

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний факультет
(факультет)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

здобувача вищої освіти Гончарова Владислава Костянтиновича
(П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані техно-
логії

(офіційна назва)

на тему Система автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опа-
ленні

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	проф, Бубликов А.В.			
Провідний консультант				
Розробка апаратного забезпечення системи керування	доцент, Соснін К.В.			
Визначення моделі об'єкта керування	асист., Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл., Яремчук І.О.			
Охорона праці	доцент, Чеберячко Ю.М.			
Нормоконтролер	асист., Славінський Д.В.			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-ви-
мірювальних систем
(повна назва)

_____ **Ткачовим В.В.**
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Гончарова В.К. академічної групи 151-17-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані техно-
логії
(офіційна назва)

на тему Система автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опа-
ленні,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	
Розробка програмного забезпечення системи керування	Розробка алгоритму керування та програмного забезпечення з людино-машинним інтерфейсом	
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	

Завдання видано

(підпис п.конс.)

(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до атестаційної комісії _____

Прийнято до виконання

(підпис здобувача)

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить __ стор., __ рис., __ табл., __ дод., __ листів графічного матеріалу формату А4.

Об'єкт розробки – процес автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні.

Предмет розробки – система автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні.

Мета проекту – розробити систему автоматичного керування температурою у кімнаті.

На основі аналізу процесу керування температурою повітря як об'єкта автоматичного керування запропоновано у якості апаратного забезпечення використати контролер VIPA 214-2BE03, аналоговий модуль вводу-виводу VIPA 234-1BD50, датчик температури повітря ДТС125М-50М.0,5.60.И [14], проміжне реле RM1E23AA25, та у якості джерела живлення обрано два AUTONICS SPB-015-24.

Для створення алгоритму керування температурою при опаленні приміщень використані методи теорії автоматичного керування та теорії графів.

Результатами досліджень є отриманий алгоритм керування температурою у приміщенні при ідентифікації динамічних властивостей зони опалення, та імітаційна модель системи автоматичного керування даним процесом.

Розглянуто комплекс питань щодо економіки та охорони праці.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Стан питання та постановка завдання	8
1.1 Галузь промисловості	8
1.2 Технологічний процес	8
1.3 Об'єкт керування.....	10
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування.....	10
1.3.2 Структура об'єкту керування	13
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування.....	13
1.4 Висновки по розділу	14
2 Розробка апаратного забезпечення системи керування.....	15
2.1 Розробка структурної схеми системи керування.....	15
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	16
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи керування	17
2.3.1 Вибір датчика	17
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	18
2.3.3 Вибір пристрою керування	19
2.3.4 Вибір пульта оператора.....	20
2.3.5 Вибір джерела живлення.....	21
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	22
2.5 Розробка схеми електричної принципової	23
2.6 Висновки по розділу	24
3 Визначення моделі об'єкта та системи керування	26
3.1 Параметрична ідентифікація об'єкта керування за експериментальною кривою	26
3.2 Алгоритм ідентифікації зони опалення на основі графу станів.....	27
3.3 Схеми імітаційної моделі САК з релейним регулятором та блоком ідентифікації зони опалення	29

3.4	Аналіз закономірностей зміни у часі температури та потужності під час ідентифікації	31
3.5	Перевірка ідентифікованої моделі зони опалення на адекватність	33
3.6	Висновки по розділу	35
4	Економіка.....	36
4.1	Обґрунтування доцільності автоматизації процесу керування температурою у кімнаті.....	36
4.2	Розрахунок капітальних витрат для автоматизації процесу керування температурою у житлової кімнаті при електричному опаленні.....	36
4.3	Висновки по розділу	43
5	Охорона праці.....	44
5.1	Аналіз шкідливих та небезпечних факторів у системі автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні.....	44
5.2	Інженерно-технічні заходи з охорони праці	45
5.2.1	Захист від ураження електричним струмом.....	45
5.2.2	Захист від електричних опіків	49
5.2.3	Перша допомога при отриманні термічного опіку.....	51
5.2.4	Пожежна профілактика	52
5.3	Висновки по розділу	54
	Висновки	55
	Перелік посилань.....	56
	Відомість проекту	58

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ПЛК – програмований логічний контролер

ПК – персональний комп'ютер

САК – система автоматично керування

ВСТУП

У зимові періоди, коли температура на вулиці сягає негативних значень, користувачі електричних обігрівачів можуть неефективно керувати опаленням. Це позначається як на комфорті, так і на рахунках при оплаті за електрику. Тому, метою проекту є досягнення вирішення проблеми ефективного керування температурою у приміщеннях.

Основним завданням є підбір апаратури і розробка програмного забезпечення, яке працює в режимі реального часу. Це дозволить нам спостерігати і аналізувати зміни у процесі опалення на різних інтервалах часу. Також покаже нам, як протікає процес розподілу тепла в приміщенні, щоб потім використовувати його в своїх моделях.

Ідентифікація моделі буде заснована на проведенні експерименту, який передбачає зміни вхідних сигналів, і вимірювання вихідних параметрів теплофізичного процесу опалення.

Відносна складність ідентифікації моделі перехідного процесу тепла в приміщенні є наслідком того, що джерело тепла є джерелом власного тепловиділення, що залежить від його продуктивності і розповсюджується конвективним способом. Тому, температура повітря в одній точці приміщення може відрізнятися в іншій точці, і, як наслідок, може виникнути перегрів локальної зони опалення, призводячи до неефективного використання електричної енергії для опалення приміщення. Тому дослідження динамічних властивостей локальних зон опалення, та створення інструментів для їх ідентифікації у режимі реального часу з метою коригування на їх основі тактики опалення, – це є дійсно актуальним завданням.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Електричне опалення квартир займає в нашому житті все більше місця. Відбувається це за рахунок розвитку розумних систем управління споживання енергоресурсів і необхідності підтримки комфортних умов для людини.

Україна має джерела для виробництва електроенергії: атомні, теплові, гідроакумуляторні і гідравлічні. Також, в майбутньому планується розширити напрямки видобутку екологічно чистої енергії.

Зараз опалення проводиться централізовано. За оцінками фахівців, енергетичні втрати при опаленні такого виду приблизно доходять до 40%, і ще 70% теплових систем потребують реконструкції. Тому перехід від централізованого опалення до індивідуального більше здається ефективним рішенням. Для прикладу, у Франції електричним опаленням оснащено близько 40% всіх приміщень, в Іспанії і Фінляндії - 30%. [1]

У цього переходу є ряд плюсів: підвищується коефіцієнт корисної дії виходячи з того, що з системи виключаються теплові втрати, знижуються витрати на трубопровідні конструкції, а також за рахунок споживачів, які зацікавлені в контролі за витратами; незалежність від подорожчання природного газу, простота і швидкість монтування систем; розігріває приміщення швидко і рівномірно; екологічність та чистота [2]

Підводячи до підсумку, всі передумови вказують на те, що необхідно змінювати ставлення до електричних опалювальних систем, бо вони є майбутнім індивідуальним постачальником тепла у приміщення, що дозволить покращити екологічність навколишнього світу, завдяки відсутності потреби у котельних обігрівальних системах, та незалежності від ціни імпортованого газу.

1.2 Технологічний процес

Сьогодні у якості пристрою для обігріву приміщення більше обирають теплові вентилятори та конвектори. Вони компактні для розташування, більш дешевші.

Вентилятор, який призначений для обігріву приміщень, працює за принципом: потік холодного повітря надходить до нагрівального елемента, температура потоку підвищується, і розігріте повітря розсіюється рівномірно в приміщенні за рахунок встановленого вентилятора.

Перевагою виступає швидке нагрівання потоку холодного повітря до необхідних температур, або створення власного клімату в зоні за допомогою направленного потоку.

На рис. 1.1а та 1.1б позначено зони теплового потоку.

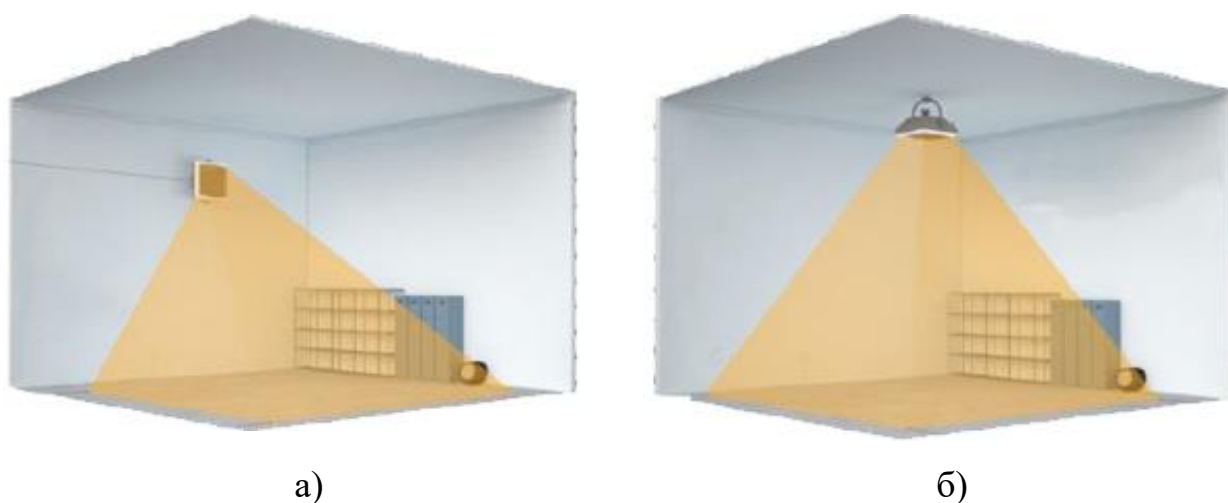


Рисунок 1.1 – а) процес обігріву приміщення зі стіни б) процес обігріву приміщення зі стелі

У наступному конструктивному виконанні обігрівача (конвектора) у його складі знаходиться нагрівальний елемент, що покриває велику площу теплообміну.

Холодне повітря, проходячи через решітку знизу, піднімається до нагрівального елемента. Проходячи через нього, повітря нагрівається і піднімається вгору, до стелі, створюючи таким чином циркулюючий повітряний потік (рис 1.2).

