність електромережі. Це дозволяє системі миттєво реагувати на критичні коливання живлення, запобігаючи виходу з ладу дорогої автоматики та гарантуючи безпеку в аварійних режимах. На схемі, наведеній нижче, можна детально простежити взаємодію всіх згаданих компонентів та логіку проходження керуючих імпульсів.

У межах загальної екосистеми «розумного будинку» дана підсистема перетворюється на активний елемент комплексного захисту та автоматизації, працюючи у тісній координації з охоронною сигналізацією, вуличним освітленням та відеоспостереженням. Наприклад, завдяки реалізації сценарію наближення, система здатна ідентифікувати автомобіль власника, автоматично відкрити ворота, активувати під'їзне освітлення у темну пору доби та розблокувати двері до будинку, створюючи безшовний досвід повернення додому. Завдяки модульній структурі та підтримці універсальних протоколів передачі даних, архітектура легко масштабується, дозволяючи додавати нові виконавчі пристрої або адаптувати логіку роботи під специфічні потреби користувача. Детальну структурну організацію та взаємозв'язки між усіма елементами керування, сенсорами та виконавчими вузлами відображено на рисунку 3.18.



Рисунок 3.22 - Структура системи автоматичного відкриття воріт.

Процес функціонування інтелектуального алгоритму розпочинається з етапу глобальної ініціалізації всіх програмних модулів, під час якого система проводить комплексне самотестування та обов'язкове зчитування показників сенсора напруги. У ситуаціях, коли фіксується критичне зниження або повна

відсутність основного живлення, інтелектуальний алгоритм негайно активує резервну підсистему, яка переводить пристрої в режим безпечного очікування або забезпечує коректне аварійне завершення поточних операцій для збереження цілісності даних. За умови стабільного енергопостачання керуюче ядро переходить до аналітичної фази, опитуючи сенсори присутності та перевіряючи поточний стан воріт через кінцеві магнітно-контактні датчики. Якщо система ідентифікує мешканців вдома та отримує підтвердження, що ворота вже знаходяться у відкритому положенні, користувачеві надається можливість ініціювати цикл закриття через фізичну клавіатуру або мобільний інтерфейс. У зворотному випадку, коли ворота закриті, програма дозволяє початок циклу відкриття, одночасно запускаючи прецизійний таймер для точного контролю тривалості руху виконавчого механізму.

Протягом усього циклу переміщення конструкції система безперервно здійснює моніторинг сигналів від кінцевих сенсорів, зіставляючи їх із заданими часовими інтервалами та фіксуючи будь-які динамічні відхилення. Якщо процес відкривання не завершується протягом строго визначеного ліміту часу, автоматично спрацьовує захисний протокол аварійної зупинки, що запобігає тривалому тертю або буксуванню приводу. У випадку, якщо команда на рух була подана, але фізичне переміщення не розпочалося, активується спеціалізований протокол детектування застрягання, який миттєво знеструмлює двигун для уникнення його перегріву або механічного пошкодження вузлів трансмісії. Такий багаторівневий підхід до обробки сценаріїв дозволяє безшовно інтегрувати ворота у загальну екосистему «розумного дому», забезпечуючи високу адаптивність керування, енергоефективність та максимальний рівень експлуатаційної безпеки. Детальна послідовність виконання логічних операцій та розгалуження сценаріїв роботи системи наочно представлені на розробленому алгоритмі на рисунку 3.19.

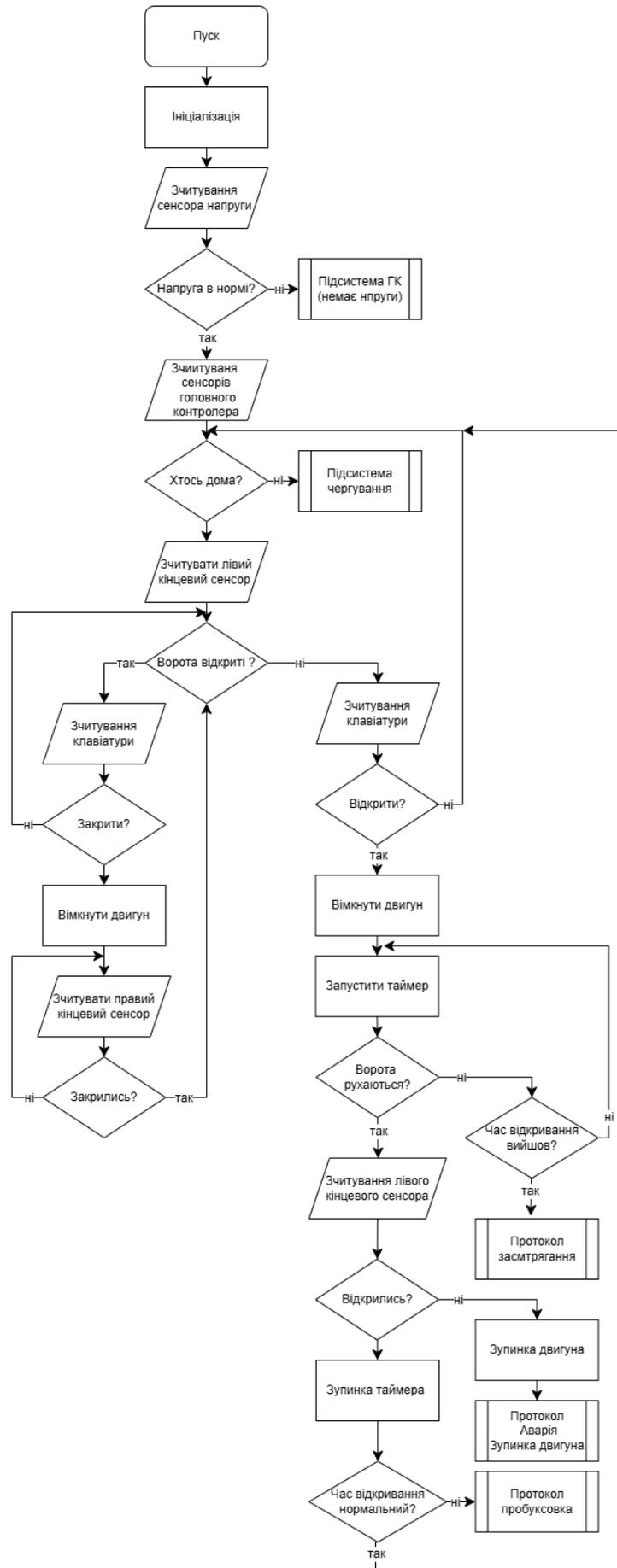


Рисунок 3.23 - Алгоритм роботи автоматичної ситеми відкриття воріт

3.5.2 Розрахунок потужності та комутаційного обладнання

У даній системі застосовується електромеханічний привід змінного струму напругою 220 В. Прийнята потужність одного приводу становить $P=600$ Вт, що відповідає типовим технічним характеристикам побутових відкатних воріт масою до 500–600 кг. Додаткове енергоспоживання контролера, датчиків положення та елементів керування є незначним і становить близько 5 Вт тому сумарна встановлена потужність системи дорівнює $P_{\Sigma} = 605$ Вт = 0,605 кВт. Робочий струм при номінальній напрузі мережі визначається як:

$$I = P_{\Sigma} / U \approx 2,75 \text{ А} \quad (3.1)$$

однак з урахуванням пускових режимів електродвигуна фактичний струм у момент запуску може зростати в 3–4 рази.

Споживання електроенергії системою автоматичного відкривання воріт визначається короткочасністю її роботи. За умови тривалості одного циклу «відкриття–закриття» близько $t=30$ с та середньої кількості циклів $N=5$, добове енергоспоживання розраховується за формулою:

$$E_d = P \cdot t \cdot N \quad (3.2)$$

$$E_d = 0.605 \cdot 0,008 \cdot 5 \approx 0,024 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

А річне становить близько 8,833 кВт·год. З огляду на індуктивний характер навантаження та наявність пускових струмів, для комутації електропривода доцільно застосувати силовий контактор або розумне реле з номінальним струмом не менше 16 А, що забезпечує надійну та безпечну роботу системи в складі розумного будинку.

3.6 Система водопостачання

Система являє собою електронасос, що підключений через розумне реле до мікроконтролера та низки датчиків що забезпечують надходження даних необхідних для автоматизації процесу водопостачання

3.6.1 Структура та алгоритм роботи системи водопостачання

Вона включає витратоміри, встановлені у кухні, ванній та на виході з насоса, що дозволяє контролювати реальний обсяг споживаної води та виявляти витoki або перевитрати. Датчики напруги забезпечують моніторинг стабільності живлення, а зв'язок з головним контролером - координацію з іншими підсистемами будинку (наприклад, енерго-менеджментом або аварійним відключенням). Клавіатура та дисплей дозволяють користувачу локально керувати системою, переглядати показники та змінювати режими роботи.

Електронасос, підключений через реле, активується лише при наявності запиту на водопостачання та відповідних умов (наприклад, достатній рівень напруги, відсутність аварій). У разі виявлення нестандартних ситуацій - наприклад, відсутності руху води при активному насосі - система може автоматично зупинити насос і активувати протокол діагностики або аварійного реагування.

Структура даної системи зображена на рисунку 3.19



Рисунок 3.24 - Структура системи водопостачання

Функціонування інтелектуальної системи водопостачання, серцем якої є автоматизований електронасос, базується на принципах прецизійного моніторингу та багаторівневої верифікації параметрів у реальному часі. Весь логічний цикл починається з критично важливого етапу ініціалізації, під час

якого мікроконтролер проводить діагностику внутрішніх модулів та здійснює первинну перевірку вхідної напруги. У разі виявлення дефіциту енергії або повного знеструмлення, програмне забезпечення негайно делегує керування резервній підсистемі, яка переводить обладнання у режим енергоощадного очікування для запобігання програмним збоям.

Коли потреба у водопостачанні підтверджена, алгоритм звертається до показників сенсора тиску в магістральному трубопроводі, щоб уникнути зайвих запусків обладнання. Якщо тиск нижчий за встановлений поріг, керуючий імпульс подається на розумне реле, яке замикає коло живлення електронасоса, одночасно активуючи захисний таймер для контролю тривалості робочого циклу. Під час активної фази перекачування води система перебуває у стані безперервного зчитування даних із витратоміра та датчиків тиску, що дозволяє динамічно реагувати на зміни в гідравлічній системі. Щойно тиск у мережі досягає нормативного значення, насосна установка автоматично вимикається, проте аналітичний модуль продовжує оцінювати ефективність виконаної роботи.

Окрему увагу в алгоритмі приділено безпеці та запобіганню аваріям, що реалізується через зіставлення часу роботи насоса з фактичним об'ємом перекачаної рідини. Якщо тривалість роботи перевищує допустимі межі або об'єм води не відповідає очікуваним параметрам, система миттєво переходить у режим поглибленої діагностики, фіксуючи ознаки «сухого ходу» джерела або механічну несправність самого насоса. У штатному режимі, після досягнення потрібного тиску, система перемикається на моніторинг споживання води безпосередньо в точках виходу. У випадку виявлення критичних розбіжностей між об'ємом поданої та реально спожитої води, що може свідчити про прорив труби або приховану розгерметизацію, активується протокол екстреного реагування. Це дозволяє не лише зберегти дорогоцінний ресурс, але й повністю унеможливити ризик затоплення житлових приміщень, що робить систему невід'ємною частиною безпекової архітектури сучасного житла. Детальна

візуалізація послідовності цих дій та логічних розгалужень представлена на рисунку 3.20.

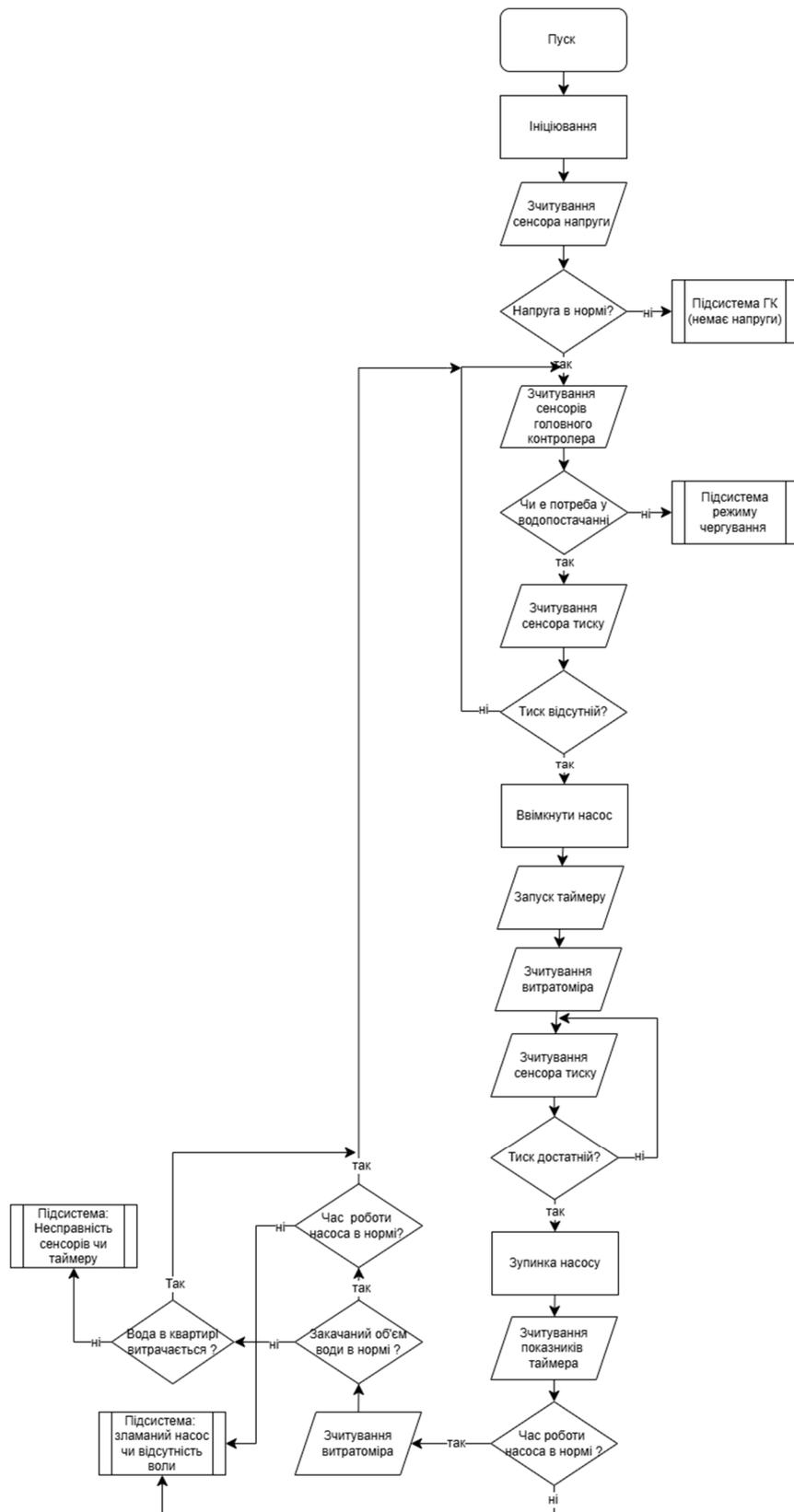


Рисунок 3.25 - Алгоритм роботи системи водопостачання

Таким чином, алгоритм забезпечує адаптивне керування насосом, захист від аварій, контроль енергоефективності та інтеграцію з іншими системами «розумного будинку».