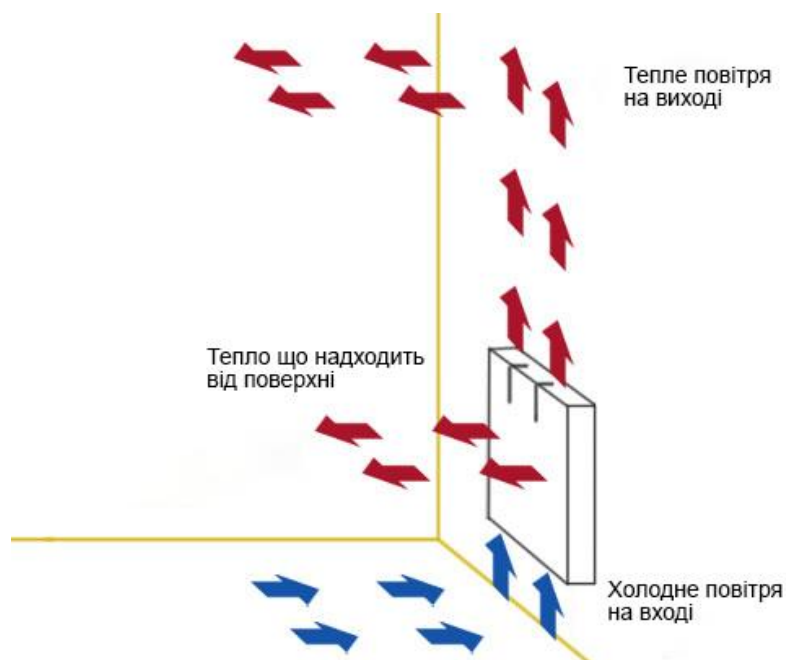


Рисунок 1.2 – Процес обігріву приміщення конвектором

За рахунок цього температура в приміщенні нагрівається за малий час та забезпечує рівномірний обігрів приміщення.

1.3 Об'єкт керування

Об'єктом керування у роботі є процес керування температурою повітря у кімнаті. Метою є створення алгоритму керування, що забезпечує відпрацювання заданого комфортного значення температури при одночасній ідентифікації динамічних властивостей локальних зон опалення.

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування

Об'єкт керування є безперервним об'єктом, його вихідна величина змінюється у часі у певному діапазоні неперервно та залежить від різних чинників. Наприклад, вікно є зв'язком із зовнішнім середовищем, і воно пропускає інфрачервоне випромінювання обігрівачів назовні взимку, також як і надлишкову енергію сонця всередину приміщення влітку. Також на зміну температури повітря сприяє не тільки зовнішні джерела тепла, а ще й внутрішні, такі як: електричні прилади, що працюють та випромінюють тепло, при відкритті дверей, температура, що була зовні, може відрізнятись від температури у кімнаті, що обігривається. Тому відбувається встановлення балансу температур між приміщеннями.

Виконавчим пристроєм для опалення приміщень виступає тепловий вентилятор SATURN ST-HT8341K (рис. 1.3).

Вентилятор живиться від AC220V, номінальна сила струму 9A, а потужність споживання складає 2000Вт. Технічні та фізичні параметри наведені у таблиці 1.1.



Рисунок 1.3 – тепловий вентилятор SATURN ST-HT8341K

Розміри кімнати де розташований обігрівач: 3х6.5 метрів (рис. 1.4). Тобто, обраний вентилятор підходить за площиною обслуговування виходячи з його характеристик.

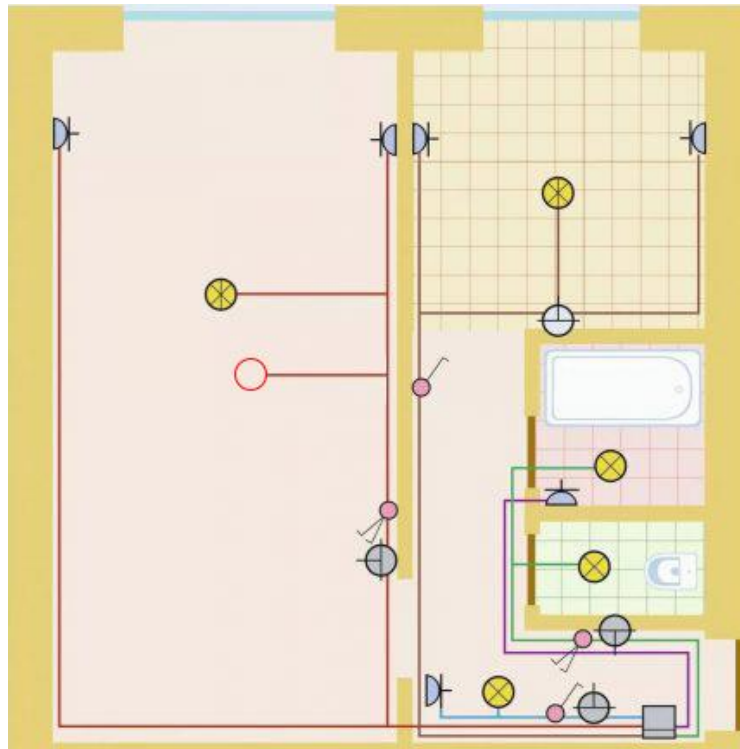









Рисунок 1.4 – Кімната з встановленим обігрівачем

- де  обігрівач
-  люстра
-  патрон лампи
-  перемикач, полюсний
-  перемикач, 2-х-полюсний
-  штепсельна розетка, 2-х-полюсна
-  щиток

Таблиця 1.1 - Загальні властивості об'єкту керування

Площа обслуговування, кв. м.	22
Потужність, Вт	2000
Монтаж	Підлоговий
Різновид нагрівального елемента	Спиральний
Режим роботи	Обігрів, охолодження
Номінальна напруга, В	220-240
Номінальна сила струму, А	9
Габарити	29 x 21.5 x 17.5

1.3.2 Структура об'єкту керування

Об'єкт керування має один вхідний параметр – споживана потужність та один вихідний – керована величина, тобто температура у приміщенні. Збурюючі впливи виникають за рахунок зміни навколишнього середовища, або через зміну умов обігріву в приміщенні.

Структурна схема об'єкту керування показана на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Схема структури об'єкта керування

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування

Керування об'єктом виконується за допомогою розробленого людино-машинного інтерфейсу, в якому є керуючі елементи взаємодії з об'єктом, і є відображення необхідних даних для поставленої задачі.

Керування полягає у включенні і виключенні обігрівача. Також входить параметр, від якого відбувається відштовхування - уставка значення комфортної температури. Для візуалізації поточного стану температури в приміщенні на інтерфейс буде виводитися інформація про цю характеристику.

Після приведення системи в дію і досягнення нею встановленого значення відбувається відключення і аналіз перехідного процесу, після чого визначається динамічна модель об'єкта керування. Надалі ця модель використовується для керування.

Основна ідея такого підходу лежить у спрощенні життя людей за рахунок відсутності будь-якого втручання на пізніх етапах роботи системи. На ранніх же

етапах людина встановлює комфортну для нього температуру в приміщенні при різних, наприклад, погодних умовах.

1.4 Висновки по розділу

За результатами аналізу об'єкта керування як об'єкта автоматизації та об'єкта дослідження зробимо наступні висновки:

- об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес керування температурою при опаленні приміщень будівлі;

- предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є закон автоматичного керування температурою при опаленні приміщень будівлі;

- об'єкт керування у кваліфікаційній роботі відноситься до класу дискретно-неперервних об'єктів керування (керуючий вплив – дискретний, керована величина – неперервна);

- для визначення алгоритму автоматичного керування температурою при опаленні приміщень будівлі будуть використані методи теорії автоматичного керування та теорії графів;

- розробка апаратного забезпечення системи автоматичного керування температурою при опаленні приміщень будівлі буде здійснюватися на базі програмованого логічного контролера.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми системи керування

Основним завданням розроблюваної системи керування є підтримка заданої користувачем температури повітря у житловій кімнаті. Тобто об'єктом керування у системі виступає процес керування температурою повітря у кімнаті.

До складу системи керування входять: датчик температури повітря; вентилятор; проміжне реле; пристрій керування, що задає вплив на реле на підставі виміряного значення температури повітря; пульт оператора, за допомогою якого задається комфортне значення температури повітря. Виходячи з цього, була розроблена структурна схема системи автоматичного керування (рис. 2.1).

Вхідним параметром об'єкта керування є потужність обігрівача. Вихідним параметром об'єкта керування є температура повітря у кімнаті.

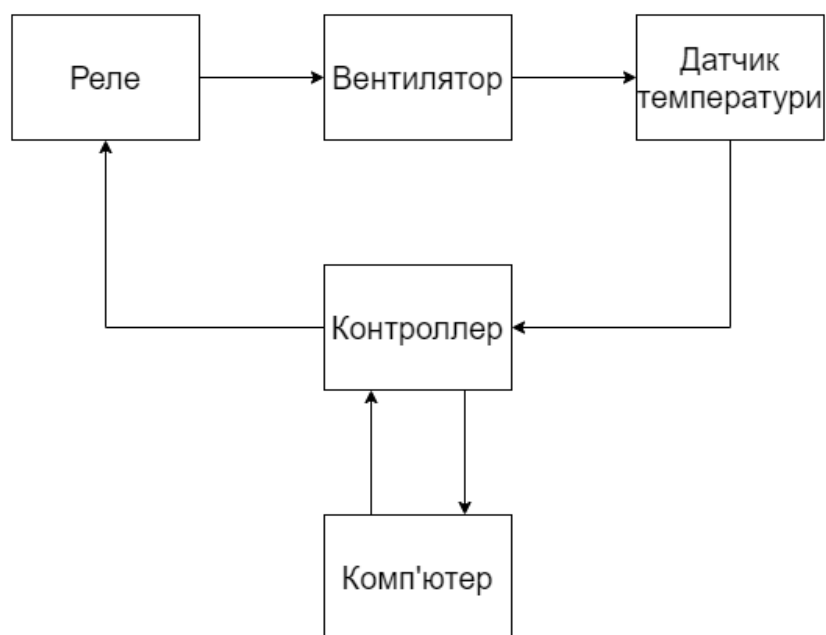


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи автоматичного керування температури у кімнаті при електричному опаленні

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

При розробці системи автоматичного керування температурою повітря у житловій кімнаті, розроблена система інформаційних потоків (рис. 2.2), яка забезпечує: завдання уставки та відображення станів системи на пульту оператора; керування виконавчим пристроєм для підтримки заданої температури повітря; занесення даних до бази даних.