3.6.2 Розрахунки потужності для системи водопостачання

Розглядається інтелектуальна система водопостачання, що працює за алгоритмом автоматичного керування з контролем напруги живлення, тиску в трубопроводі, часу роботи насоса та об'єму спожитої води. Система складається з електричного насоса, керуючого мікроконтролера та комплексу датчиків.

Номінальні параметри системи прийняті такими:

Напруга мережі: $U = 220$

Потужність насосу: $P_{\text{нпт}} = 1,1$ кВт

ККД: $\eta = 0,75$

Тиск в системі: $p = 0,25$ МПа

Продуктивність насосу: $Q = 2,5$ м³/год

Потужність системи керування (контролер, датчики, таймер):

$P_k = 10\text{Вт} = 0,01$ кВт

Робочий та пусковий струм насоса:

Робочий струм:

$$I_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{U \cdot \eta} \quad (3.3)$$

$I_{\text{н}}$ - номінальний струм електродвигуна, А;

$P_{\text{н}}$ - номінальна потужність електродвигуна, Вт;

U - номінальна напруга живлення, В;

η - коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

$$I_{\text{н}} = \frac{1100}{220 \cdot 0,75} \approx 6,67 \text{ А}$$

Пусковий струм асинхронного двигуна насоса може перевищувати номінальний у 3–5 разів:

$$I_{п} \approx 4 \cdot I_{н} \approx 26,7 \text{ А}$$

Це обґрунтовує необхідність застосування силового контактора або розумного реле з номінальним струмом не менше 16–25 А.

Показники ефективності інтелектуальної системи:

Застосування алгоритму автоматичного керування дозволяє уникнути холостої роботи насоса, запобігти роботі при відсутності води або несправності датчиків, обмежити максимальний час роботи насоса та зменшити електроспоживання на 15–25 % у порівнянні з некерованою системою.

Відносна економія електроенергії може бути оцінена як:

$$\lambda = \frac{E_{\text{баз}} - E_{\text{інт}}}{E_{\text{баз}}} \cdot 100\% \quad (3.4)$$

Розрахунок добового та річного електроспоживання:

Алгоритм роботи системи передбачає ввімкнення насоса лише за умови відсутності тиску та наявності водоспоживання. Середній час роботи насоса за добу приймається: $t_{\text{д}} = 1,5 \text{ год/день}$

Добове споживання електроенергії насосом:

$$E_{\text{д}} = P_{\text{н}} \cdot t_{\text{д}} \quad (3.5)$$

$$E_{\text{д}} = 1,1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Загальне річне електроспоживання системи:

$$E_{\Sigma} = E_{\text{р}} + E_{\text{к}} \approx 689,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що сумарна встановлена потужність інтелектуальної системи водопостачання становить 1,11 кВт, а річне електроспоживання - близько 690 кВт·год. Реалізація алгоритму автоматичного керування дозволяє знизити споживання електроенергії

приблизно на 16 % та підвищити надійність експлуатації системи за рахунок контролю тиску, часу роботи насоса і водоспоживання.

3.7 Система опалення

Інтелектуальна система контролю опалення забезпечує адаптивне керування електрокотлом залежно від температури в приміщенні, тиску, якості електроживлення та заданих сценаріїв комфорту. Завдяки інтеграції з модулем реального часу, клавіатурою, дисплеєм та бездротовими інтерфейсами (Wi-Fi, Bluetooth), користувач отримує можливість як локального, так і дистанційного керування системою, включно з доступом до журналів, графіків та аварійних повідомлень.

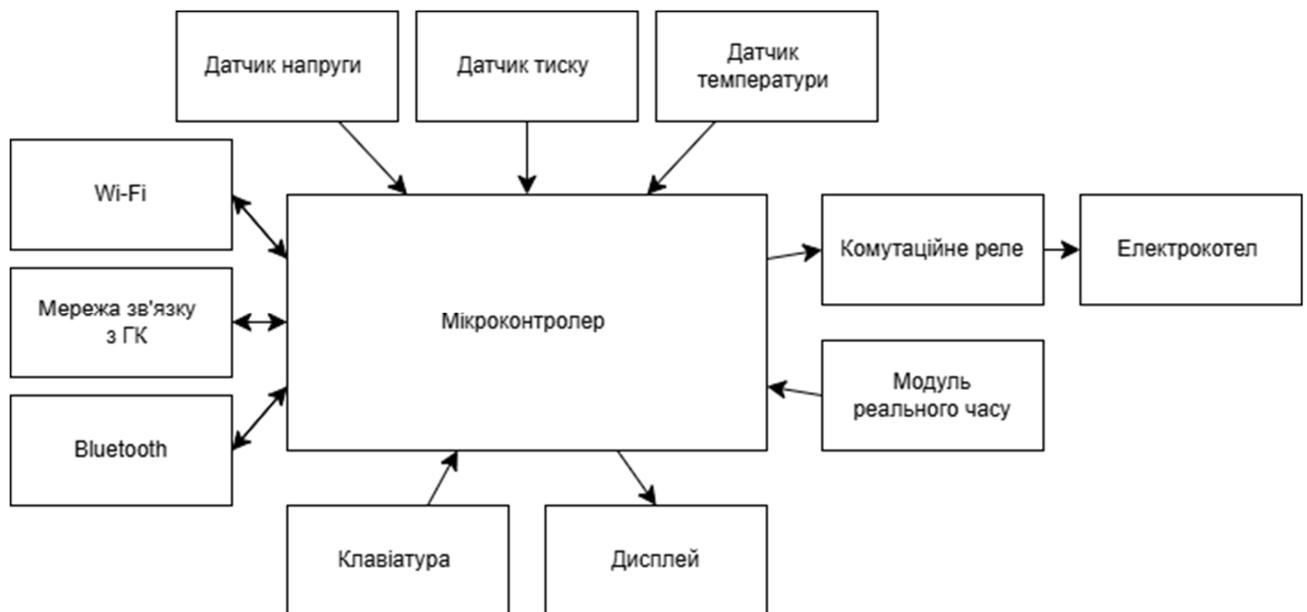


Рисунок 3.26 - Структура інтелектуальної системи опалення

Особливу увагу в системі приділено енергоефективності. Завдяки точному регулюванню температури, використанню нічних тарифів та сценаріїв присутності, досягається зниження витрат на електро-опалення. У межах проведених досліджень економічної частини встановлено, що автоматизоване керування дозволяє зменшити річне енергоспоживання на 18.1 %, що підтверджує економічну доцільність впровадження даної системи.

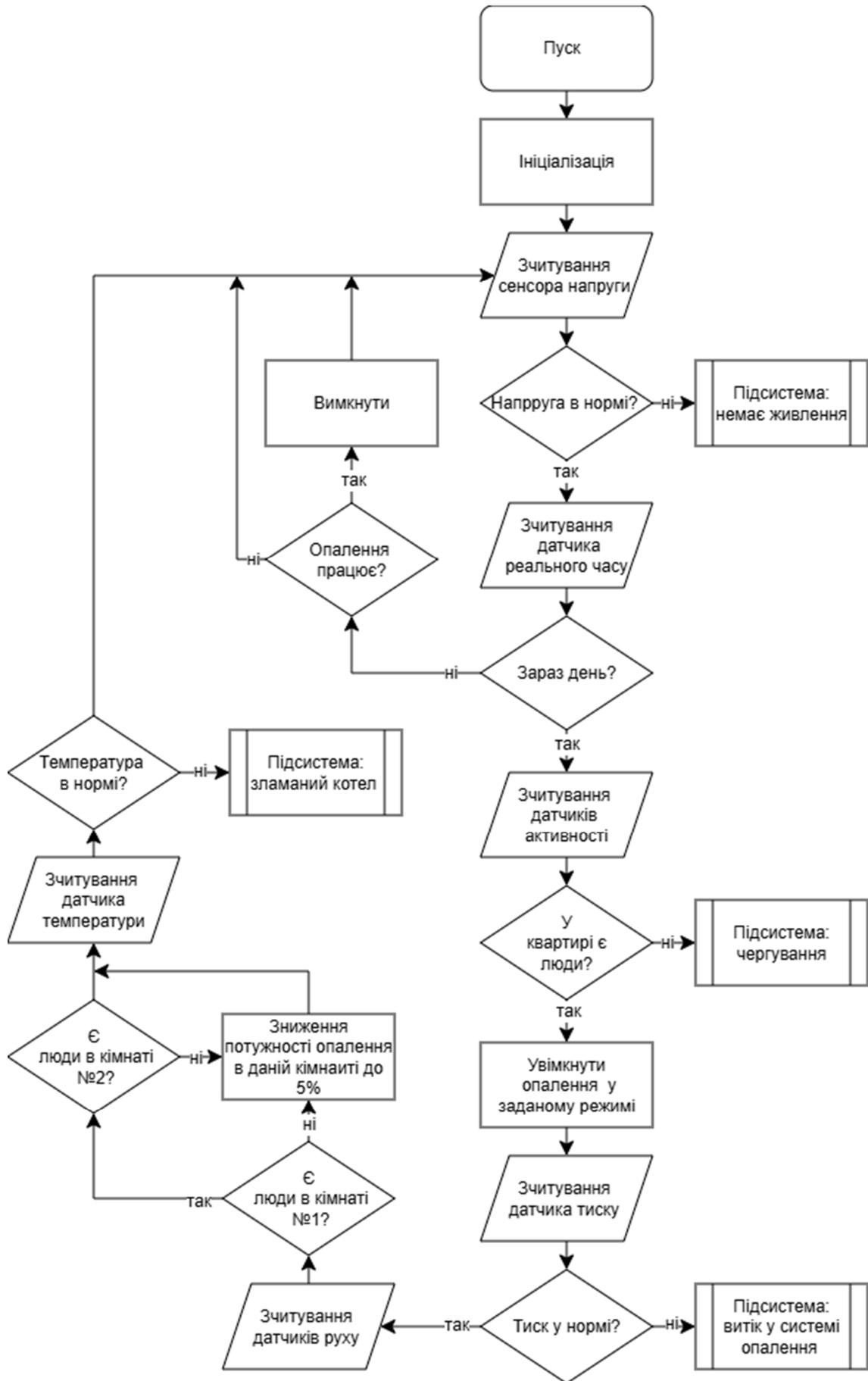


Рисунок 3.27 - Алгоритм роботи системи опалення

Алгоритм роботи системи контролю опалення, представлений у блок-схемі на рисунку 3.22, реалізує багаторівневу логіку прийняття рішень на основі сенсорних даних, часу доби та присутності людей у приміщеннях. Його мета - забезпечити енергоефективне, безпечне та адаптивне керування електрокотлом у межах «розумного будинку».

Після запуску система проходить ініціалізацію та перевіряє напругу в мережі. Якщо живлення нестабільне або відсутнє - активується підсистема аварійного реагування, яка блокує роботу котла. При нормальній напрузі зчитується модуль реального часу: якщо зараз ніч, система вимикає опалення до зміни сценарію. Якщо день - активується перевірка активності мешканців. За відсутності людей система переходить у режим чергування, підтримуючи мінімальну температуру. Якщо присутність зафіксована - опалення вмикається у заданому режимі.

Далі система перевіряє тиск у контурі. Якщо він поза межами норми - активується протокол «витік у системі опалення». При нормальному тиску зчитуються датчики руху по кімнатах. Якщо в кімнаті №1 немає людей - потужність опалення в ній знижується до 5 %. Якщо люди присутні - перевіряється температура. При її відхиленні - система припускає несправність котла. Якщо так - система переходить до кімнати №2, де за аналогічною логікою знижує потужність або продовжує моніторинг температури.

Такий алгоритм дозволяє динамічно адаптувати теплове навантаження до реальних умов, зменшуючи витрати електроенергії, підвищуючи комфорт і забезпечуючи безпеку. Він також легко масштабований - може бути доповнений новими зонами, сценаріями або типами сенсорів без зміни базової логіки.

3.8 Системи заощадження електроенергії розумного будинку

3.8.1 Логіка та компоненти системи

Однією з важливих властивостей систем розумного будинку показаної в попередніх розділах є заощадження електроенергії розглянемо її на на прикладі

розрахунку енергоспоживання систем освітлення та опалення розглянемо як працюватиме логіка подібної системи.

У підсистемі виявлення присутності використовує датчик руху магнітний датчик на дверях. Датчик руху виявляє рух у кімнаті, а магнітний датчик фіксує відкриття/закриття дверей. Ці датчики підключені до цифрових входів Arduino. Логіка: Якщо двері відкриваються або фіксується рух, система вважає кімнату зайнятою; якщо протягом заданого часу немає сигналів, кімната вважається порожньою та освітлення вимикається а потужність опалення знижується .

На основі сигналів від датчиків присутності Arduino активує реле, 5V релейний модуль на 1 канал для вмикання/вимикання ламп у відповідних кімнатах. Реле підключене до цифрового виходу. Це забезпечує автоматичне вмикання світла тільки при присутності людини, що зменшує непотрібне споживання енергії.

Також в систему включена можливість контролю опалення. Підключене до Arduino комутаційне обладнання контролює потужність електрокотла. Опалення вмикається/вимикається за розкладом або на основі датчика температури з DHT22 зображений на рис.3.18. Для економії, система може використовувати RTC для часових інтервалів (вимикати опалення вночі або при відсутності) та моніторити споживання, щоб уникнути перевищення лімітів.

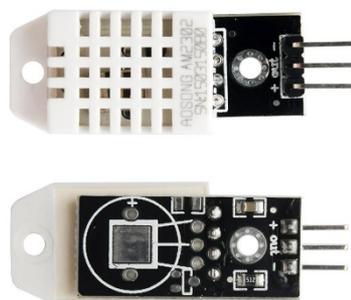


Рисунок 3.28 - Датчик температури з DHT22

Система включає в себе датчик струму ACS758 для струмів до 50А зображений на рис.3.19, датчик напруги ZMPT101B для АС 220V зображений на рис.3.20, та модуль реального часу RTC DS3231. Датчики підключені до аналогових входів А0 для струму, А1 для напруги. RTC I2C-інтерфейс зображений на рис.3.21, забезпечує точний час для розрахунку енергії ($E = P \times t$). Дані можуть зберігатися на SD-карті або відправлятися в хмару.

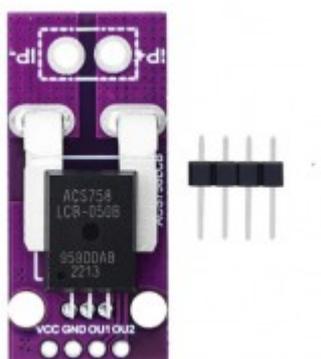


Рисунок 3.29 - Датчик струму ACS758 50А



Рисунок 3.30 - Датчик напруги ZMPT101B

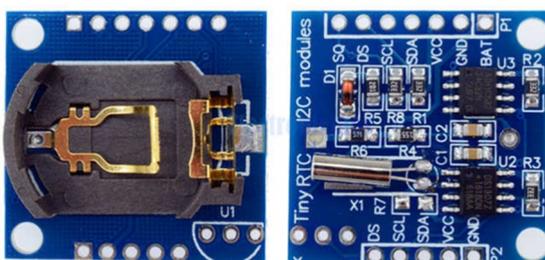


Рисунок 3.31 - Модуль реального часу RTC DS3231

При активації датчика руху або reed switch (відкриття дверей) Arduino встановлює HIGH на піні реле, вмикаючи світло. Таймер (на базі millis()) або

RTC) відстежує відсутність сигналів; якщо >5 хв, світло вимикається. Це заощаджує енергію, зменшуючи час роботи ламп з 8-10 год/день (мануальний режим) до 1-3 год/день.

Реле вмикає опалення за розкладом, з 05:00 перед пробудженням, та вимикає на ніч о 22:00 з RTC або при температурі $<20^{\circ}\text{C}$. Якщо кімната порожня (за датчиками присутності), опалення вимикається або знижує потужність. Моніторинг енергії дозволяє встановити ліміт (наприклад, вимкнути при >5 кВт·год/день).

Датчик струму вимірює I_{rms} (RMS-струм),

датчик напруги - V_{rms} .

Потужність:

$$P = V_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}} \cdot \cos\varphi \quad (3.6)$$

($\cos\varphi \approx 0.95$ для побутових навантажень).

Енергія накопичується як $\int P dt$, з dt від RTC. Дані логуються щогодини для розрахунку ефективності порівняння споживання з/без автоматизації.

3.8.2 Збір даних та розрахунок ефективності

Вхідні данні:

Мережа: $V_{\text{rms}}=220$

Квартира: 2 кімнати. У кожній кімнаті освітлення: LED-стрічка 10 Вт + центральна лампа 60 Вт \rightarrow разом по кімнаті $P_{\text{room}}=70$ W

Загальне освітлення: $P_{\text{lights,total}}=2 \times 70=140$ W=0,14 kW

Опалення: $P_{\text{heat}}=6,0$ kWP (сукупно по квартирі).

До автоматизації: обидві кімнати світяться по 10 годин/день (тобто обидві одночасно $\rightarrow P_{\text{before,lights}}=0,14$ kW

Після автоматизації: світло буде вмикатись тільки в тій кімнаті, де людина; загальний час «освітлення» (одній кімнаті) - 10 год/день (тобто фактична одночасна потужність - 0.07 kW).

Опалення: $P_{heat}=6,0 \text{ kW}$ (сукупно по квартирі).до автоматизації опалення працювало цілодобово - 24 год/день; після того як система почала вимикати його на ніч стало - 17 год/день.

Опалювальний період $N=180$ днів/рік (типове припущення).

Тариф електроенергії $c=4,32 \text{ грн/кВт}$

Споживання контролера $P_{ctrl}=1,5 \text{ W}$ (для включення в чисту економію).

Розрахунок споживання буде виконано таким чином:

$$E = P \cdot t \text{ (кВт}\cdot\text{год)}. \quad (3.7)$$

Щоденна економія для компонента: $\Delta E_{day}=E_{day,before} - E_{day,after}$

Річна економія (освітлення): $\Delta E_{year,lights}=\Delta E_{day}\cdot 365$

Річна економія (опалення): $\Delta E_{year,heat}=\Delta E_{day}\cdot N$

Грошова економія: $\Delta C=\Delta E_{year}\cdot c$

Кількість електроенергії що витрачає контролер: $E_{ctrl,year}=P_{ctrl}(\text{kW})\cdot 24\cdot 365$.

Розрахунок освітлення:

До автоматизації: $P_{before,lights} = 2 \times 0,07 = 0,14 \text{ kW}$ $E_{light,day,before} = 0,14 \cdot 10 = 1,4 \text{ kWh}$

Після автоматизації: $P_{after,lights} = 0,07 \text{ kW}$ $E_{light,day,after} = 0,07 \cdot 10 = 0,7 \text{ kWh}$

Щоденна економія освітлення: $\Delta E_{light,day} = 0,7 \text{ kWh/day}$

Річна економія (365 днів): $\Delta E_{light,year}=0,7\cdot 365 = 255,5 \text{ kWh/рік}$.

Розрахунок опалення:

До автоматизації: $E_{heat,day,before} = 6,0 \cdot 24 = 144 \text{ kWh/day}$.

Після автоматизації: $E_{heat,day,after} = 6,0 \cdot 17 = 102 \text{ kWh/day}$.

Щоденна економія опалення: $\Delta E_{heat,day} = 42 \text{ kWh/day}$

Річна економія (за $N=180$ днів): $\Delta E_{heat,year} = 42 \cdot 180 = 7\ 560 \text{ kWh/рік}$

Контролер, витрати системи:

$E_{ctrl,year} = 1,5/1000 \cdot 24 \cdot 365 \approx 13,14 \text{ kWh/рік}$.

Підсмок, чисті значення з урахуванням споживання системи:

Річна енергетична економія (освітлення + опалення) без віднімання контролера:

$255,5+7\ 560 = 7\ 815,5 \text{ kWh/рік}$.

Вираховуємо енергію контролера (це додаткове споживання), отже чиста річна економія в кВт·год: $\Delta E_{net,year}=7\ 815,5-13,14=7\ 802,36 \text{ kWh/рік}$

Таблиця 3.2 – Розраховані технічні та економічні показники

Показник	Одиниця виміру	Освітлення (Рік)	Опалення (180 днів)	Система (Рік)	Загальний чистий підсумок
Вхідні дані та потужності					
Потужність навантаження (P)	кВт	0.14 (max) / 0.07 (min)	6.0	0.0015	-
Час роботи до автоматизації	год/день	10.0	24.0	-	-
Час роботи після автоматизації	год/день	5.0 (зниження на 50%)	17.0 (зниження на 29%)	24.0	-
Енергоспоживання та Економія (День)					
Споживання до автоматизації	кВт·год/день	1.40	144.0	-	-
Споживання після автоматизації	кВт·год/день	0.70	102.0	0.036	-
Щоденна економія	кВт·год/день	0.70	42.0	-	-
Енергоспоживання та Економія (Рік)					
Річна економія енергії	кВт·год/рік	255.50	7560.00	-13.14	7802.36

Розрахунок грошової рентабельності введення подібної системи буде проведено в розділі економічного обґрунтування

Розрахунок робочого струму електрокотла:

Для однофазної лінії при номінальній напрузі $U_{rms} = 220 \text{ V}$ і загальній потужності опалення $P_{heat} = 6,0 \text{ kW}$

$$I = \frac{P_{heat}}{U_{rms}} = \frac{6000}{220} \approx 27,27 \text{ A.} \quad (3.8)$$

Для 27.3 А рекомендовано контактор на 40 А наприклад візьмемо більш дорогий варіант Schneider LC1D40 або аналог або SSR-40DA із належним радіатором. Контактор витримує індукт. навантаження і дає великий запас

циклів. SSR має перевагу швидкого та безшумного вмикання для резистивних нагрівачів, але створює падіння напруги і теплові втрати - потрібний тепловий розрахунок. Розглянуто TeSys D LC1D40 як приклад.

Підбір захисту:

- Правило: для тривалого струму рекомендують розглядати запас навантаження (наприклад 125% при виборі захисту). Тому:

$$I_{break} \approx I_{load} \times 1,25 \approx 27,3 \times 1,25 \approx 34,1 \text{ A}$$

вибираємо стандартний автомат 35/40 A

3.9 Висновки

Розроблені інтелектуальні рішення для сучасного житлового простору являють собою комплексну екосистему, де управління освітленням, опаленням, водопостачанням та в'їзними групами об'єднано в єдину злагоджену структуру. Такий підхід дозволяє вийти за рамки простої механізації окремих процесів, перетворюючи житло на динамічне середовище, що здатне автономно реагувати на потреби мешканців у режимі реального часу. Завдяки впровадженню вдосконалених алгоритмів автоматизації та багаторівневих систем моніторингу стає можливим глибока оптимізація часових режимів роботи всіх енергоємних навантажень. Це веде до підвищення побутового комфорту, оскільки система самостійно підлаштовує процеси, одночасно забезпечуючи відчутну економію електроенергії та значне скорочення фінансових витрат на утримання будинку.

Пропонована архітектура «розумного дому» демонструє не лише високу технічну реалізованість, а й виняткову практичну цінність, оскільки вона побудована на принципах відкритості та модульності. Це відкриває необмежені можливості для подальшого масштабування: система може легко розширюватись шляхом нарощення кількості датчиків або інтеграції нових керованих підсистем без необхідності кардинальної зміни існуючої інфраструктури. Реалізація подібних проєктів закладає фундамент для створення стійких та розумних міських просторів майбутнього, де кожен ресурс використовується максимально раціонально.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення величини витрат запропонованого варіанту

Система контролю та збору даних про енергоспоживання побутових електроприладів, реалізована на основі мікроконтролера Arduino Uno, має низку особливостей, що визначають її ефективність та доцільність впровадження в умовах сучасного житлового середовища. Традиційне використання електроенергії в побуті, без урахування реальної присутності людини в приміщенні, призводить до значних втрат, які не фіксуються у щоденному обліку, але накопичуються у масштабі місяця або року. Відсутність механізмів автоматичного контролю навантаження провокує перевитрати енергії, зниження енергоефективності будинку та підвищення експлуатаційних витрат.

Підвищити ефективність використання електроенергії можливо шляхом впровадження системи автоматичного керування навантаженням, яка реагує на присутність людини в приміщенні. Застосування датчиків руху або магнітних датчиків у поєднанні з контролером Arduino дозволяє реалізувати сценарії автоматичного вмикання та вимикання освітлення або інших споживачів. При цьому система фіксує параметри струму та напруги, що дає змогу проводити порівняльний аналіз енергоспоживання у звичайному режимі та в режимі автоматизації.

Окремим завданням є стабілізація роботи системи в умовах змінного навантаження, що виникає при переміщенні користувача між приміщеннями. Важливо забезпечити коректну реакцію на зміну стану датчиків, уникнути хибних спрацювань та забезпечити безперервний збір даних для подальшого аналізу. Алгоритми керування повинні враховувати часові затримки, інерційність освітлювальних приладів та можливість паралельного використання кількох зон. Це дозволяє створити адаптивну систему, яка не лише знижує енергоспоживання, а й підвищує комфорт користувача.

В якості базового варіанту системи приймається Arduino Uno з датчиками ACS758 50A (струм), ZMPT101B (напруга), модуль реального часу RTC DS3231, датчик температури з DHT22, LCD1602 рідкокристалічний дисплей, мембранна клавіатура, датчик руху та магнітно-контактний датчик. Така конфігурація є доступною за вартістю, легко масштабованою та придатною для модернізації. Вона дозволяє реалізувати базові функції енерго-моніторингу та автоматизації, що робить її доцільною для впровадження в умовах побутового «розумного дому»

Таблиця 4.1 – Капітальні витрати на електроустаткування базового та нового варіантів

Найменування електрообладнання	Кошторисна вартість варіанту	
	Базова	Нова
Вартість контролера Arduino UNO Rev3	-	375
Вартість котла опалення	11610	11610
Вартість освітлювальних приладів	650	650
Вартість датчиків руху та магнітних датчиків	-	265
Вартість датчиків струму та напруги	-	320
Модуль релейного часу RTC DS3231 та датчик температури DHT22	-	230
Вартість клавіатури 4x4 та LCD 1602 дисплею	-	179
Розумні реле та реле захисту	655	1150
Додаткові компоненти (макетна плата резистори та провідники)	250	510
Разом капіталовкладення:	13165	15289
Транспортні витрати 13%	1711,45	1987,6
Всього ціна обладнання	14876,45	17276,6
Монтажні роботи 10%	1487,6	1727,6
Капітальні витрати	16364	19004

Отже, $K_6 = 16364$ грн.; $K_H = 19004$ грн.

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати включають витрати на забезпечення нормального функціонування певного технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку на рік .

Експлуатаційні витрати включають такі складові:

1. Амортизаційні відрахування E_a .
2. Заробітна плата $E_{зп}$ обслуговуючого персоналу (основна, додаткова, нарахування на заробітну плату).
3. Витрати на силову електроенергію E_e .
4. Витрати на поточний ремонт $E_{пр}$.
5. Інші витрати $E_{ін}$.

Вираз, який включає в себе усі вище перераховані складові експлуатаційних витрат, має вигляд:

$$З = E_a + E_{зп} + E_e + E_{пр} + E_{ін}. \quad (4.1)$$

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні відрахування для базового та нового варіантів становлять (норма амортизації становить 10 % в рік):

$$E_{аб} = 16364 \text{грн.} \cdot 0,10 = 1636,4 \text{ грн.};$$

$$E_{ан} = 19004 \text{грн.} \cdot 0,10 = 1900,4 \text{ грн.}$$

4.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Оскільки роботи з монтажу та налаштування інтелектуальної системи розумного будинку включають підключення електрообладнання 220В , програмне налаштування мікроконтролерів, тестування алгоритмів автоматизації та вимірювання електричних параметрів, доцільно застосувати V тарифний розряд. Відповідно до тарифної сітки погодинників (табл. 10.1) для V розряду приймається тарифний коефіцієнт 2,33.