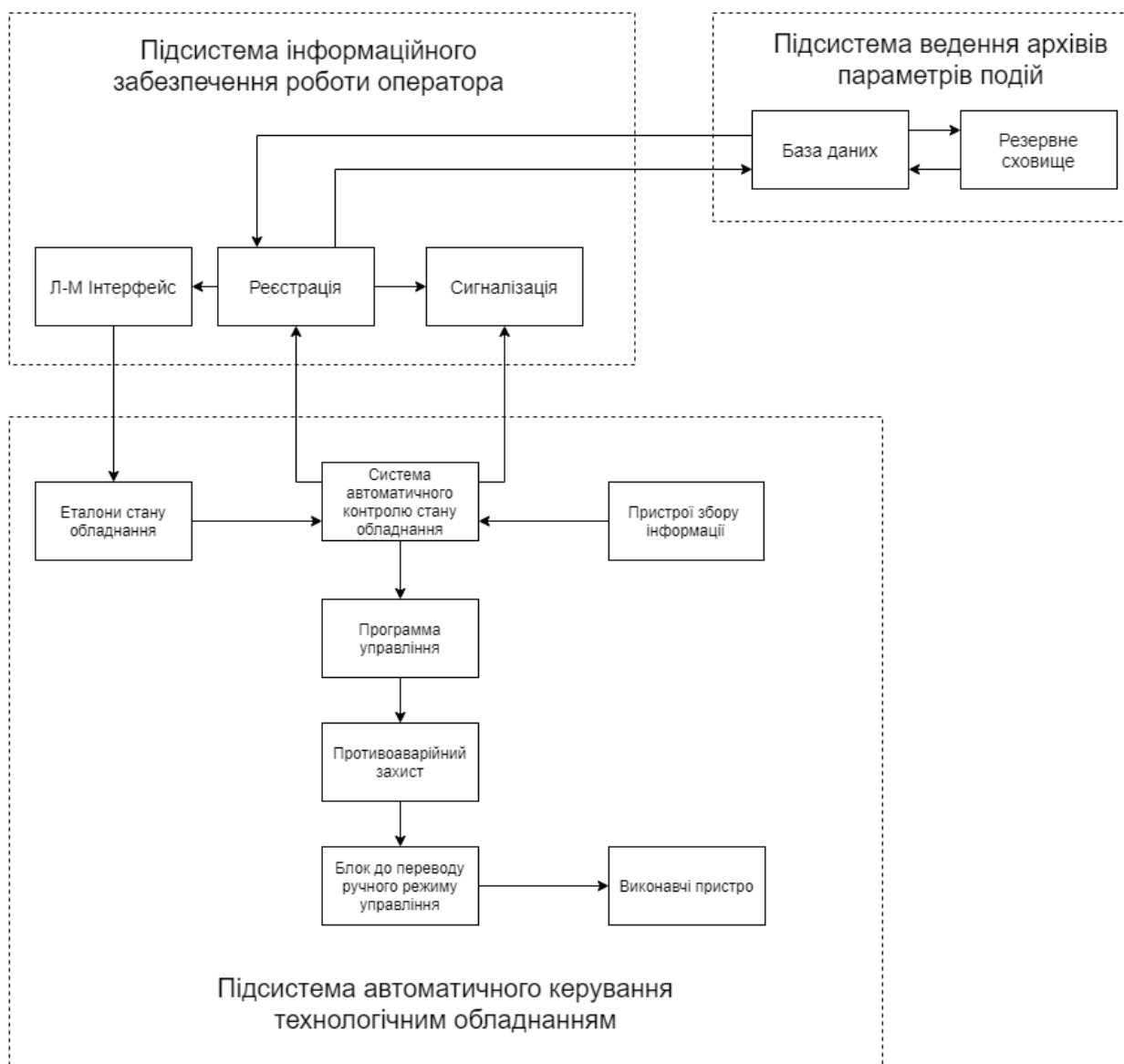


Рисунок 2.2. Структурна схема інформаційних потоків системи автоматизації керування температурою у кімнаті при електричному опаленні

2.3 Вибір апаратного забезпечення системи керування

2.3.1 Вибір датчика

Для підтримки заданої комфортної температури повітря у системі застосовується датчик температури повітря. Датчик заснований на властивості зміни електричного опору від зміни температури.

Виходячи з цього у системі застосовується прилад(далі датчик), модель якого – ОВЕН ДТС125М-50М.0,5.60.И [14](рис. 2.4). Позначення описані на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Позначення датчика ОВЕН ДТС125М-50М.0,5.60.И [14]

Технічні параметри датчику: діапазон вимірювань складає $-20^{\circ}\text{C} \dots +80^{\circ}\text{C}$, що задовольняє температурному діапазону значень від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$ у приміщенні де відбувається технологічний процес. Точність вимірювань визначається як $\pm(0.30 + 0.005 * |t|)$, де $|t|$ - абсолютне значення температури вимірювального середовища. Живлення датчику відбувається від 24В, а на виході формується уніфікований сигнал 4...20мА. Параметри пристрою наведені у таблиці 2.1.

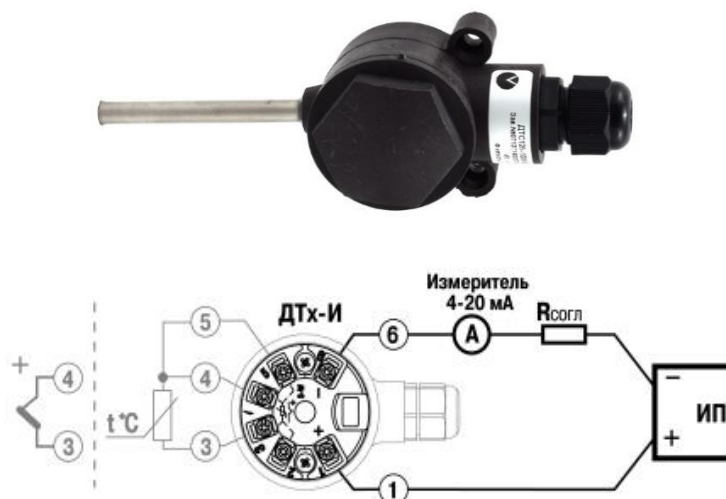


Рисунок 2.4 – Датчик температури ДТС125М-50М.0,5.60.И [14]

Таблиця 2.1 – Датчики

№ №	Назва параметру	Принцип дії	тип	Діапазон змінення,	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Температура повітря	Зміна опору	мідний	-20...+80 °С	0.3°С	4...20мА	20мс	24В	0.8Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

У системі для обігріву житлової кімнати використовується вентилятор ST-NT8341K (п. 1.3.1). Для керування обігрівачем обрано виконавчий пристрій – реле RM1E23AA25 (рисунок 2.5).

Струм керування 4...20мА, де при 4мА реле вимикається, при 20мА – вмикається. Живлення відбувається від 24В, максимальний струм навантаження 10А, а потужність споживання – 9.8Вт. Період оновлення 20мс. Параметри пристрою наведені у таблиці 2.2.

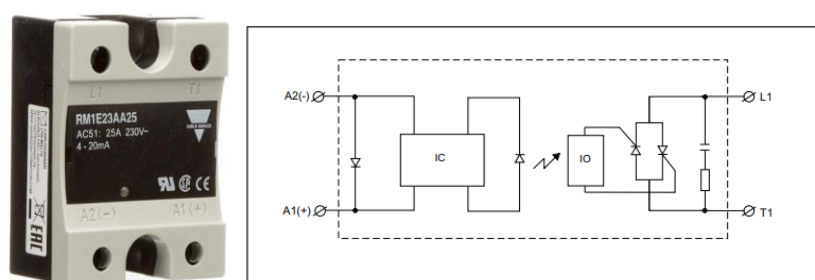


Рисунок 2.5 – Реле RM1E23AA25

Таблиця 2.2 – Виконавчі пристрої

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Керування потужністю обігрівача	Симисторний	Напівпровідниковий	0...220В	Майже лінійна	4...20мА	≤20мс	24В	8Вт

2.3.3 Вибір пристрою керування

Для розробки системи автоматичного керування температурою повітря, необхідно обрати пристрій керування – програмований логічний контролер (далі ПЛК). Основними факторами для вибору ПЛК є наявність підключення до інтерфейсу Ethernet, достатня ємність пам'яті для програм, швидкість роботи та живлення від 24В. На підставі цих даних пристроєм керування для впровадження до системи обрано VIPA 214-2BE03.

Контролер споживається від 24В, а один цикл роботи триває не більше 100 мс, що забезпечить швидку реакцію на змінення температури повітря у приміщенні. Пам'ять загрузочна та робоча, 144кБ та 96кБ відповідно. Також, до контролеру є можливість приєднати додатково зовнішню карту пам'яті з об'ємом не більше 512МВ. Такого об'єму пам'яті буде достатньо для реалізації задачі, поставленої у проекті.

Передача інформації до робочого місця оператора, виконується на базі інтерфейсу Ethernet.

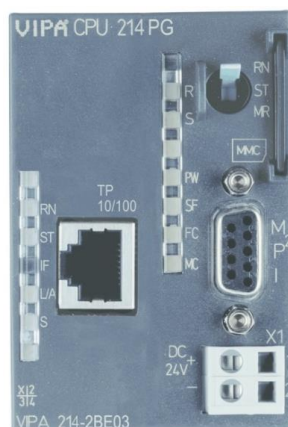


Рисунок 2.6 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BE03

Виходячи з того, що у системі застосовується один аналоговий датчик ОВЕН ДТС125М-50М.0,5.60.И [14] та одне аналогове реле RM1E23AA25, використання окремо модуля вводу та модуля виводу економічно недоцільне, тому сигнальним модулем було обрано аналоговий VIPA 234-1BD50 (рисунок 2.7). Модуль має два входи та два виходи, котрі можуть бути налагоджені індивідуально.

Живиться модуль від 24В постійного струму, а потужність споживання складає 2.9Вт.

Параметри модулів наведені у таблиці 2.3.

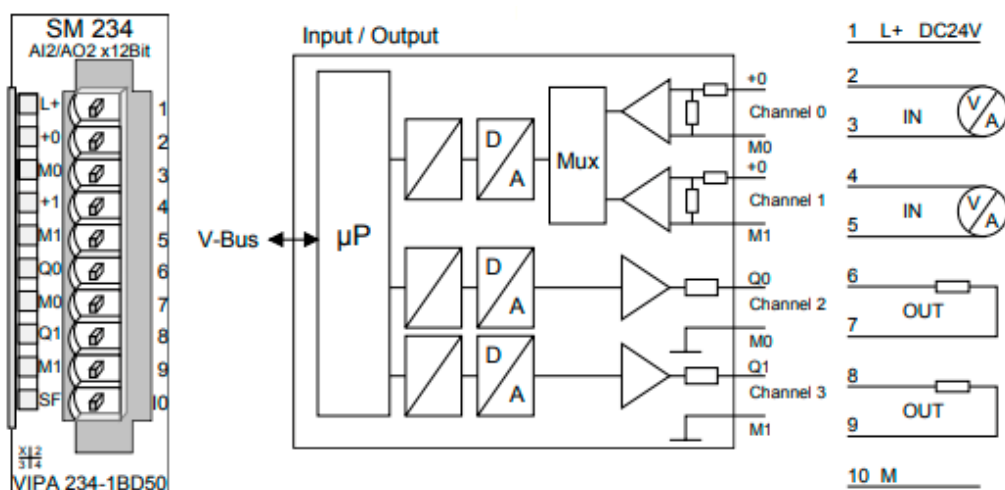


Рисунок 2.7 – Модуль вводу-виводу 234-1BD50

Таблиця 2.3 – Пристрій керування та його модулі

№	Назва модулю	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
1	234-1BD50	Ввод-вивід	24 В	2.9Вт
2	214-2BE03	Контролер	24 В	6Вт

2.3.4 Вибір пульта оператора

В системі автоматизації керування температурою у приміщенні, пультом оператора є персональний комп'ютер (рисунок 2.8) з можливістю підключення

до Ethernet. Інтерфейс Ethernet поєднує комп'ютер з процесорним модулем VIRA 214-2BE03 для забезпечення обміну інформації між пристроями.

Персональний комп'ютер в системі використовується, як: сховище зібраних даних; людино-машинний інтерфейс, де відображається інформація та стани системи; пульт керування.

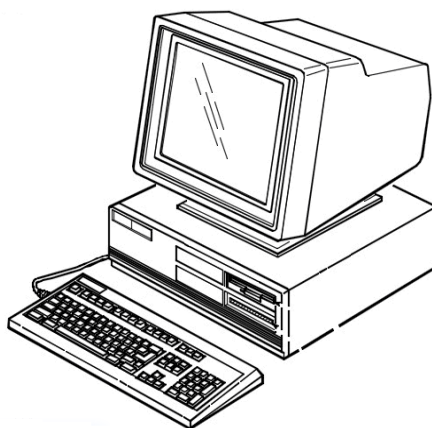


Рисунок 2.8 – Персональний комп'ютер

Мінімальні технічні вимоги: Операційна система – Windows 7, Оперативна пам'ять – 2 Gb, Процесор – AMD Athlon 64 X2 4800 2.5MHz, Відеокарта – GeForce 9600GT 512Mb, Блок живлення – LogicPower ATX-400W OEM (LP1922) 400Вт, 220В, порт Ethernet – 1 шт.

Таблиця 4 – Пульт оператора

№	Назва панелі оператора	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Персональний комп'ютер	220В	400Вт

2.3.5 Вибір джерела живлення

Система автоматичного керування температурою повітря у кімнаті має елементи: датчик температури повітря, реле, програмований логічний контролер, модуль вводу-виводу. Для досягнення стабільної роботи пристроїв прийнято рішення під'єднати датчик температури, реле, та модуль вводу-виводу окремо від програмованого логічного контролера.

Обрані елементи системи живляться від напруги 24В. Мінімальна потужність живлення елементів визначається за формулою (2.1), а потужність процесорного модуля розраховується за формулою (2.2)

$$P_{\min} = P_d + P_p + P_m = 0.8 + 8 + (1.3 * 2.9) = 12.57, \text{Вт} \quad (2.1)$$

$$P_{\text{ПМ}} = 1.3 * 6 = 7.8, \text{Вт} \quad (2.2)$$

де P_{\min} – мінімальна споживана потужність пристроями, P_d – потужність датчика, P_p – потужність реле, P_m – потужність модуля вводу-виводу, $P_{\text{ПМ}}$ – потужність процесорного модуля.

Виходячи з розрахунку мінімальної потужності обраного апаратного забезпечення та потужності ПЛК, до системи впроваджено джерело AUTONICS SPB-015-24 (рисунок 2.9), максимальна потужність якого – 15 Вт.



Рисунок 2.9 – Джерело живлення AUTONICS SPB-015-24

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На функціональній схемі автоматизації (рис. 2.10) схематично відображається розташування технологічного обладнання та інформаційні потоки.

Програмований логічний контролер опитує датчик температури повітря ТЕ, та на базі розробленого алгоритму вмикає та вимикає нагрівальний елемент ЕК, де ЕК – вентилятор.

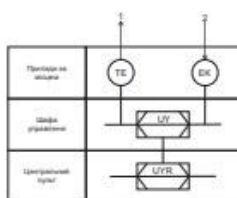
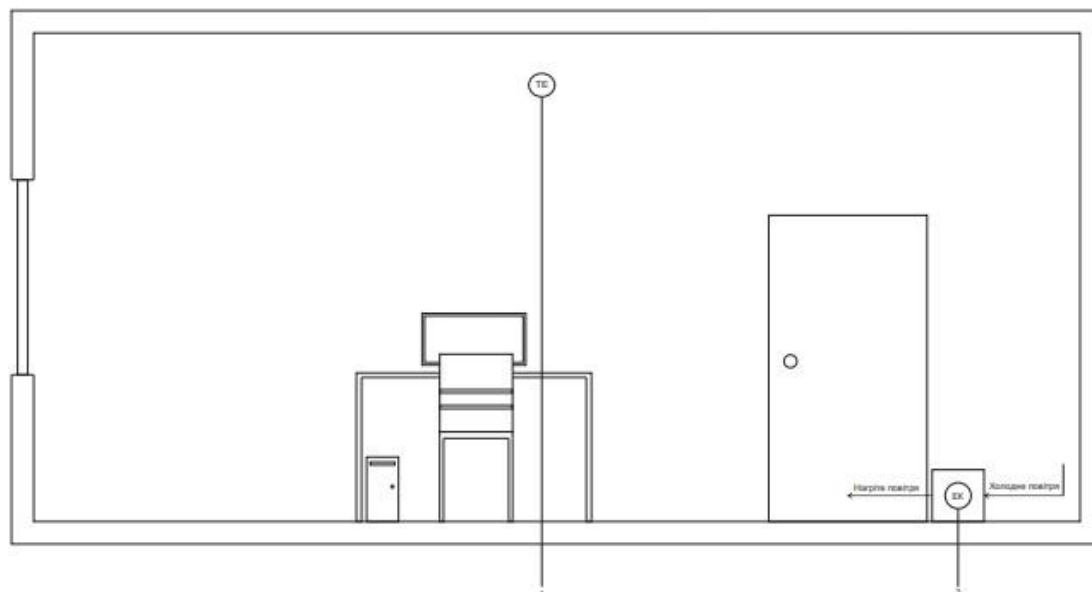


Рисунок 2.10 – Функціональна схема автоматизації системи керування температурою у кімнаті при електричному опаленні

2.5 Розробка схеми електричної принципової

Принципова схема (рис. 2.11) необхідна для створення монтажно-проводової схеми системи автоматичного керування температурою повітря у житловій кімнаті. Вона відображає зв'язки між всіма пристроями системи керування.

Одним з основних елементів системи автоматичного керування температурою повітря є датчик ДТС125М-50М.0,5.60.И [14] (блок А1). Виміряне значення температури повітря датчик посилає з контакту U- до модуля вводу-виводу 234-1BD50(A5) на контакт Ch. 0 0+. Програмований логічний контролер VIPA 214-2BE03(A2) на базі розробленого алгоритму, посилає на виконавчий пристрій RM1E23AA25(A4) сигнал з контакту Ch. 2 Q0 й Ch. 2 M0 модуля вводу-виводу. Пультом оператора є персональний комп'ютер (А3), на котрий поступають дані

через інтерфейс Ethernet. Контакт інтерфейсу Ethernet на ПК(A3X2) поєднуються з контактом Ethernet на ПЛК(A2X2).

Живлення пристроїв відбувається від Autonics SPB-015-24(блоки G1 й G2), котрий приймає напругу AC220V, а на виході з контактів V+ й V- формується DC24V. До блоку G1 підключений ПЛК контактами A2X1. До блоку G2 підключені датчик температури повітря й модуль вводу-виводу. Датчик температури живиться від контакту U+. Модуль вводу-виводу живиться від контактів L+ й M.

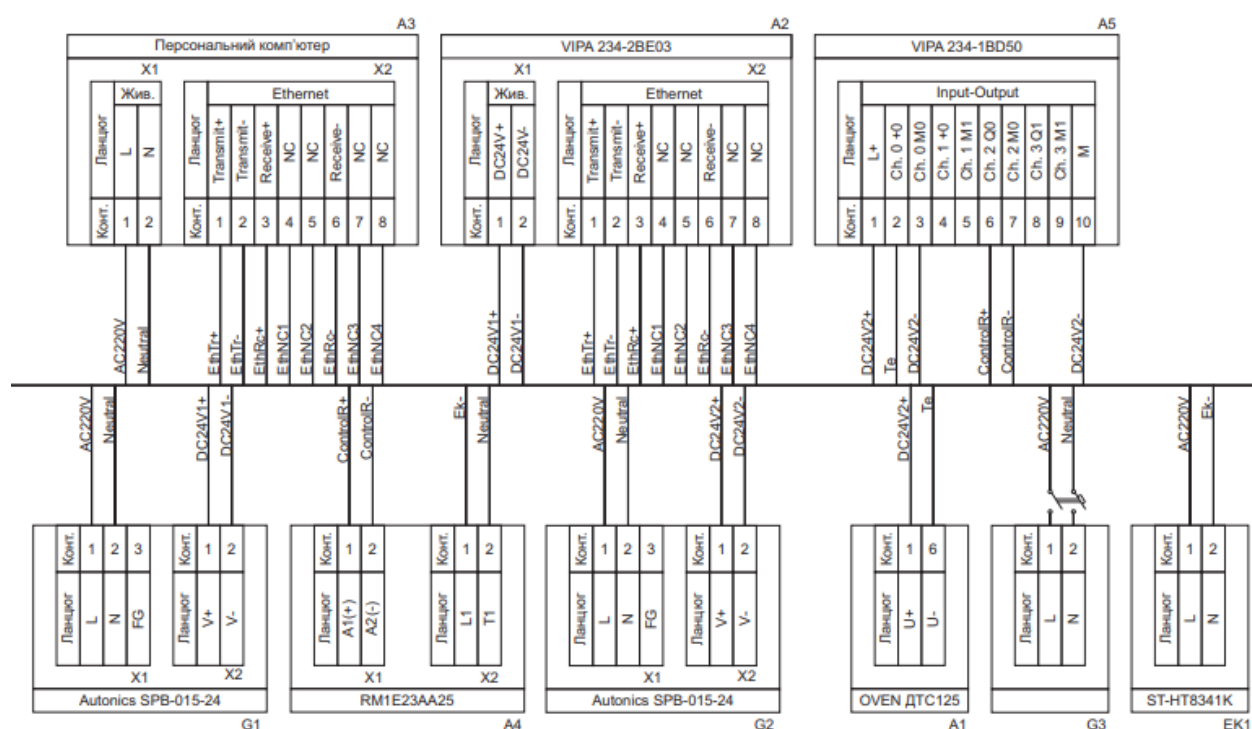


Рисунок 2.11 – Схема електрична принципова системи автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні

2.6 Висновки по розділу

На етапі проектування системи, було розглянуто: структуру об'єкту керування, функціонування об'єкта керування та вимоги до системи керування і розроблено структурну схему системи керування.