Таблиця 4.1 – Тарифна сітка погодинників

Тарифні розряди	I	II	III	IV	V	VI
Тарифні коефіцієнти	1	1,5	1,8	2,03	2,33	2,7

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$E_z = E_{z0} + E_{zd}, \quad (4.2)$$

де E_{z0} – основна заробітна плата по тарифу;

E_{zd} – додаткова заробітна плата;

$$E_{z0} = N \cdot T_1 \cdot K \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_c \cdot \beta, \quad (4.3)$$

де N – кількість робітників, що обслуговують систему керування стрічкового конвеєра ($N = 1$ чол.);

T_1 – погодинна тарифна ставка робітника 1-го розряду (45 грн./год);

K – тарифний коефіцієнт ($K_б = 1,8$, $K_н = 2,33$);

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд робочого часу за рік (приймаємо рівним 64 год. для обох варіантів);

K_c – коефіцієнт співвідношень, встановлений Генеральною угодою між профспілками і урядом ($K_c = 1$);

β – частка часу, який витрачає робітник на обслуговування установки в загальному часі своєї роботи ($\beta = 1$ для базового варіанту та нового варіантів)

Розрахуємо E_{z0} для базового та нового варіантів.

$$E_{z0\ б} = 1 \cdot 45 \cdot 1,8 \cdot 64 \cdot 1 \cdot 1 = 5184 \text{ (грн.)},$$

$$E_{z0\ н} = 1 \cdot 45 \cdot 2,33 \cdot 64 \cdot 1 \cdot 0,7 = 4697,3 \text{ (грн.)}.$$

Додаткова заробітна плата E_{zd} (за професійну та майстерну діяльність) становить 10 % основної заробітної плати. E_{zd} для базового та нового варіантів відповідно становить:

$$E_{zd\ б} = 5184 \cdot 0,10 = 518,4 \text{ (грн.)},$$

$$E_{zd\ н} = 4697,3 \cdot 0,10 = 469,7 \text{ (грн.)}.$$

Розрахунок нарахувань на заробітну плату для базового та нового варіантів зведемо в таблицю 4.2.

Таким чином в результаті виконання підстановки у вираз (6.2) маємо:

$$E_{зб} = 5184 + 518,4 = 5702,4 \text{ (грн.)},$$

$$E_{зн} = 4697,3 + 469,7 = 5167 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 4.2 – Розрахунок нарахувань на заробітну плату

Показник	Базовий варіант	Новий варіант
Основна заробітна плата, $E_{зо}$, грн.	5184	4697,3
Додаткова заробітна плата, $E_{зд}$, грн.	518,4	469,7
ВСЬОГО з нарахуванням, грн.	5702,4	5167

4.2.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію знаходимо за формулою:

$$E_e = \frac{P}{\eta} \cdot V \cdot \Phi_{ef} \cdot K_{вм} \cdot K_z, \quad (4.4)$$

де V – вартість електроенергії. Ціна на універсальні послуги для малих побутових споживачів, електроустановки яких приєднані до електричних мереж згідно з класом напруги з ПДВ складає приблизно 7,7 грн/кВт·год.

Потужність усієї інтелектуальної системи складається з освітлення у кімнатах потужності опалення та роботи контролера отож маємо :

Освітлення на кімнату: $P_c = 60 \text{ W} + 10 \text{ W} = 70 \text{ W} = 0,07 \text{ кВт}$

Загальне освітлення: $P_{сз} = 2 \times 0,07 = 0,14 \text{ кВт}$

Опалення: $P_o = 6,0 \text{ кВт}$ (сукупно по квартирі).

Контролер: $P_k = 0,0015 \text{ кВт}$

$$P = P_{сз} + P_o + P_k = 0,14 + 6,0 + 0,0015 = 6,1415 \text{ кВт}$$

P – встановлена потужність приводного двигуна (6,1415 кВт);

η – ККД установки;

$\Phi_{\text{эф}}$ – ефективний фонд часу роботи в рік;

$K_{\text{вм}}$ – коефіцієнт ввімкнення (використання за часом);

K_3 – коефіцієнт завантаження (використання за потужністю).

Коефіцієнт корисної дії обчислено як добуток ККД двигуна і силового перетворювача. Для базового варіанту ККД складає 0,95, для нового варіанту ККД приймаємо рівним 0,95. Коефіцієнт ввімкнення приймаємо 0,9 для базового варіанту та 0,7 для нового, а коефіцієнт завантаження для базового варіанту рівний 0,9, а для нового – 0,9.

Ефективний фонд робочого часу для двох варіантів при режимі роботи в 1 зміну протягом 95 % часу за рік становить:

$$\Phi_{\text{эф}} = 180 \text{ днів} \cdot 24 \text{ год.} \cdot 0,95 = 4104 \text{ (год.)}$$

Отже, з виразу (6.4) для базового та нового варіантів маємо:

$$E_{\text{об}} = 6,1415 \div 0,95 \cdot 7,7 \cdot 4104 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 174668,68 \text{ (грн./рік)}.$$

$$E_{\text{ен}} = 6,1415 \div 0,95 \cdot 7,7 \cdot 4104 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 135853,41 \text{ (грн./рік)}.$$

4.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання

Витрати на проведення ремонтних робіт системи збору даних про енергоспоживання включають витрати на комплектуючі та запасні частини, що підлягають заміні, а також витрати на оплату праці персоналу, який здійснює технічне обслуговування та ремонт. До комплектуючих належать датчики струму, напруги, руху, температури, модулі реального часу та інші елементи, що можуть виходити з ладу в процесі експлуатації. Графік планово-попереджувальних ремонтів для базового та нового варіантів наведено в таблицях 4.3 та 4.4.

Таблиця 4.3 – Графік ремонтів для базового варіанту

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудо- місткість, люд-год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система освітлення	6			5			5			4		7	27
Система опалення		7			4			6			5		22
Апарати ком-ії та захисту		2				1				1			4
Провідники та резистори		2				3				1			6
Загальна трудомісткість												59	

Вважаємо, що ремонтні роботи проводить електрик третього розряду для базового варіанту та четвертого – для нового (система на базі новітнього обладнання потребує вищої кваліфікації працівника). Із врахуванням того, що нам відома трудомісткість робіт, (6.3) прийме вигляд:

$$E_{зо} = T_1 \cdot K \cdot \Phi_{эф}, \quad 4.5)$$

Таблиця 4.4 – Графік для нового варіанту

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудо- місткість, люд-год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система освітлення	1			2			2			3		3	11
Система опалення		3			2			3			2		10
Дачики та сенсори	5					2				3		2	12
Апарати ком-ії та захисту		2				3				5			10
Провідники та резистори		2				3				3			8
Загальна трудомісткість												51	

З попередніх розрахунків відомо, що $T_1 = 22$ грн./год, отже, маємо:

$$E_{зо б} = 22 \cdot 1,8 \cdot 59 = 2336,4(\text{грн.}),$$

$$E_{зо н} = 22 \cdot 2,33 \cdot 51 = 2614,26 (\text{грн.}).$$

Нарахування на заробітну плату (38 %):

$$E_{зн б} = 2336,4 \cdot 0,38 = 887,8 \text{ (грн.)},$$

$$E_{зн н} = 2614,26 \cdot 0,38 = 993,4 \text{ (грн.)}.$$

Всього витрати на заробітну плату для проведення ремонтних робіт становлять:

- для базового варіанту: $2336,4 + 887,8 = 3224,2$ (грн.),

- для нового варіанту: $2614,26 + 993,4 = 3607,7$ (грн.).

Витрати на матеріали, комплектуючі та запасні частини для поточного ремонту приймаємо рівними 15 % витрат на основну заробітну плату. Тобто, витрати на матеріали для ремонтів становлять:

- для базового варіанту: $3224,2 \cdot 0,15 = 483,6$ (грн.);

- для нового варіанту: $3607,7 \cdot 0,15 = 541,15$ (грн.).

Всього витрати на поточний ремонт обладнання становлять:

$$E_{пр б} = 3224,2 + 483,6 = 3707,8 \text{ (грн.)},$$

$$E_{пр н} = 3143,16 + 541,15 = 4148,8 \text{ (грн.)}.$$

4.2.5 Інші витрати

Розмір інших витрат приймаємо рівним 5% від загальної суми попередніх витрат. Тобто:

$$E_{ін б} = (16364 + 5702,4 + 174668,68 + 3707,8) 0,05 = 10022,14 \text{ (грн.)},$$

$$E_{ін н} = (19004 + 5167 + 135853,41 + 4148,8) 0,05 = 8208,66 \text{ (грн.)}.$$

Розрахунок загальної суми експлуатаційних витрат за (6.1) наведемо у вигляді таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Експлуатаційні витрати

Найменування витрат	Базовий варіант	Новий варіант
Амортизаційні відрахування E_a , грн.	16364	19004
Заробітна плата $E_{зп}$ обслуговуючого персоналу, грн.	5702,4	5167
Витрати на електроенергію E_e , грн.	174668,68	135853,41
Витрати на поточний ремонт $E_{пр}$, грн.	3707,8	4148,8
Інші витрати $E_{ін}$, грн.	10022,14	8208,66
Всього експлуатаційні витрати Z , грн.	210465,02	172381,87

Оскільки ми розраховуємо ефективність нової системи після модернізації, то необхідно порівняти експлуатаційні витрати, використовуючи відносні показники.

Для порівняння експлуатаційних витрат розрахуємо показник відносної економії (зменшення) витрат:

$$\lambda_B = \frac{Z_B - Z_H}{Z_B} \cdot 100\%, \quad (4.6)$$

$$\lambda_B = \frac{210465,02 - 172381,87}{210465,02} \cdot 100\% \approx 18,1\%.$$

З результатів наведених розрахунків робимо висновок, що модернізація системи слідкуючого електропривода є економічно доцільною. При цьому досягається економія річних експлуатаційних витрат у розмірі 18,1 %.

4.3 Визначення терміну окупності нового рішення

При оцінці ефективності використання нового варіанта визначаються і порівнюються також термін окупності додаткових капітальних затрат, рік:

$$T_{ок} = (K_H - K_б) \div (Z_{еб} - Z_{ен}), \quad (4.7)$$

$$T_{ок} = (19004 - 16364) \div (210465,02 - 172381,87) = 0,069(\text{роки}).$$

Підсумовуючи розробку архітектури та алгоритмічної бази, можна стверджувати, що створена модель «розумного будинку» являє собою цілісну інтелектуальну систему, де кожен функціональний вузол - від контролю в'їзної групи до управління водопостачанням - працює у синергії з центральним керуючим ядром. Інтеграція апаратних засобів на базі мікроконтролера Arduino Uno з розгалуженою мережею сенсорів дозволила реалізувати багаторівневу логіку захисту, яка враховує як зовнішні чинники, так і внутрішній стан енергомережі. Описані технічні рішення та представлені схеми взаємодії підтверджують готовність системи до практичного впровадження, демонструючи високу стійкість до відмов та адаптивність до індивідуальних сценаріїв користувача. Таким чином, перехід від теоретичного проектування до розрахунку економічних показників дозволяє остаточно оцінити ефективність запропонованих інженерних підходів у контексті реальної експлуатації..

4.4 Висновки

Вдосконалення системи енергоспоживання у «розумному будинку» за рахунок автоматичного вимикання світла при відсутності людини та гнучкого контролю системи опалення є економічно доцільним та цілком виправданим кроком. Такий підхід дозволяє системі миттєво реагувати на зміни в оточенні, усуваючи марні витрати енергії в порожніх приміщеннях та оптимізуючи роботу теплових приладів.

За результатами проведених розрахунків, завдяки впровадженню цих алгоритмів досягається реальна економія річних витрат на електроенергію у розмірі 18,1 %. Це не лише підтверджує правильність виконаних досліджень, а й доводить високу економічну вигідність даного технічного рішення, забезпечуючи швидку окупність витрат на обладнання.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз можливих небезпечних і шкідливих виробничих чинників, електробезпеки, пожежної безпеки певного об'єкта дослідження

5.1.1 Основні поняття охорони праці

Охорона праці являє собою комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, призначених для захисту життя, здоров'я та працездатності людини під час виконання трудових обов'язків. (Згідно із Законом України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-12.)

Роботодавець - це власник підприємства, установи чи організації або уповноважений ним орган, незалежно від форми власності, типу діяльності та способу господарювання, а також фізична особа, яка залучає найману працю.

Працівник - це особа, яка виконує роботу на підприємстві, в організації чи установі відповідно до трудового договору (контракту).

Керівники підприємств відповідають за організацію, забезпечення та контроль трудової діяльності працівників відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», а також за створення безпечних умов праці на кожному робочому місці.

Працівники при прийнятті на роботу та протягом трудової діяльності зобов'язані проходити за рахунок роботодавця інструктажі, навчання з охорони праці, правила надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків та дії в разі аварії.

Працівники, які виконують роботи з підвищеною небезпекою або ті, що вимагають професійного відбору, мають щорічно проходити за рахунок роботодавця спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці.

Посадові особи, чия діяльність пов'язана з організацією безпечного проведення робіт, при прийнятті на роботу та періодично (один раз на три роки) проходять навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Порядок навчання та перевірки знань посадових осіб з охорони праці регулюється типовим положенням, затвердженим центральним органом виконавчої влади, відповідальним за нагляд за охороною праці.

До роботи не допускаються працівники, включаючи посадових осіб, які не пройшли навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці.

У разі виявлення незадовільних знань з питань охорони праці у працівників (включаючи посадових осіб) вони зобов'язані протягом місячного терміну пройти повторне навчання та перевірку.

Відповідальність за організацію навчання, перевірку знань та проведення інструктажів з охорони праці покладається на керівника підприємства.

Після завершення навчання працівникам видаються посвідчення, в яких вказується дата та місце проходження навчання, термін дії посвідчення, а також перелік необхідних нормативно-правових актів з охорони праці (НПАОП) для допуску до виконання робіт на підприємстві.

НПАОП - це нормативно-правові акти з охорони праці, що включають правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи, обов'язкові до виконання.

5.1.2 Вимоги електробезпеки

Електробезпека - це система організаційних та технічних заходів і засобів, спрямованих на захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики.

Щоденна діяльність персоналу на підприємстві пов'язана з експлуатацією обладнання, підключеного до електромережі. Навчання з електробезпеки обов'язкове не лише для електриків, а й для роботодавців та керівництва підприємства.

Основні нормативні документи:

- НПАОП 40.1-1.28-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС);
- НПАОП 40.1-1.07-01. Правила експлуатації електрозахисних засобів (ПЕЕЗ);
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ);
- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС).