Враховуючи вимоги до проектування системи, діапазон зміни вимірювального параметру та керованого параметру, обрано датчик ДТС125М-50М.0,5.60.И [14] та проміжне реле RM1E23AA25 для керування вентилятором, які мають

стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів $4\div 20\text{mA}$ та стандартне живлення 24В.

На підставі вимог та функціонування системи керування в якості пристрою керування обрано процесорний модуль та модуль вводу-виводу серії 200V компанії VIPA. Процесорним модулем у системі керування є VIPA 214-2BE03. Враховуючи датчик ДТС125М-50М.0,5.60.И [14], проміжне реле RM1E23AA25 між виконавчим пристроєм ST-НТ8341К та пристроєм керування VIPA 214-2BE03 – обрано його модуль VIPA 234-1BD50, котрий забезпечує підключення усіх елементів.

Згідно з обраним датчиком, виконавчим пристроєм, пристроєм керування розраховано загальну споживану потужність та обрані блоки живлення AUTONICS SPB-015-24.

На підставі структурної схеми системи керування та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації системи керування з урахуванням якої розроблена схема електрична принципова системи керування.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Параметрична ідентифікація об'єкта керування за експериментальною кривою

Метою даного підрозділу є визначення динамічної моделі зони опалення у ході активного експерименту. Складністю даного завдання є те, що об'єкт керування є дискретним та ідентифікацію потрібно проводити на вузькому діапазоні температури для забезпечення комфортності перебування у приміщенні.

В якості моделі об'єкта керування (рис. 3.1,а) взята відома модель, яка описує теплофізичні процеси в приміщенні, що опалюється [3]. Однак, у зазначену модель закладаються параметри, що отримані у ході ідентифікації за експериментальною кривою розгону (рис 3.1,б) [3].

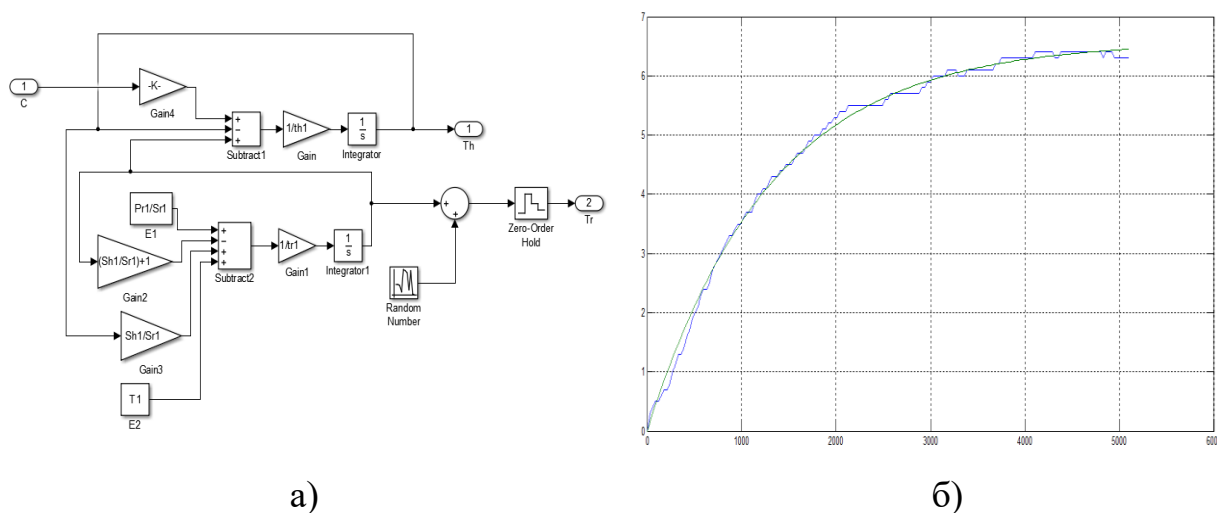


Рисунок 3.1 – а) Функціонально-блочна діаграма моделі зони опалення,
б) Апроксимація кривої зміни температури у часі

Аналіз експериментальної кривої показав, що крім детермінованої складової також присутні випадкові коливання температури у незначному діапазоні, що приймається як шум (рис.3.2,а). З метою коректного відтворення даного шуму, проведений статистичний аналіз (рис. 3.2,б), який показав, що гістограма розподілу значень цього шуму близька за своїм виглядом до нормального закону розподілу.

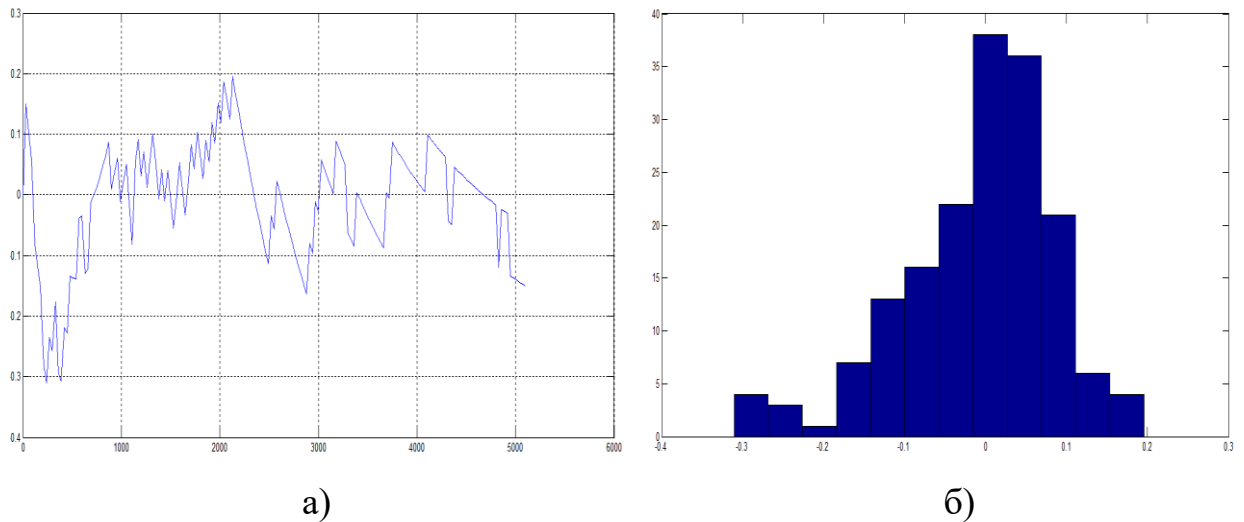


Рисунок 3.2 - а) Зміна виділеного шуму у часі
б) Гістограма розподілення значень шуму

У розділі було розглянуто параметричну ідентифікацію об'єкта керування за експериментальною кривою. У ході експерименту були взяті значення температур які при апроксимації кривої розгону мали незначне відхилення, тому вони сприймалися як шум. При відтворенні гістограми частоти відхилень, було визначено, що відхилення належать до нормального закону розподілу. Виходячи з цього, можна вважати, що апроксимація кривої розгону була проведена адекватно.

3.2 Алгоритм ідентифікації зони опалення на основі графу станів

При розробці програми для автоматизації процесу керування температурою повітря були визначені наступні стани системи:

Перший стан – ідентифікація зони відсутня.

Другий стан – початок ідентифікації.

Третій стан – ідентифікація зони опалення.

Використовуючи визначені стани системи, було розроблено граф алгоритму станів (рис. 3.3), де умови переходу описані у таблиці 3.2, а змінні вказані у таблиці 3.1.

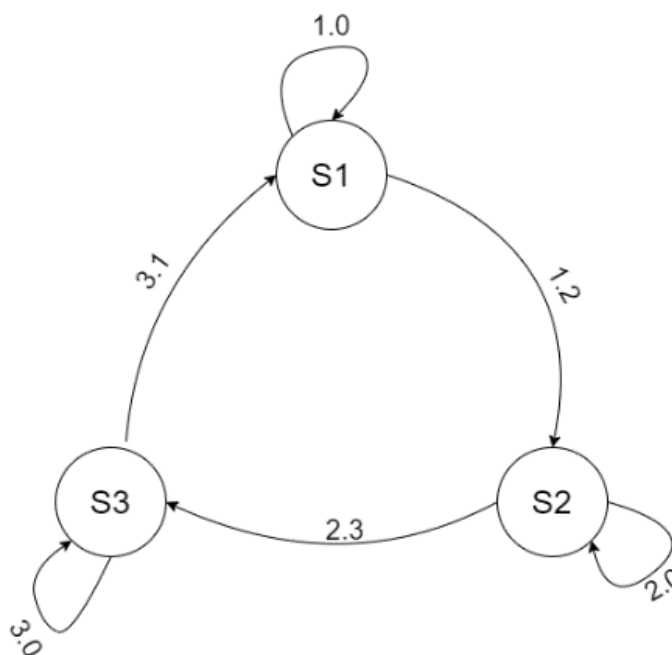


Рисунок 3.3 – Граф станів алгоритму ідентифікації

Таблиця 3.1 – Список змінних

Змінна	Описання
T_1, T_2, T_3	Вибірка значень температури на визначеному етапі
u[]	U – вхідний масив, де [1] = уставка температури, [2] – фактичне значення температури, [3] – потужність нагрівача, [4] – фактична потужність, що споживає нагрівач
s1, s2, s3,	Стани системи
vib	Дозволяє проводити вибірку
sys[]	sys – теж саме, що й u[], тільки sys формується на виході
Allow_ident	Дозволяє проводити ідентифікацію

Таблиця 3.2 - Умови та дії переходу до визначених станів системи

1.0	s1
1.2	length(T_1) > 300 && (u(3) > 0 && u(4) == 0) / !s1, s2, !vib
2.0	s2
2.3	length(T_2) > 2400 / !s2, s3
3.0	s3
3.1	Allow_ident && mod(u(1) - u(2)) < 0.5 && !s1 && !s2 && !s3 / !s3, s1

На далі йде опис станів та переходів графу станів:

Коли система знаходиться у стані s1, обігрівач працює на повну потужність. При досягненні устанавленого значення температури повітря користувачем, устанавлене значення знижується на 1.5 градусів та після закінчення перешідного процесу виконується перевірка умови для переходу до другого стану

системи, де умовою переходу є такі складові: $\text{length}(T_1) > 300$ – чи є довжина масиву вибірки температури повітря меншою за 300 елементів; другою складовою є умова перевірки потужності обігрівача, якщо номінальна потужність більше за нуль й фактична потужність дорівнює нулю, тоді результатом є логічна одиниця. При виконанні умови виконується перемикання меркерів $s1$ й $s2$, та змінна vib приймає значення логічного нуля.