Для запобігання електротравматизму та уникнення санкцій за порушення нормативів роботодавцям важливо чітко визначати категорії працівників, які підлягають навчанню та присвоєнню групи допуску з електробезпеки.

Навчання обов'язкове для:

- Керівників підприємств та фахівців, відповідальних за організацію робіт, пов'язаних з електроенергією;
- Штатних працівників, чия діяльність стосується експлуатації електроустановок різної потужності та типів;
- Спеціалістів з охорони праці, які проводять інспекції електрообладнання та контролюють дотримання нормативів під час виконання робіт.

Група з електробезпеки (кваліфікаційна група або група допуску) визначає рівень підготовки персоналу та дозволяє виконувати роботи в електроустановках.

Некваліфікований персонал створює ризики: штрафи під час перевірок, нещасні випадки, пошкодження обладнання, порушення роботи підприємства та ускладнення впровадження нових технологій.

5.1.3 Групи допуску з електробезпеки

I група з електробезпеки надається всьому неелектротехнічному персоналу, який під час виконання своїх обов'язків на підприємстві взаємодіє з електричними приладами та офісною технікою. Присвоєння групи відбувається після проведення відповідного інструктажу, з фіксацією під розпис у журналі реєстрації інструктажів на I кваліфікаційну групу. Інструктаж з електробезпеки

для I групи проводить особа, відповідальна за електрогосподарство, або, за її письмовим дорученням, електротехнічний працівник з III групою.

Мінімальний стаж роботи в електроустановках та видача посвідчень для працівників з I групою не потрібні.

II група з електробезпеки присвоюється працівникам, які експлуатують електроустановки, але не мають права самостійно підключати їх до мережі. Особам, молодшим за 18 років, не дозволяється присвоювати групу вище II.

III група з електробезпеки дозволяє працівникам самостійно виконувати роботи в електроустановках. З цією групою співробітники можуть здійснювати огляд і обслуговування електрообладнання, а також виступати спостерігачами чи керівниками робіт в електроустановках напругою до 1000 В.

Для отримання II та III груп працівники повинні:

- а) чітко розуміти небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;
- б) знати та вміти практично застосовувати ці та інші правила в обсязі, необхідному для виконуваної роботи;
- в) знати конструктивне виконання та будову електроустановок;
- г) вміти надавати першу допомогу потерпілим від нещасних випадків, зокрема застосовувати методи штучного дихання та непрямого масажу серця.

IV група з електробезпеки присвоюється керівним посадовим особам з значним професійним стажем, наприклад, бригадирам, начальникам підрозділів чи головним енергетикам. Ця група поділяється на варіанти "до 1000 В" та "понад 1000 В".

V група з електробезпеки надається відповідальним працівникам, які працюють з потужними електроустановками (до та понад 1000 В), а також проводять випробування обладнання підвищеною напругою.

Особи, відповідальні за електрогосподарство, та їх заступники повинні мати IV або V групу допуску.

Для отримання IV–V груп додатково потрібно знати схеми компонування електроустановок, вміти організувати безпечне проведення робіт, навчати

персонал інших груп правилам безпеки та надання першої допомоги потерпілим від електричного струму.

Для V групи також необхідно розуміти причини та обґрунтування вимог пунктів правил безпечної експлуатації електроустановок.

За порушення вимог електробезпеки передбачено штрафні санкції. Навчання з електробезпеки проводиться як для організацій-споживачів електроенергії, так і для постачальників.

Працівнику, який успішно пройшов перевірку знань Правил, видається витяг з протоколу та посвідчення встановленого зразка, яке він зобов'язаний мати при собі під час виконання робіт. Посвідчення про перевірку знань є документом, що підтверджує право на самостійну роботу в електроустановках на певній посаді за фахом. Воно видається комісією підприємства після перевірки знань і набуває чинності лише після внесення відповідних записів.

За відсутності посвідчення або якщо термін перевірки знань прострочений, працівник не допускається до роботи. Посвідчення підлягає заміні у разі зміни посади або вичерпання місця для записів.

5.1.4 Періодичність навчання з електробезпеки

Частота проходження курсів з електробезпеки залежить безпосередньо від посадових обов'язків працівника.

Щорічно навчання проходять співробітники, які безпосередньо займаються обслуговуванням, експлуатацією чи випробуваннями в електроустановках.

Інженери з охорони праці та працівники, які не працюють з електрообладнанням, проходять навчання один раз на три роки.

Позапланове навчання з електробезпеки проводиться в таких ситуаціях:

- внутрішнє переведення працівника на іншу посаду;
- зміна місця роботи;
- перерва в трудовому стажі тривалістю понад три роки;
- оновлення обладнання на підприємстві;

- необхідність підвищення групи допуску для виконання посадових обов'язків;
- зміни в нормативно-правових актах та правилах охорони праці.

5.1.5 Система попередження пожеж та протипожежний захист

Система попередження пожеж охоплює пожежну профілактику та заходи пожежної безпеки. Пожежна профілактика - це сукупність організаційних і технічних дій, спрямованих на забезпечення безпеки людей, запобігання виникненню пожеж, обмеження їх розповсюдження, а також створення умов для ефективного гасіння.

Під час розробки профілактичних заходів враховується протипожежний стан об'єкта, зокрема кількість пожеж та завдані ними збитки, число займань, травм, отруєнь і загиблих, рівень дотримання норм пожежної безпеки, готовність пожежних підрозділів, а також ефективність протипожежної пропаганди та агітації.

Пожежна безпека - це стан об'єкта, при якому виключається ймовірність пожежі, а в разі її виникнення запобігає впливу на людей небезпечних факторів і забезпечується захист матеріальних цінностей.

Одним з ключових елементів пожежної безпеки є саме пожежна профілактика. Забезпечення пожежної безпеки об'єкта включає створення системи попередження пожеж та протипожежного захисту.

Значну роль відіграють організаційно-технічні заходи, які умовно поділяються на:

- організаційні (організація пожежної охорони, проведення навчань, інструктажів тощо);
- технічні (дотримання правил і норм, встановлених чинними нормативними документами, під час реконструкції приміщень, технічного переоснащення, експлуатації електромереж, систем опалення та освітлення тощо);
- режимні (заборона куріння та використання відкритого вогню в невідведених для цього місцях тощо);

- експлуатаційні (своєчасне проведення профілактичних оглядів і ремонтів обладнання тощо).

Для запобігання пожежам, їх поширенню та боротьбі з ними всі працівники підприємств, установ та організацій проходять інструктажі та навчання з питань пожежної безпеки. На об'єктах з підвищеною пожежонебезпекою таке навчання є обов'язковим.

Система попередження пожеж - це комплекс організаційних заходів та технічних засобів, призначених для запобігання виникненню та розвитку пожеж. Вона забезпечує виявлення початкової стадії пожежі, оперативне сповіщення та, за потреби, активацію автоматичних систем пожежогасіння.

Відомо, що основною умовою горіння є наявність трьох факторів: горючої речовини, окислювача та джерела запалювання. Для початку горіння ці компоненти повинні досягти критичних рівнів (температури, концентрації, енергії). Оскільки в виробничих умовах завжди присутні горючі матеріали, а в повітрі - достатньо кисню, то для пожежі бракує лише джерела займання.

До джерел запалювання належать відкрите полум'я, розжарені предмети, іскри від ударів чи тертя, сонячне випромінювання тощо. Горюча речовина разом з окислювачем утворюють горюче середовище, здатне горіти за наявності джерела запалювання.

Тому заходи системи попередження пожеж спрямовані на безпечне поводження з джерелами запалювання та запобігання формуванню горючого середовища.

Запобігання появі джерела запалювання в горючому середовищі досягається дотриманням «Правил пожежної безпеки», використанням електрообладнання, відповідного класу пожежо-вибухонебезпечності приміщень і зон, усуненням умов для самозаймання речовин тощо.

Запобігання утворенню горючого середовища забезпечується виконанням таких вимог:

- максимальною заміною горючих речовин і матеріалів на негорючі в технологічних процесах;

- ізоляцією горючого та вибухонебезпечного середовища;
- застосуванням інгібіторів та флегматизаторів;
- використанням захисних пристроїв в установках з горючими речовинами для запобігання пошкоджень і аварій;
- суворим контролем стану повітря в приміщеннях та ефективності вентиляції тощо.

Система попередження пожеж також включає зменшення пожежного навантаження в приміщеннях, проведення пожежо-технічних обстежень, використання знаків безпеки, оперативне виявлення початкової стадії пожежі, передачу інформації про місце та час її виникнення, а за необхідності - активацію автоматичних засобів гасіння.

Засобами протипожежної автоматики оснащуються виробничі приміщення категорій А, Б і В. Установки автоматичної пожежної сигналізації монтуються на складах, базах та інших пожежо-вибухонебезпечних об'єктах.

Основними компонентами таких установок є: сповіщувачі (датчики), розміщені в будівлях або на території для фіксації пожежі; приймальні пристрої (станції), що отримують сигнали від датчиків; а також автоматичні системи пожежогасіння.

Датчики бувають тепловими, димовими та світловими. Їх принцип дії базується на впливі тепла, продуктів горіння чи ультрафіолетового випромінювання.

Теплові датчики активуються при підвищенні температури на 20–40 °С вище максимальної можливої в нормальних умовах. Найпоширенішими є біметалеві датчики, принцип яких ґрунтується на термоелектричному ефекті: у провідниках з різнорідних матеріалів виникає термо-ЕРС при різних температурах з'єднань.

Для сигналізації в вибухонебезпечних приміщеннях використовують напівпровідникові датчики максимальної дії.

Димові датчики реагують на вплив продуктів горіння (диму) на струм в іонізаційній камері, яка слугує сповіщувачем. Живлення здійснюється постійним струмом напругою 220 В.

Світлові датчики перетворюють електромагнітне випромінювання відкритого полум'я в електричний сигнал.

Теплові датчики контролюють площу 10–25 м²; димові - 30–100 м²; світлові - 400–600 м². Їх фіксують на стелі або підвішують на висоті 6–10 м

5.2 Забезпечення захисту персоналу та екологічна безпека в умовах виробництва

5.2.1 Вимоги до персоналу, який експлуатує електроустановки

Підготовка, навчання та подальша атестація знань працівників повинна відповідати галузевому положенню про охорону праці, яке попередньо узгоджено з відповідним державним наглядовим органом. Ці процедури також мають відповідати Правилам технічної експлуатації (ПТЕ), що регулюють роботу з електротехнічною обслугою.

Персонал проходить обов'язкові медичні огляди (як при первинному прийомі на роботу, так і періодичні) згідно з Положенням, затвердженим Міністерством охорони здоров'я України.

Працівники, які обслуговують електроустановки, повинні знати всі необхідні правила відповідно до їхньої посади та виконуваної роботи, а також мати присвоєну відповідну групу з електробезпеки згідно з встановленими вимогами. Після успішного проходження перевірки знань працівникові видається посвідчення. Це посвідчення є документом, який підтверджує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом, і працівник зобов'язаний мати його при собі під час роботи. Посвідчення видається комісією з перевірки знань підприємства і вважається дійсним лише після внесення всіх відповідних записів.

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення. Якщо посвідчення відсутнє, або терміни перевірки знань у ньому прострочені, працівник до роботи не допускається. Посвідчення підлягає заміні, якщо змінилася посада працівника або закінчилося місце для записів. Комісія вилучає посвідчення у разі незадовільних знань, а керівник структурного підрозділу – у разі протермінування дії медичного огляду. Посвідчення про перевірку знань складається з твердої обкладинки та блоку сторінок.

Заборонено допускати до роботи осіб, які не пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки. Працівники, які виконують спеціальні види робіт, що вимагають додаткових вимог безпеки, повинні бути навчені безпечному виконанню таких робіт, про що має бути зроблений відповідний запис у їхньому посвідченні з перевірки знань з питань охорони праці. Перелік робіт з підвищеною небезпекою затверджується керівництвом підприємства.

Результати перевірки знань фіксуються у спеціальному журналі. Сторінки журналу повинні бути пронумеровані, прошнуровані та скріплені печаткою підприємства. Журнал має бути формату А4. Якщо перевірка знань груп працівників проводиться в один день і склад комісії залишається незмінним, допускається підписувати протокол лише один раз після завершення перевірки усієї групи, яка екзаменувалася цього дня.

Працівники можуть допускатися до роботи в електроустановках напругою до 1000 В, або до і вище 1000 В. Для інспектувальних працівників та фахівців з охорони праці в протоколі робиться запис: «допускається як інспектувальна особа».

Відповідальність за оформлення, стан та цілісність журналу перевірки знань покладається на особу, відповідальну за електрогосподарство. Термін зберігання журналу становить три роки після останнього запису.

Перевірка знань з технології робіт (правил експлуатації, виробничих інструкцій) може проводитися Держ.енерго.спожив.наглядом окремо від перевірки знань з безпечної експлуатації електроустановок. У цьому випадку в журналі робиться окремий запис.

Забороняється допускати до роботи працівників з ознаками алкогольного чи наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання. Також заборонено виконання розпоряджень та завдань, що суперечать вимогам правил.

Кожен працівник несе особисту відповідальність за свої дії щодо дотримання вимог правил. Якщо працівник самостійно не може усунути виявлені ним порушення правил, він зобов'язаний негайно повідомити про це свого безпосереднього керівника, а за його відсутності – керівника вищого рівня.

У разі нещасних випадків з людьми, необхідно негайно, без попереднього дозволу, зняти напругу для звільнення потерпілого від дії електричного струму.

Працівники, які порушили вимоги правил, усуваються від роботи і несуть відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, кримінальну) згідно з чинним законодавством. Вони не допускаються до роботи з електроустановками без позачергової перевірки знань

5.2.2 Організація безпечної експлуатації електроустановок

Керівник підприємства несе відповідальність за забезпечення належного утримання, експлуатації та обслуговування всіх електроустановок відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Для досягнення цієї мети керівник повинен забезпечити наступне:

- Призначити відповідального за справний стан і безпечну експлуатацію електрогосподарства. Ця особа має бути обрана з інженерно-технічних працівників, які мають необхідну електротехнічну підготовку та успішно пройшли перевірку знань у встановленому порядку.
- Забезпечити достатню кількість кваліфікованих електротехнічних працівників для виконання всіх робіт.
- Затвердити Положення про електротехнічну службу підприємства, а також розробити посадові інструкції та інструкції з охорони праці.

- Встановити такий порядок, щоб працівники, на яких покладено обов'язки з обслуговування електроустановок, здійснювали ретельний нагляд за довіреним їм обладнанням і мережами, що включає огляд, перевірку, випробування та вимірювання.
- Забезпечити перевірку знань працівників у встановлені терміни, згідно з вимогами цих Правил.
- Забезпечити проведення протиаварійних, приймально-здавальних і профілактичних випробувань та вимірювань електроустановок відповідно до правил і норм.
- Забезпечити проведення технічного огляду електроустановок.

Фахівці служб охорони праці зобов'язані контролювати безпечну експлуатацію, і вони повинні мати IV групу з електробезпеки.

Категорично забороняється покладати на енергослужбу обов'язки, які не входять до її професійної компетенції.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено комплексну архітектуру інтелектуальної системи «розумний будинок», що поєднує апаратні та програмні засоби для керування освітленням, опаленням, водопостачанням та автоматичним відкриванням воріт. Сформовано алгоритми функціонування, які базуються на використанні мікроконтролерів, сенсорних модулів та комунікаційних інтерфейсів Wi-Fi і Bluetooth, що забезпечують адаптивність, енергоефективність та підвищений рівень комфорту мешканців.

Система реалізує моніторинг ключових параметрів (температури, тиску, напруги, витрати води, присутності людей) та автоматичне регулювання режимів роботи обладнання. Це дозволяє мінімізувати непродуктивні витрати електроенергії, продовжити ресурс обладнання та забезпечити безпеку експлуатації. Важливим результатом є інтеграція підсистем у єдину керовану екосистему, що дозволяє узгоджено працювати освітленню, опаленню, водопостачанню та системам доступу.

Економічні розрахунки підтвердили доцільність впровадження розробки: зниження енергоспоживання забезпечує швидку окупність та зменшення експлуатаційних витрат. Отримані результати можуть бути використані для створення адаптивних систем управління житловими та комерційними приміщеннями, а також для подальшого розвитку технологій «цифрового двійника» у сфері енергоменеджменту.

Таким чином, розроблена система «розумного будинку» демонструє технічну реалізованість, практичну цінність та економічну ефективність, відповідаючи сучасним вимогам до енергоощадного та безпечного житла.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційна web-сторінка Arduino. Arduino UNO Rev3. URL: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>
2. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. Rev. 3; 2022. 72 p. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
3. HC-05 Bluetooth Module. Datasheet. URL: <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module>
4. Інтернет речей та «розумний будинок» / Інжинірингова компанія Smart Solutions. – URL: <https://smartsolutions.ua/smart-home>
5. IoT Industry. Market and technology trends. Global status report. Steering committee. 2023. P. 40–45. URL: <https://www.iotglobaltrends.org/report2023.pdf>
6. Кузьменко О.І. Автоматизація інженерних систем житлових будівель / В. Дьяченко // Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. «Інтелектуальні системи керування». Київ, 2022. С. 115–118.
7. Колонтаєвський Ю. П. Електроніка і мікросхемотехніка: підручник для студентів вузів / Ю. П.Колонтаєвський, А. Г.Сосков. Київ:Каравела, 2009. 416 с.
8. Green M. A. Smart energy systems: advanced home automation / М. А. Green. Springer-Verlag, Berlin. 2020. 210 p.
9. Абрамова О. Системи «розумного будинку»: принципи побудови та архітектура / О. Абрамова // URL: <http://smarthome.ua/principy-system>
10. Лежнюк П. Д. Енергоменеджмент у системах автоматизації житлових будівель / О. Є. Рубаненко // Технічна електродинаміка. 2020. № 2. С. 28–30.
11. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0272203-01>
12. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
13. Модернізація системи керування інженерними мережами житлових будівель / О. А. Паянок, М. М. Матевосян / Матеріали конференції «ЛП

Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету», Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem2023/paper/view/17445>

14. Розподілені мікропроцесорні системи: конспект лекцій докторів філософії / уклад.: Т. О. Терещенко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 192 с.

15. Печеник М. В. Особливості підвищення енергоефективності систем «розумного будинку» / М. В. Печеник, С. О. Бур'ян / Вісник НТУУ «ХПІ». Серія: Проблеми автоматизованого електропривода. Харків : 2019. № 36. С. 65–72.

16. Система автоматизованого керування «розумним будинком» / А. П. Тарасюк. Магістерська дисертація. Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2021. 98 с

17. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування : підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. - Київ : Либідь, 2007. - 656 с.

18. Кунцевич В. М. Інтелектуальні системи керування : монографія / В. М. Кунцевич. - Київ : Наукова думка, 2012. - 402 с.

19. Бур'ян С. О. Мікропроцесорні системи керування та автоматики : навчальний посібник / С. О. Бур'ян. - Харків : ХНТУСГ, 2016. - 288 с.

20. Жуйков В. Я. Системи автоматизації електроенергетичних об'єктів : підручник / В. Я. Жуйков. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2015. - 364 с.

21. Бабак В. П. Енергоефективні електромеханічні системи : монографія / С. В. Котелевець. - Київ: Ін-т електродинаміки НАН України, 2014. - 312 с.

22. Терещенко Т. О. Цифрові системи керування : підручник / Т. О. Терещенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - 280 с.

23. Литвиненко В. І. Інтелектуальні та адаптивні системи керування : навчальний посібник. - Харків : НТУ «ХПІ», 2017. - 240 с.

24. Лежнюк П. Д. Автоматизовані системи керування и : монографія / П. Д. Лежнюк. - Вінниця : ВНТУ, 2011. - 296 с.

25. Паянок О. А. и : навчальний посібник / О. А. Паянок. - Вінниця : ВНТУ, 2020. - 198 с.

Додаток А

92

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕМСК

К.Т.Н., доц. Микола МОШНОРИЗ

«21» 10 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЗА ПРИНЦИПОМ
“РОЗУМНИЙ БУДИНОК”**

08-24. МКР.010 .00.000 ТЗ

Керівник роботи: д.т.н., проф.

Володимир ГРАБКО

«21» 10 2025 р.

Виконав: ст. гр. ЕПА-24м.

Олександр ПОБЛОЦЬКИЙ

«21» 10 2025 р.

Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету», Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem2023/paper/view/17445>

14. Розподілені мікропроцесорні системи: конспект лекцій докторів філософії / уклад.: Т. О. Терещенко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 192 с.

15. Печеник М. В. Особливості підвищення енергоефективності систем «розумного будинку» / М. В. Печеник, С. О. Бур'ян / Вісник НТУУ «ХПІ». Серія: Проблеми автоматизованого електропривода. Харків : 2019. № 36. С. 65–72.

16. Система автоматизованого керування «розумним будинком» / А. П. Тарасюк. Магістерська дисертація. Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2021. 98 с

17. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування : підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. - Київ : Либідь, 2007. - 656 с.

18. Кунцевич В. М. Інтелектуальні системи керування : монографія / В. М. Кунцевич. - Київ : Наукова думка, 2012. - 402 с.

19. Бур'ян С. О. Мікропроцесорні системи керування та автоматики : навчальний посібник / С. О. Бур'ян. - Харків : ХНТУСГ, 2016. - 288 с.

20. Жуйков В. Я. Системи автоматизації електроенергетичних об'єктів : підручник / В. Я. Жуйков. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2015. - 364 с.

21. Бабак В. П. Енергоефективні електромеханічні системи : монографія / С. В. Котелевець. - Київ: Ін-т електродинаміки НАН України, 2014. - 312 с.

22. Терещенко Т. О. Цифрові системи керування : підручник / Т. О. Терещенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - 280 с.

23. Литвиненко В. І. Інтелектуальні та адаптивні системи керування : навчальний посібник. - Харків : НТУ «ХПІ», 2017. - 240 с.

24. Лежнюк П. Д. Автоматизовані системи керування и : монографія / П. Д. Лежнюк. - Вінниця : ВНТУ, 2011. - 296 с.

25. Паянок О. А. и : навчальний посібник / О. А. Паянок. - Вінниця : ВНТУ, 2020. - 198 с.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КЕМСК
к.т.н., доц. Микола МОШНОРІЗ

«__»_____2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЗА ПРИНЦИПОМ
“РОЗУМНИЙ БУДИНОК”**

08-24. МКР.010 .00.000 ТЗ

Керівник роботи: д.т.н., проф. _____
Володимир ГРАБКО
«__»_____2025 р.

Виконав: ст. гр. ЕПА-24м. _____
Олександр ПОБЛОЦЬКИЙ
«__»_____2025 р.

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки «Інтелектуальна система керування за принципом “розумний будинок”».

Скорочене найменування розробки «Інтелектуальна система керування за принципом “розумний будинок”».

Замовник Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем магістерських кваліфікаційних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Розробка призначена для створення високоефективної системи керування інженерними підсистемами «розумного будинку» - освітленням, опаленням, водопостачанням та автоматичним відкриванням воріт. Система забезпечує енергоефективність, адаптивність та підвищений рівень комфорту мешканців за рахунок використання мікроконтролерних технологій, сенсорних модулів та бездротових інтерфейсів Wi-Fi і Bluetooth. Запропонований метод базується на застосуванні інтелектуальних алгоритмів моніторингу та керування, що дозволяють у реальному часі прогнозувати потреби користувачів, оптимізувати режими роботи обладнання та мінімізувати непродуктивні витрати електроенергії.

Галузь використання охоплює житлові та комерційні приміщення, де висуваються підвищені вимоги до енергоефективності, безпеки та зручності експлуатації. Розроблена система може бути інтегрована у нові будівлі або застосована для модернізації існуючих інженерних мереж, забезпечуючи централізоване керування освітленням, опаленням, насосним обладнанням та системами доступу.

Також дана система може використовуватися у лабораторних стендах для дослідження енергоспоживання та роботи електромеханічних систем, у навчальних цілях для відпрацювання принципів автоматизації, а також при впровадженні технологій «цифрового двійника» для прогнозування роботи інженерних мереж і оптимізації експлуатаційних витрат.

4 Вимоги до розробки

- забезпечення стабільної роботи інженерних підсистем освітлення, опалення, водопостачання, автоматичне відкривання воріт та інших побутових ланок з урахуванням змін навантаження та умов експлуатації;
- адаптація параметрів керування до присутності мешканців, часу доби та реального енергоспоживання;
- підвищення рівня безпеки за рахунок контролю напруги, тиску, температури та стану виконавчих механізмів;
- зменшення непродуктивного енергоспоживання та підвищення ресурсу обладнання;
- інтеграція з іншими підсистемами «розумного будинку» для комплексної оптимізації витрат та підвищення комфорту.

5 Комплектація розробки

Апаратна частина:

- Мікроконтролер Arduino для збору даних та керування виконавчими пристроями.
- Комунікаційні модулі Wi-Fi та Bluetooth для локального та віддаленого керування.
- Датчики температури, тиску, напруги, руху та витрати води для моніторингу стану системи.
- Реле та комутаційні блоки для керування освітленням, електрокотлом, насосом та електроприводом воріт.
- Блоки захисту (автоматичне відключення, захист від перегріву, перевантаження та аварійних режимів).

Програмна частина:

- Алгоритми моніторингу та керування, реалізовані у середовищі Arduino IDE та/або MATLAB/Simulink для моделювання роботи системи.
- Інтелектуальні алгоритми прогнозування та оптимізації режимів роботи (наприклад, адаптивне керування опаленням залежно від присутності мешканців).
- Програмне забезпечення для налаштування параметрів, ведення журналів енергоспоживання та відображення графіків роботи системи.
- Середовище Tinkercad Arduino Services, яке дозволяє реалізувати базову логіку взаємодії між мікроконтролером та периферійними пристроями

6 Джерела розробки

1. Кузьменко О.І. Автоматизація інженерних систем житлових будівель: навчальний посібник / О.І. Кузьменко. - Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2022. - 180 с.
2. Системи «розумного будинку» та IoT-технології: навчальний матеріал / кол. Авт. - Львів: ЛНУ, 2021. - 120 с.
3. Arduino та ESP-платформи в автоматизації: навчальний посібник / Харківський нац. Університет радіоелектроніки. - Харків: ХНУРЕ, 2020. - 145 с.
4. Дьяченко В. Інтелектуальні системи енергоменеджменту: навчальні матеріали / В. Дьяченко. - Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2019. - 95 с.
5. Молла К.Е. Моделювання IoT-систем у MATLAB/Simulink: методичні матеріали / К.Е. Молла. - Київ: НТУУ «КПІ», 2023. - 52 с. - Електронний ресурс. Режим доступу (URL): <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/3015546e-e1db-4280-b255-02b18088f1ff/content>
6. Інтернет речей та автоматизовані системи керування: метод. Вказівки / Вінницький нац. Техн. Університет. - Вінниця: ВНТУ, 2018. - 88 с. - Електронний ресурс. Режим доступу (URL): <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/74/66/15st-11.pdf>

7 Технічні характеристики системи

Контролер керування

- Тип: мікроконтролерна система керування (Arduino / сумісний контролер)
- Напруга живлення: 5 В (логіка), 220 В, 50 Гц (силові кола)
- Тактова частота мікроконтролера: до 16 МГц
- Кількість цифрових входів/виходів: не менше 14
- Кількість аналогових входів: не менше 6
- Інтерфейси зв'язку: I²C, SPI, UART (можливість підключення Wi-Fi / Ethernet модуля)
- Режим роботи: безперервний, цілодобовий

Силові виконавчі елементи

- Тип комутації навантажень: електромеханічні реле
- Напруга комутації: 220 В, 50 Гц
- Максимальний струм одного каналу: до 40 А

Система автоматизованого водопостачання

- Тип насоса: побутовий електричний насос
- Номінальна потужність насоса: 1,1 кВт
- Напруга живлення: 220 В, 50 Гц
- Номінальний струм: до 7 А
- Режим роботи: періодичний, автоматичний
- Спосіб керування: релейне вмикання за сигналами сенсорів

Сенсори та зворотний зв'язок

- Датчики руху (PIR) - для визначення присутності людини
- Магнітні датчики (reed switch) - контроль стану дверей
- Датчик температури та вологості DHT22 - контроль температурного режиму
- Датчик тиску - контроль роботи системи водопостачання
- Витратомір - облік споживання води
- Датчик струму ACS712 - вимірювання струмового навантаження
- Датчик напруги ZMPT101B - контроль напруги живлення

Система обліку та моніторингу енергії

- Тип вимірювання: непрямий, на основі струму та напруги
- Формула розрахунку енергії:
- Модуль реального часу: RTC DS3231 • Точність відліку часу: ± 2 ppm
- Можливість збереження даних: SD-карта / хмарний сервіс

Енергетичні та експлуатаційні характеристики

- Сумарна встановлена потужність системи: до 6,2 кВт
- ККД системи керування: не менше 90 %
- Робочий діапазон температур: 0...+40 °С • Режим експлуатації: безперервний
- Розрахунковий термін експлуатації: не менше 10 років

Функціональні можливості системи

- Автоматичне керування освітленням залежно від присутності людей
- Оптимізація роботи опалення за розкладом та температурою
- Автоматичне керування насосом водопостачання за тиском та витратою
- Облік та аналіз електроспоживання
- Захист від аварійних режимів (перевантаження, сухий хід, відсутність напруги)

8 Етапи виконання

Стадії та етапи розробки	Терміни виконання
Основна частина	
Графічна частина	

9. Елементна база

Елементна база розробки включає мікроконтролер, ESP32 для збору даних та керування виконавчими пристроями, комунікаційні модулі Wi-Fi та Bluetooth для локального й віддаленого доступу, датчики температури, тиску, напруги, руху та витрати води для реалізації зворотного зв'язку, реле та комутаційні блоки для керування освітленням, електрокотлом, насосом та електроприводом воріт. До складу також входять блоки захисту (автоматичне відключення, аварійне гальмування, захист від перегріву й перевантаження),

модуль реального часу для роботи за графіком, панель оператора (дисплей і клавіатура) для моніторингу та налаштування параметрів, а також методична документація із схемами підключень, алгоритмами керування та інструкціями з безпеки.