Другим станом системи є початок ідентифікації зони опалення. На цьому етапі проводиться вибірка значень температур та потужності у відповідні масиви даних. Умовою переходу до третього стану є значна кількість – 2400 елементів масиву вибірки температури. При виконанні умови система переходить до стану три та виконується перемикання меркерів станів $s2$ й $s3$.

Третій стан системи проводить ідентифікацію зони опалення. Умовою переходу до стану один є allow_ident – бітове значення, тобто флаг дозволу проведення ідентифікації системи; другою складовою умови переходу до першого стану є різниця по модулю між установленою та фактичною температурою повітря, що відображає діапазон допустимих похибок - $\text{mod}(u(1) - u(2)) < 0.5$; останніми складовими умови переходу є меркери станів - $!s1 \ \&\& \ !s2 \ \&\& \ !s3$.

У розділу розроблено граф станів системи автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні. Розглянуто умови переходів від стану до станів, та описані використані змінні.

3.3 Схеми імітаційної моделі САК з релейним регулятором та блоком ідентифікації зони опалення

Проектування моделі системи автоматичного керування базується на визначенні основних функцій, тому система повинна: проводити ідентифікацію перехідного процесу; генерувати ШІМ-сигнал, для підтримки заданого рівня потужності обігрівача; вмикати та вимикати обігрівач; змінювати режим керування. Виходячи з цього, створено імітаційну модель системи автоматичного керування температурою повітря у кімнаті (рис 3.4).

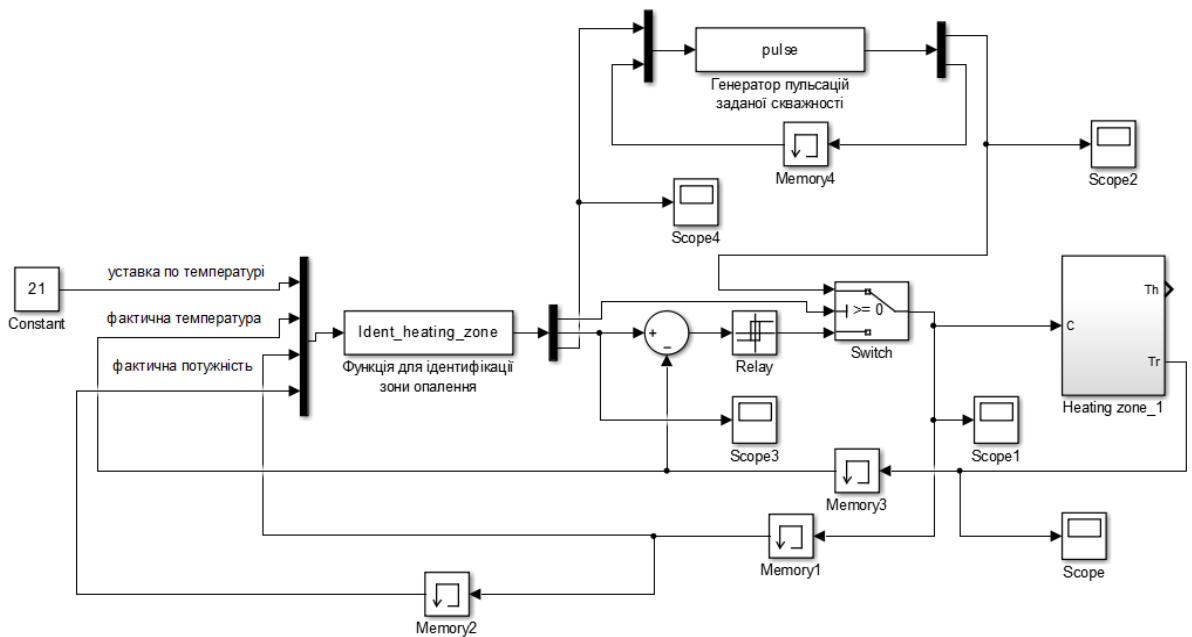


Рисунок 3.4 – Схема імітаційної моделі САК з релейним регулятором та блоком ідентифікації зони опалення

Блок Heating_zone_1 – підсистема, що описує модель нагріву та охолодження повітря у кімнаті. Модель було представлено на рисунку 3.1,а.

Блок Ident_heating_zone – функція, що призводить ідентифікацію перехідного процесу температури у кімнаті на підставі тих даних, що були зібрані на визначених станах системи. Стани розглядаються у підрозділі 3.2.

Реле – регулятор системи. Вимикання відбувається коли температура повітря у кімнаті досягає значень чутливості реле:

$$S_p = t_y \pm 0.25^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

де t_y – температура уставки

Вмикання – коли температури не задовольняє (3.1).

Блок pulse – функція, що модулює широтно-імпульсний сигнал для керування потужністю вентилятора.

Switch – виконує перемикання між регуляторами системи: реле та блоку функції генератора ШІМ-сигналу pulse.

Метою даного розділу є проектування системи автоматичного керування температурою у кімнаті. В ході проектування була розроблена САК, що підтримує задану користувачем температуру повітря у кімнаті на заданому рівні та проводить ідентифікацію системи для визначення моделі об'єкту. Для підтримки заданого рівня температури була розроблена функція широтно-імпульсного сигналу pulse для керування потужністю обігрівачем; функція що призводить ідентифікацію зони опалення `ident_heating_zone` й використана визначена модель зони опалення. При проектуванні САК також використані допоміжні функціональні блоки, що за своєю суттю виконують функції реле (блок Relay) та перемикача (Switch).

3.4 Аналіз закономірностей зміни у часі температури та потужності під час ідентифікації

У даному розділі розглядається зміна температури повітря та потужності обігрівача у часі при виконанні ідентифікації. На графіках (рис.3.5) та (рис. 3.6) дуже чітко видно перехід від одного стану системи керування до другого. Далі йде опис зміни температури та потужності у часі від зміни станів.

Перший стан є станом системи, де температура повітря нагнітається обігрівачем до встановленого людиною комфортного значення. Після досягнення комфортної температури повітря, встановлене значення знижується на 1.5°C для того, щоб збільшити точність ідентифікації системи за умови несуттєвого відхилення температури від заданого значення. Після чого формуються початкова вибірка температури й потужності обігрівача до початку ідентифікації.

Другий стан – підтримується задана програмою температура повітря (див. перший стан) та формуються другі вибірки температури та потужності обігрівача.

Третій стан – проводиться ідентифікація зони опалення, використовуючи функцією `tfest` математичного пакету MATLAB.