10. Конструктивне виконання

Система управління інженерними підсистемами «розумного будинку» реалізована як інтегрована конструкція, що поєднує апаратні та програмні компоненти. Мікроконтролер з'єднаний із датчиками та виконавчими пристроями через реле та захисні блоки. Датчики температури, тиску, напруги та витрати води розташовані у відповідних вузлах системи для точного контролю параметрів. Керування здійснюється через комунікаційні інтерфейси (UART, I²C, SPI, Wi-Fi, Bluetooth), що забезпечують взаємодію з панеллю оператора та головним контролером. Програмне забезпечення Arduino IDE та MATLAB/Simulink використовується для моделювання, тестування та налаштування алгоритмів, а блоки захисту й аварійного відключення гарантують безпечну експлуатацію системи в побутових умовах.

11. Показники технологічності

Розроблена система забезпечує високу технологічність експлуатації завдяки простоті інтеграції з існуючими інженерними мережами будинку, мінімальним змінам конструкції обладнання, легкому налаштуванню параметрів через інтерфейс користувача та можливості адаптивного керування без тривалого простою. Система скорочує час переходу між режимами роботи (наприклад, опалення - економ/комфорт, освітлення - нічний/денний), підвищує стабільність роботи насосів та котла, що забезпечує зниження енергоспоживання, підвищення ресурсу обладнання та комфортні умови проживання.

12. Технічне обслуговування і ремонт

Система передбачає планове технічне обслуговування, яке включає перевірку стану датчиків, реле та комунікаційних модулів, очищення та заміну витратних елементів, контроль і калібрування сенсорів, оновлення та переналаштування

програмного забезпечення, а також тестування роботи всіх захисних блоків і аварійних систем. Ремонтні роботи проводяться шляхом заміни пошкоджених компонентів або модулів, відновлення електричних з'єднань та елементів захисту. Конструкція системи дозволяє швидкий доступ до вузлів для скорочення часу простою.

13. Живлення системи

Живлення системи повинно бути виконано від побутової електромережі напругою 220 В із застосуванням стабілізаторів та захисних пристроїв для забезпечення надійної роботи мікроконтролера, датчиків та виконавчих механізмів.

14. Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання. Прийняття роботи здійснюється комісією, затвердженою завідувачем кафедри, відповідно до графіка захисту.

Додаток Б

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЗА ПРИНЦИПОМ
“РОЗУМНИЙ БУДИНОК”**

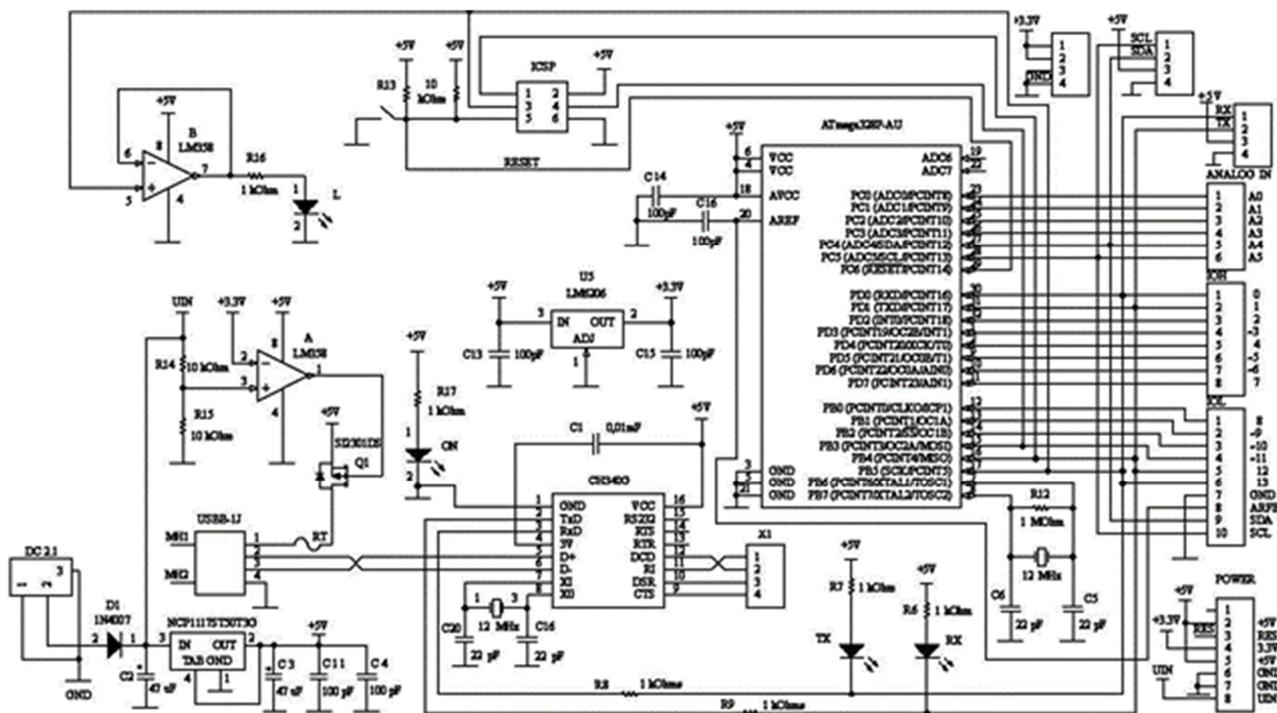


Рисунок Б.1 - Схема електрична принципова плати Arduino Uno R3

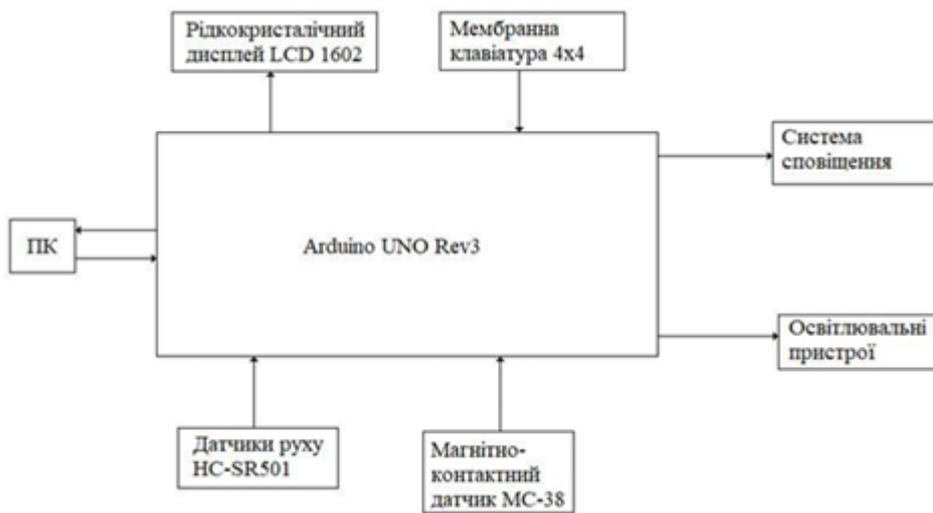


Рисунок Б.2 – Структура системи безпеки та контролю освітлення

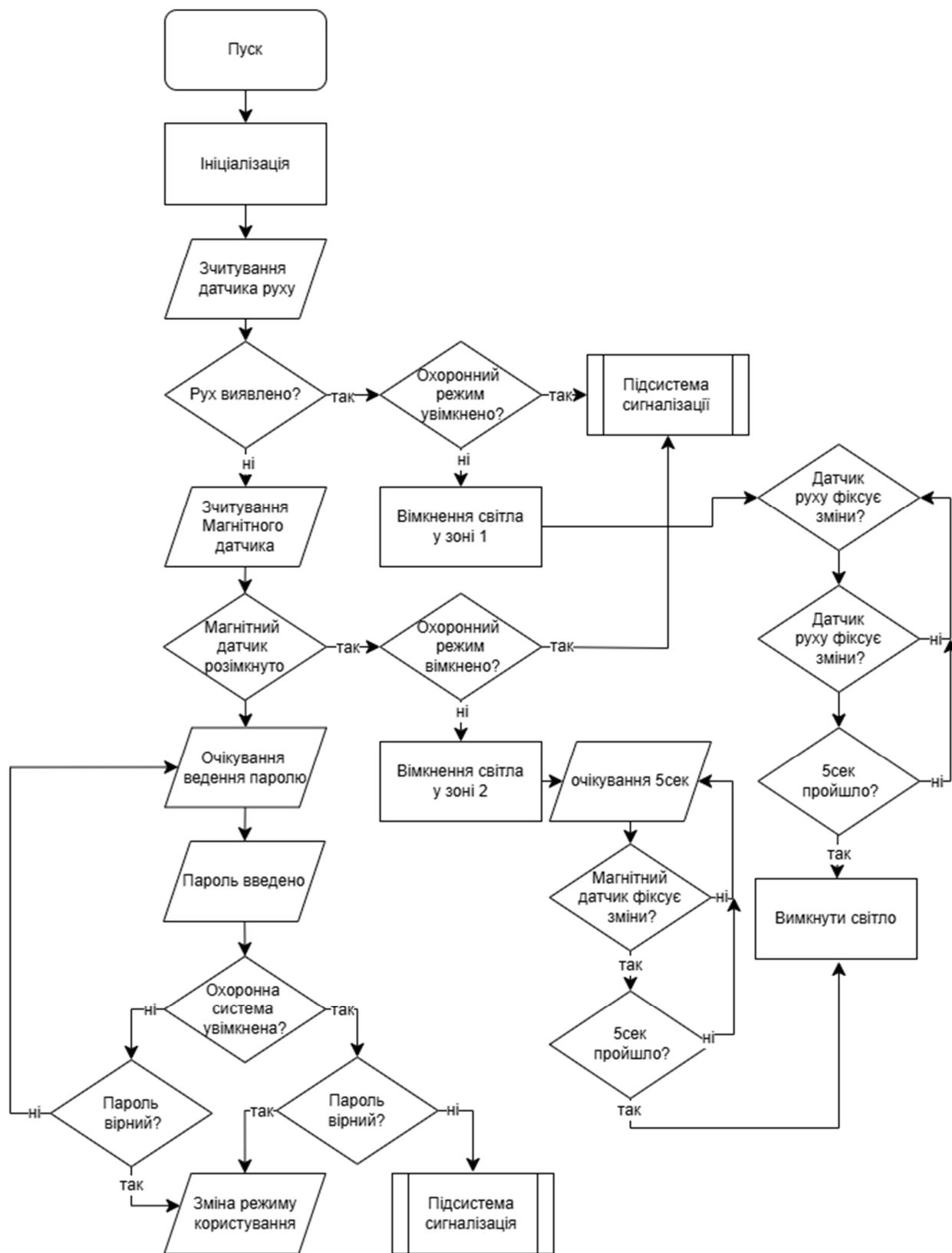


Рисунок Б.3 - Алгоритм роботи ситеми овітлення та безпеки



Рисунок 3.22 - Структура системи автоматичного відкривання воріт.