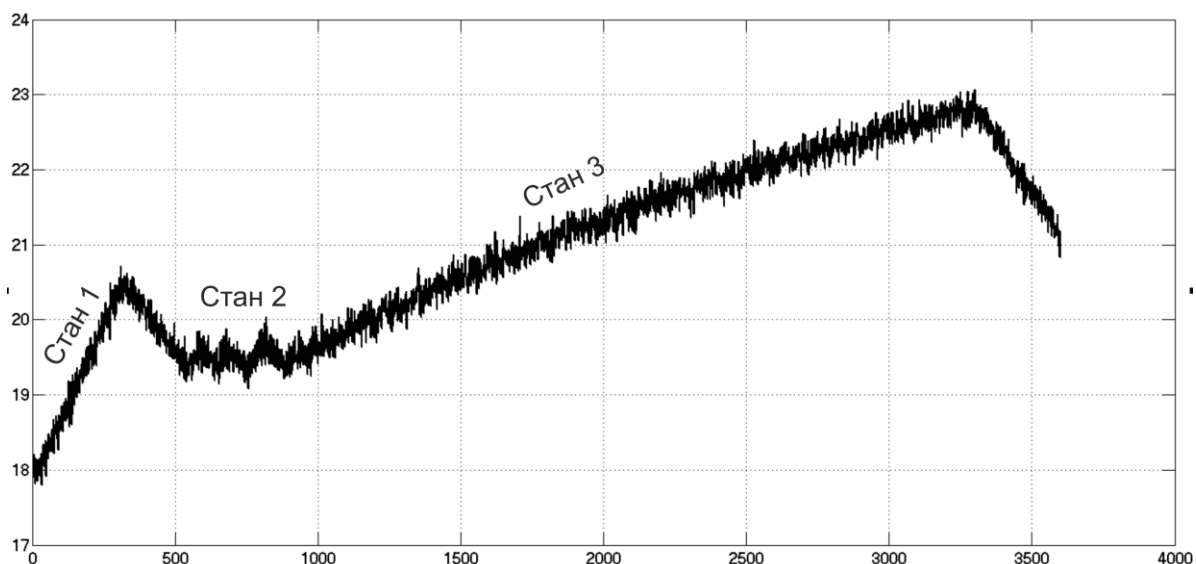


Рисунок 3.5 – Графік зміни температури повітря у часі

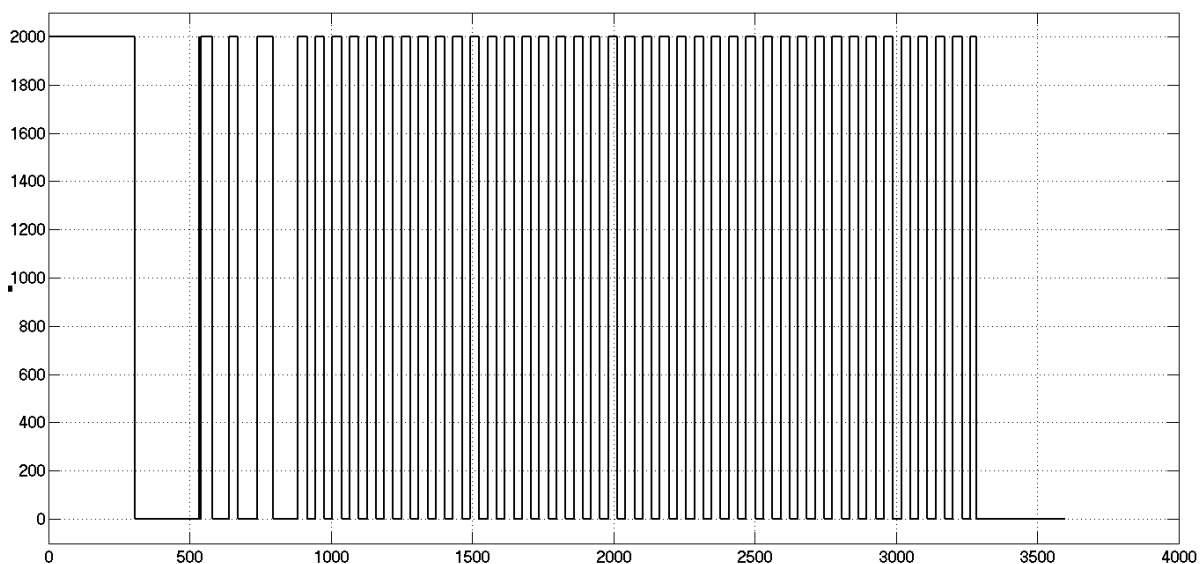


Рисунок 3.6 – Графік зміни потужності обігрівача у часі

Після ідентифікації зони опалення відбувається визначення критерію адекватності за допомогою функції зв'язки `compare` (рис. 3.7), де аргументами є вектор значень температури вибірки та вектор значень ідентифікованої моделі. Результатом роботи функції є 95.83% відповідності значень температури вибірки та ідентифікованої моделі.

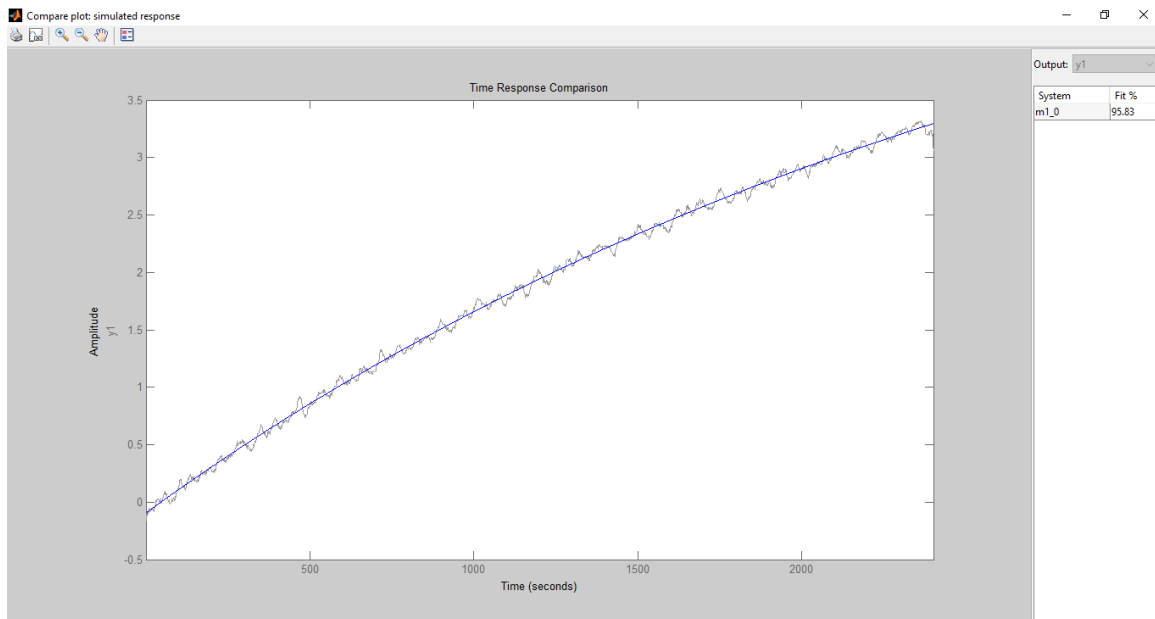


Рисунок 3.7 – визначення критерію адекватності

Виходячи з цього зробимо висновок, що визначена модель у ході ідентифікації зони опалення відповідає за критерієм адекватності експериментальним даним на 95.83%. Такий відсоток відповідності визначеної моделі САК можна вважати адекватним, та впроваджувати модель у системи керування.

3.5 Перевірка ідентифікованої моделі зони опалення на адекватність

Перевірка на адекватність визначеної моделі виконується порівняльним аналізом перехідних процесів, що відбуваються на виході визначеної моделі та на виході моделі зони опалення Heating_zone_2 (рис. 3.8).

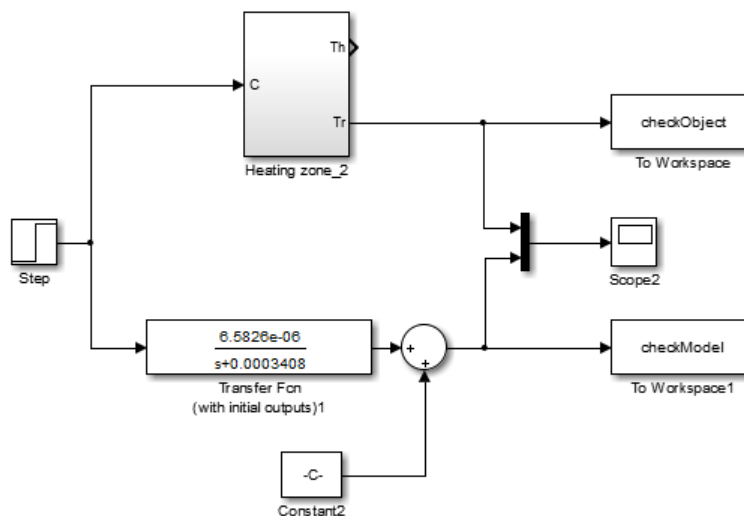


Рисунок 3.8 – Перевірка визначеної моделі з об'єктом Heating_zone_2

Сформуємо два вектори `checkObject` та `checkModel` для перевірки відповідності, використовуючи функцію `goodnessOfFit`. Графіки векторів зображено на рисунку 3.9.

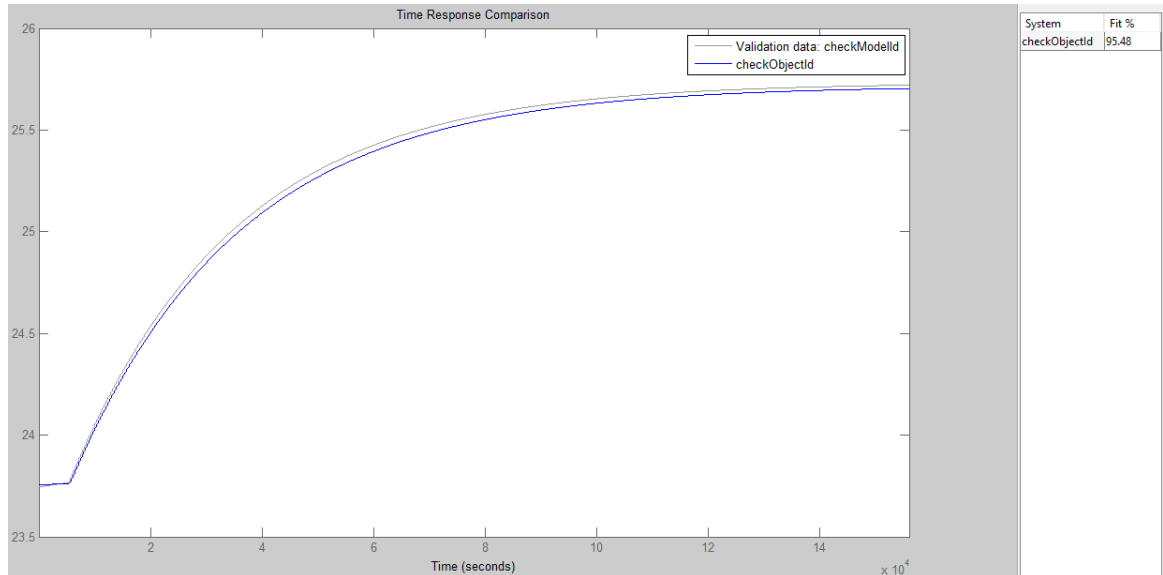


Рисунок 3.9 - Зображення векторів `checkModel` й `checkObject`

Перевіримо відповідність визначеної моделі об'єкта керування вихідній імітаційній моделі зони опалення, використовуючи функцію `goodnessOfFit`, підставивши як параметри два сформованих вектори `checkObject` й `checkModel`:

```
>> goodnessOfFit(checkObject, checkModel, 'NRMSE') * 100
ans =
    95.4830
```

Рисунок 3.10 - Результат функції `goodnessOfFit`

Результатом звірки функції `goodnessOfFit` є 95.48% відповідності. Модель можна вважати адекватною та впроваджувати у системи керування температурою у приміщеннях.

3.6 Висновки по розділу

У ході даного розділу було розроблено систему автоматичного керування температурою у кімнаті, граф станів системи автоматичного керування та розглянуто функціонування алгоритму системи автоматичного керування.

Проведено ідентифікацію моделі об'єкта керування на основі експериментальних даних. Проведена перевірка відповідності визначеної моделі з імітаційною моделлю зони опалення, відповідність склала 95.48%.

4 ЕКОНОМІКА

4.1 Обґрунтування доцільності автоматизації процесу керування температурою у кімнаті

Розвиток технічних, апаратних і програмних засобів, дає можливість підприємствам зменшувати витрати, підвищувати якість продукції, збільшувати швидкість виробництва, автоматизувати процеси та приймати безліч інших рішень.

У даному розділі кваліфікаційної роботи виконано економічне обґрунтування доцільності використання системи автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні.

Автоматизована система забезпечує:

- збільшення ефективності використання наявних ресурсів альтернативної електричної енергії;
- спостереження за процесом керування за допомогою людино-машинного інтерфейсу;
- збереження отриманої даних.