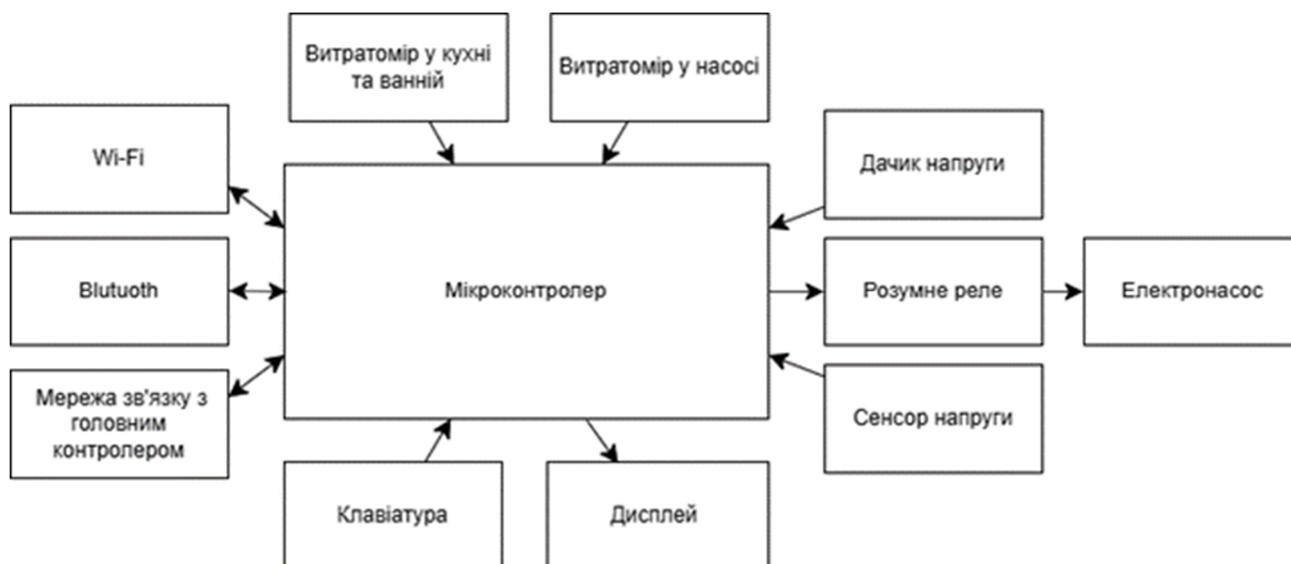


Рисунок 3.24 - Структура системи водопостачання

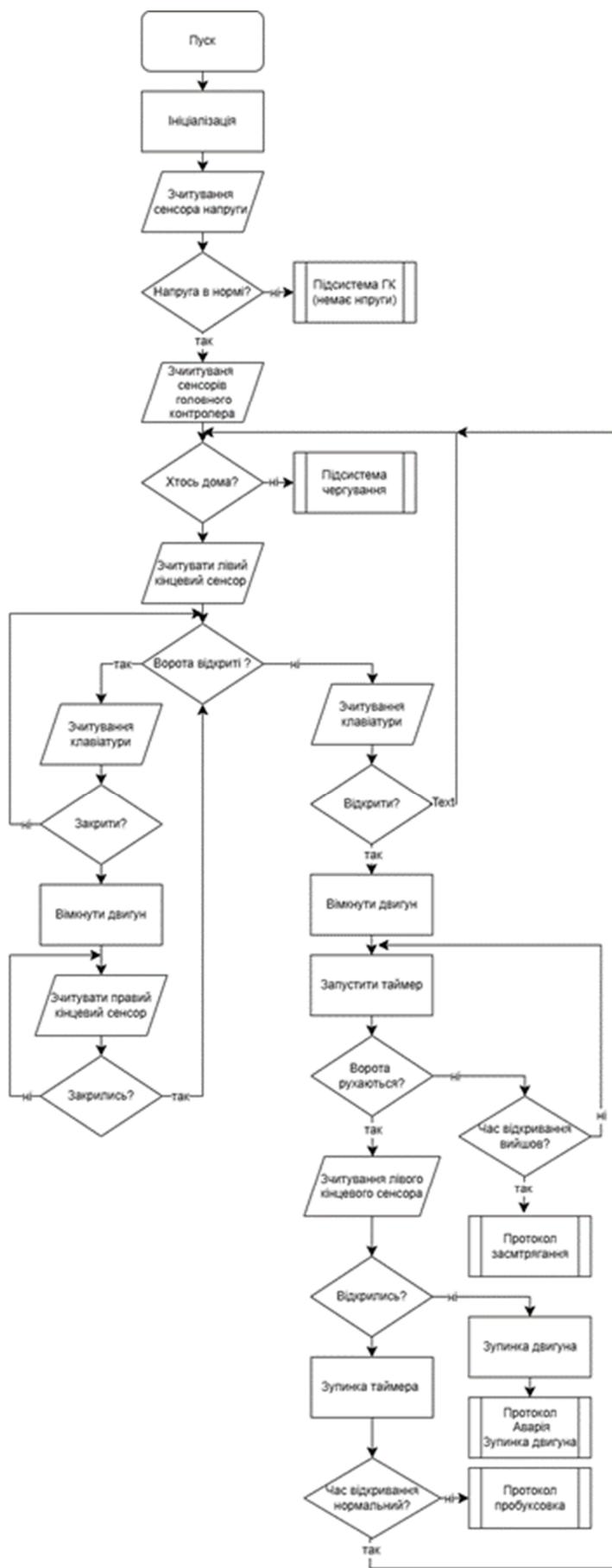


Рисунок 3.23 - Алгоритм роботи автоматичної системи відкриття воріт

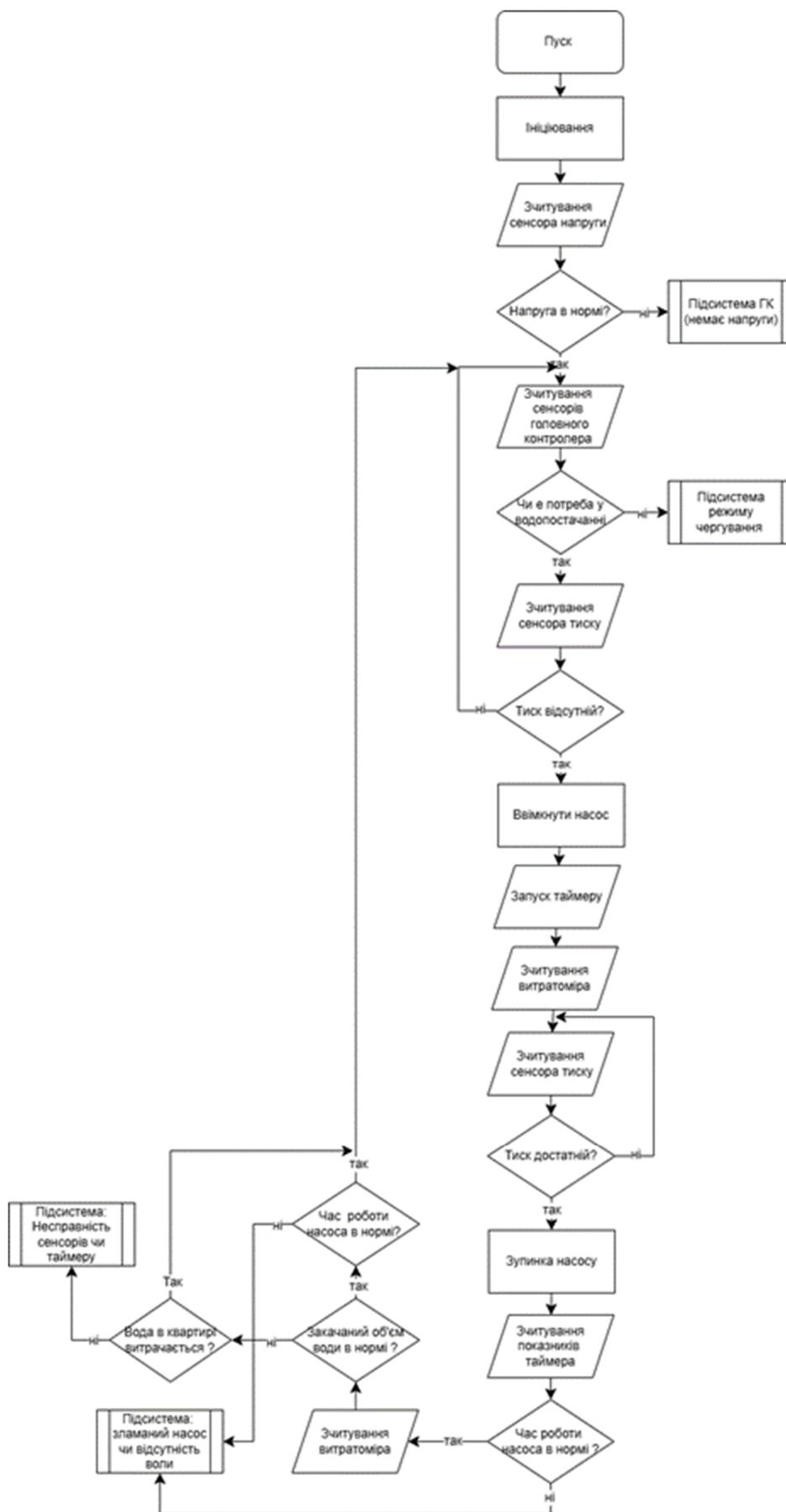


Рисунок 3.25 - Алгоритм роботи системи водопостачання

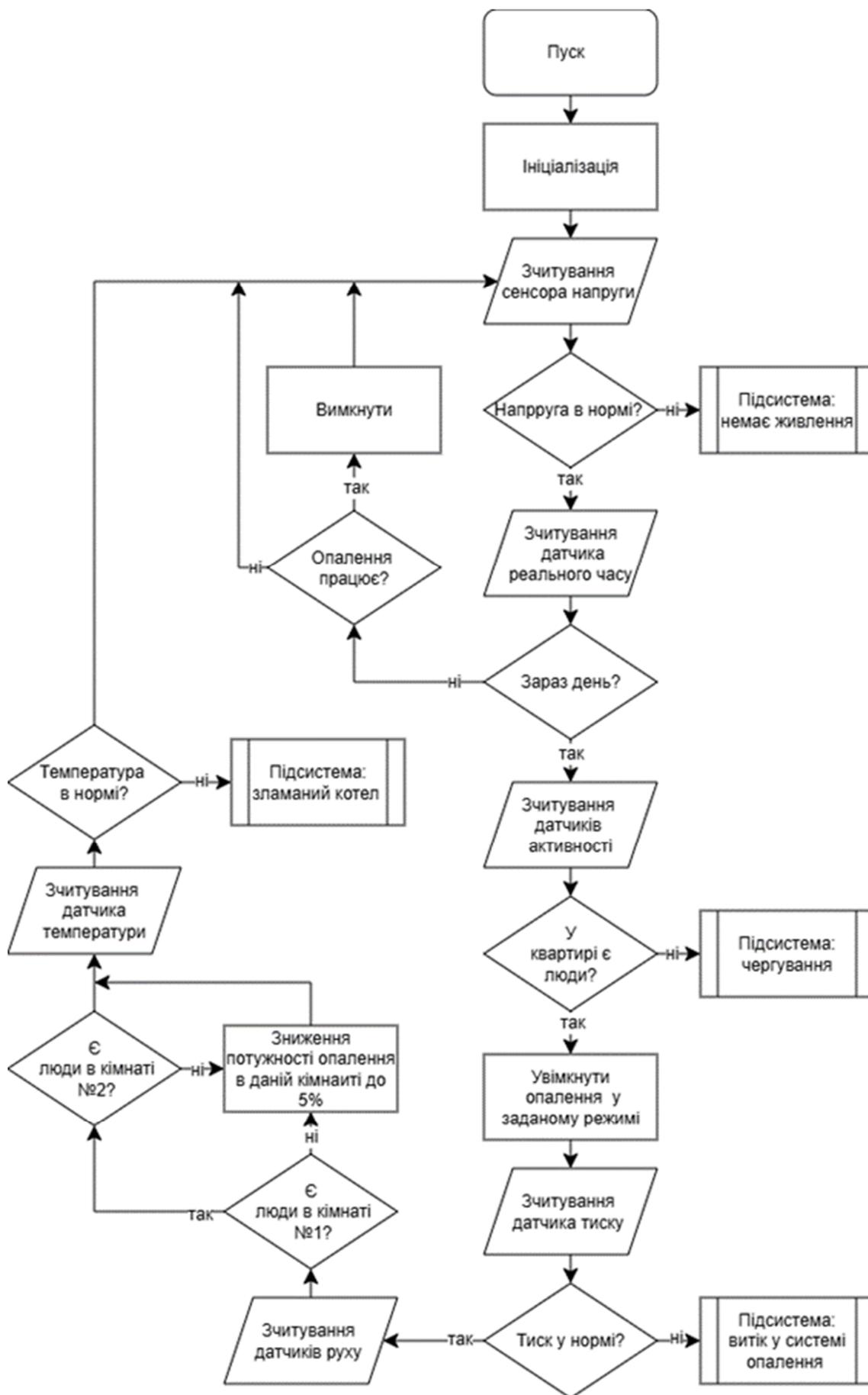


Рисунок 3.27 - Алгоритм роботи системи опалення

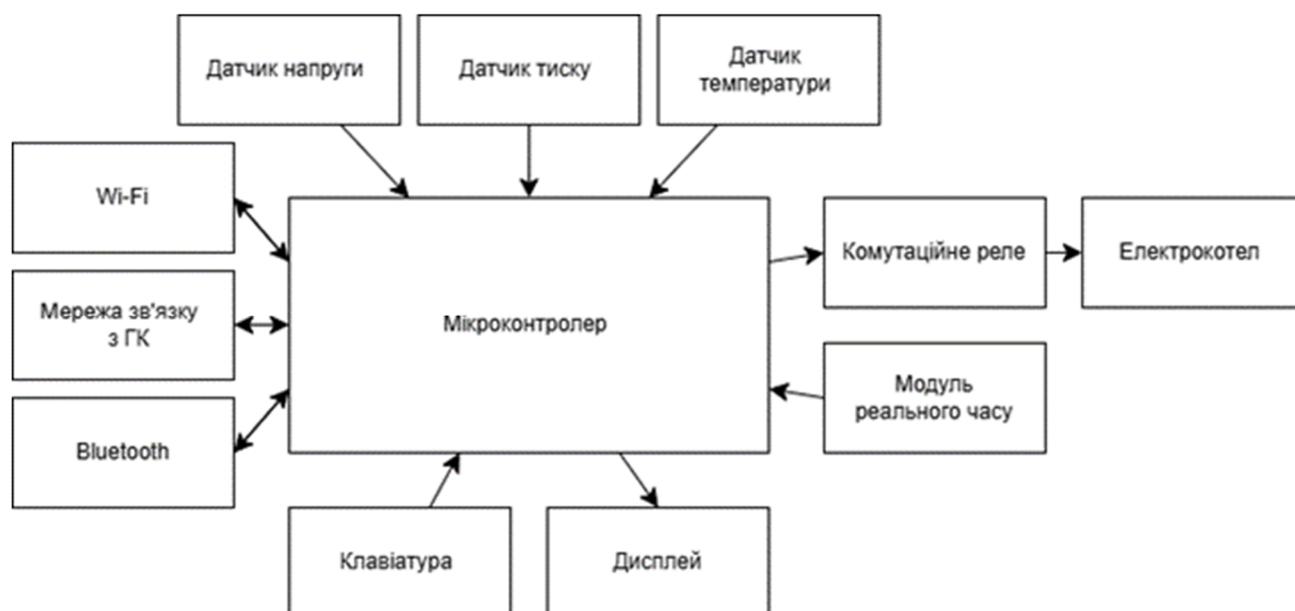


Рисунок 3.26 - Структура інтелектуальної системи опалення

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Інтелектуальна система керування за принципом "розумний будинок"

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕПА-24м

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 8,39%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Зав. кафедри КЕМСК Мошноріз М.М.

(прізвище, ініціали, посада)

Гарант ОП Проценко Д.П.

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

(підпис)

Грабко В.В.

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач

(підпис)

Поблоцький О.О.

(прізвище, ініціали)

08-24.МКР.010.00.000

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Інтелектуальна система керування за принципом "розумний будинок"	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:		Поблоцький О.О.		21.11.		ВНТУ, гр. ЕПА-24м		
Перевірив:		Габко В.В.		21.11.	Аркут		Аркутів	
Т. контр.								
Опониент		Бабенко О.В.		19.12				
Норм. кон.		Жуков О.А.		24.11.				
Затверд.		Мошнорізі М.М.		25.11.				