4.2 Розрахунок капітальних витрат для автоматизації процесу керування температурою у житловій кімнаті при електричному опаленні

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням автоматизованої системи керування процесом розподілу альтернативної електричної енергії. Визначення проектних капітальних витрат виконується відповідно до:

$$K_{\text{ПКВ}} = C_{\text{ОБ}} + D_{\text{ТР}} + M_{\text{МН}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{ПКВ}}$ – проектні капітальні витрати (грн.);

$C_{\text{ОБ}}$ – вартість основного та допоміжного обладнання (грн.);

$D_{\text{ТР}}$ – транспортно-заготівельні витрати (грн.);

$M_{\text{МН}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи (грн.),

Вартість основного та допоміжного обладнання наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Перелік комплектуючих

№ п/п	Найменування виробів згідно проектних розробок	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн.
1	Система управління на базі ПЛК VIPA 214-2BE03	1	21773	21773
2	Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу	1	56500	56500
3	Програмне забезпечення ПЛК	1	49900	49900
4	SCADA система zenon	1	28700	28700
Разом				156873

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи визначаються в залежності від вартості обладнання, як 6 % від загальної вартості:

$$D_{\text{ТР}} = C_{\text{ОБ}} * 0,06. \quad (4.2)$$

Витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають:

$$D_{\text{ТР}} = 156873 * 0,06 = 9412,38 \text{ (грн.)}.$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаються на рівні 5 % від вартості обладнання:

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{ОБ}} * 0,05. \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складають:

$$M_{\text{МН}} = 156873 * 0,05 = 7843,65 \text{ (грн.)}.$$

Капітальні витрати на придбання та налагодження обладнання складають:

$$K_{\text{ПКВ}} = 156873 + 9412,38 + 7843,65 = 174129,03 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат для автоматизації процесу керування температурою у житлової кімнаті при електричному опаленні

Річні експлуатаційні витрати розраховуються як:

$$C_e = C_a + C_z + C_c + C_{\text{РО}} + C_{\text{еe}} + C_{\text{ІНШ}}, \quad (4.4)$$

де C_e – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування (грн.);

C_a – амортизація основних фондів (грн.);

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу (грн.);

C_c – відрахування на соціальні заходи (грн.);

$C_{\text{РО}}$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання (грн.);

$C_{\text{еe}}$ – вартість електроенергії,

$C_{\text{ІНШ}}$ – інші витрати.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації.

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається як:

$$N_a = \frac{2}{T} * 100 \%, \quad (4.5)$$

де N_a – норма амортизації (%),

T – термін корисного використання об'єкта (років).

Амортизація основних фондів визначається як:

$$C_a = \frac{ПВ * N_a}{100 \%}, \quad (4.6)$$

де C_a – річна амортизація основних фондів (грн.),

ПВ – первинна вартість (ПВ = $K_{ПКВ}$) (грн.)

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складає:

$$N_a = \frac{2}{5} * 100 \% = 40 \%.$$

Сума амортизації для проектованої системи становить:

$$C_{ап} = 174129,03 * 0.4 = 69651.61 \text{ (грн.)},$$

де $C_{ап}$ – річна амортизація основних фондів проектної системи (грн.);

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{НР} = (T_K - T_{ВС} - T_B) * T_3, \quad (4.7)$$

де $T_{НР}$ – номінальний річний фонд робочого часу одного працівника (год.);

T_K – календарний фонд робочого часу ($T_K = 365$ днів),

T_{BC} – вихідні дні та свята ($T_{BC} = 114$ (днів)),

T_B – відпустка ($T_B = 21$ день);

T_3 – тривалість зміни ($T_3 = 8$ год.).

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{HP} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1840 \text{ (год.)}.$$

У процесі керування задіяний 1 оператор людино-машинного інтерфейсу, 1 технолог та 1 спеціаліст з електроустаткування.

Після впровадження проектованої системи керування штат персоналу не зміниться, отже заробітна плата і відрахування на соціальні заходи будуть однакові.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок заробітної плати персоналу

№п/п	Професія	Число працюючих, чол	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Номінальний річний фонд робочого часу (годину)	Основна заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата	Всього заробітна плата, грн.
1	Оператор	1	30	1840	55200	5520	60720
2	Інженер	1	28	1840	51520	5152	56672
3	Наладчик електроустаткування	1	32	1840	58880	5888	64768
Разом							182160

$$C_{3П} = 182160 \text{ (грн.)},$$

де $C_{3П}$ – заробітна плата персоналу проектної системи керування (грн.);

Відрахування на соціальні заходи визначаються як:

$$C_c = 0,22 * C_3. \quad (4.8)$$

Відповідно до цього відрахування становлять:

$$C_c = 0,22 * 182160 = 40075,20 \text{ (грн.)}.$$

Витрати, пов'язані з ремонтом та технічним обслуговуванням нового обладнання, становлять 5 % від вартості капітальних вкладень, тобто:

$$C_{PTO} = 174129,03 * 0.05 = 8706,45$$

Вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{ee} = K_e * K_{pд} * T_3 * T_e, \quad (4.9)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожитої проектною системою керування (приймаємо $K_e = 0,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$);

$K_{pд}$ – кількість робочих днів у році ($K_{pд} = 251 \text{ день}$);

T_e – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн/кВт без ПДВ, з урахуванням ПДВ тариф $T_e = 2,712 \text{ грн.}$).

Таким чином вартість електроенергії становить:

$$C_{eeП} = 0,4 \cdot 251 \cdot 8 \cdot 2,712 = 2178,27 \text{ (грн.)}$$

де $C_{\text{сеп}}$ – вартість електроенергії споживаної проектною системою керування (грн.);

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = 0,04 \cdot C_3. \quad (4.10)$$

Таким чином інші витрати становлять:

$$C_{\text{іншп}} = 0,04 \cdot 182160 = 7286,4 \text{ (грн.)}.$$

де $C_{\text{іншп}}$ – інші витрати проектної системи керування (грн.);

Річні експлуатаційні витрати становлять (4.4), (табл. 4.1):

$$\begin{aligned} C_{\text{п}} &= 69651,61 + 182160 + 40075,2 + 8706,45 + 2178,27 + 7286,4 \\ &= 310057,93 \text{ (грн.)} \end{aligned}$$

де $C_{\text{п}}$ – річні експлуатаційні витрати проектної системи керування (грн.);

Таблиця 4.1 – Експлуатаційні витрати

№ п/п	Назва показника	Проектний варіант, грн.
1	Амортизація	69651,61
2	Фонд заробітної плати	182160
3	Відрахування на соціальні виплати	40075,20
4	Ремонт та технічне обслуговування	8706,45
5	Електроенергія	2178,27
6	Інше	7286,40
7	Загалом	310057,93

4.3 Висновки по розділу

При впровадженні проектованої системи витрати на закупку комплектуючих елементів складає 156873 грн., транспортно-заготівельні і складські роботи – 9412,38 грн., монтажньо-налагоджувальні роботи – 7843,65 грн., виходячи з цього капітальні витрати складають 174129,03 грн.

Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи розраховуються, як сума з амортизації системи – 69651,61, фонду заробітної плати – 182160, відрахування на соціальні виплати – 40075,20, ремонт та технічне обслуговування – 8706,45, витрати на електроенергію – 2178,27, та інші витрати складають – 7286,40. Виходячи з цього, експлуатаційні витрати складають - 310057,93 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів у системі автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні

У цьому розділі кваліфікаційної роботи розглядаються питання по створенню системи керування температурою у кімнаті, на прикладі перспективного напрямку, опаленням з теплої підлогою, що складається із двох основних компонентів:

- нагрівальний елемент (кабель, тонкий нагрівальний мат, або нагрівальний елемент для ламінатні підлоги тощо), який повинен встановлюватися кваліфікованим електриком стаціонарно, без використання штепсельної вилки, відповідно до ДБН В.2.5-24-2012[4], з дотриманням діючих у цей час ПУЕ;

- термостат з повітрям або / і підлогою датчики температури з використанням пристрою захисного відключення, із струмом відсічення не вище 30 мА. Якщо кабель встановлений у приміщенні з підвищеною вологістю, струм відсічення повинен становити 10 мА.

При обслуговуванні та монтажу даної системи необхідно враховувати, що найбільш небезпечними виробничими факторами, які можуть діяти у процесі виконання роботи, є:

- температура поверхонь обладнання, що перевищує норми при несправній роботі термостату;

- підвищений показник напруги в електричному ланцюзі через механічні пошкодження;

- слизька підлога.

У результаті впливу можливо отримати наступні можливі наслідки:

- отримання опіків при зіткненні з обладнанням

- ураження електричним струмом;

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

5.2.1 Захист від ураження електричним струмом

Серйозність ураження електричним струмом на робочому місці часто не враховується. Відповідно вимог для електричних ланцюгів, кабелі повинні бути належним чином підібрані та встановлені для виключення можливості будь-яких зовнішніх впливів, що можуть впливати на роботу під час звичайного користування, наприклад, вогкість або корозія. Також слід уникати механічних напружень, що впливають на нагрівальні кабелі внаслідок гострих предметів, ударів від інструментів або впливів від натягу та стиску, які очікуються під час монтажу.

Якщо кабель призначений для монтажу всередині тканини будівлі, вкладеного в бетон, стяжку підлоги або подібну, він повинен мати ступінь захисту не менше IPX7 для підлоги, або IPX1 для стелі[5]. Подібним чином, для надійності кабелі повинні бути повністю вбудовані в оточуючу речовину, що підлягає нагріванню; будь-які невеликі порожнечі (повітряні зазори), що виникають навколо кабелю, можуть призвести до перегрівання та подальшої поломки кабелю.

Захисний захід автоматичного відключення живлення (ADS), подвійну або посилену ізоляцію та спосіб електричного розділення, хоча це не дозволено для систем настінного опалення.

Як і у всіх елементів конструкції, є можливості для поломки. Несправності можуть бути спричинені фабрично тобто недоліками при виготовленні та неправильним монтажем або транспортуванням. Значення захисту від перевантаження безпосередньо пов'язане з електричною потужністю теплої підлоги. Відповідно завдання має вхідну потужність 2500 Вт, тобто через електричну ланцюг пройде струм $2500 : 380 = 7 \text{ А}$. У цьому випадку було застосовано автоматичний вимикач 10 А. Вимикач для опалювального контуру повинен бути розміщені разом з іншими вимикачами в розподільній коробці, яка називається електричним розподільним щитом.

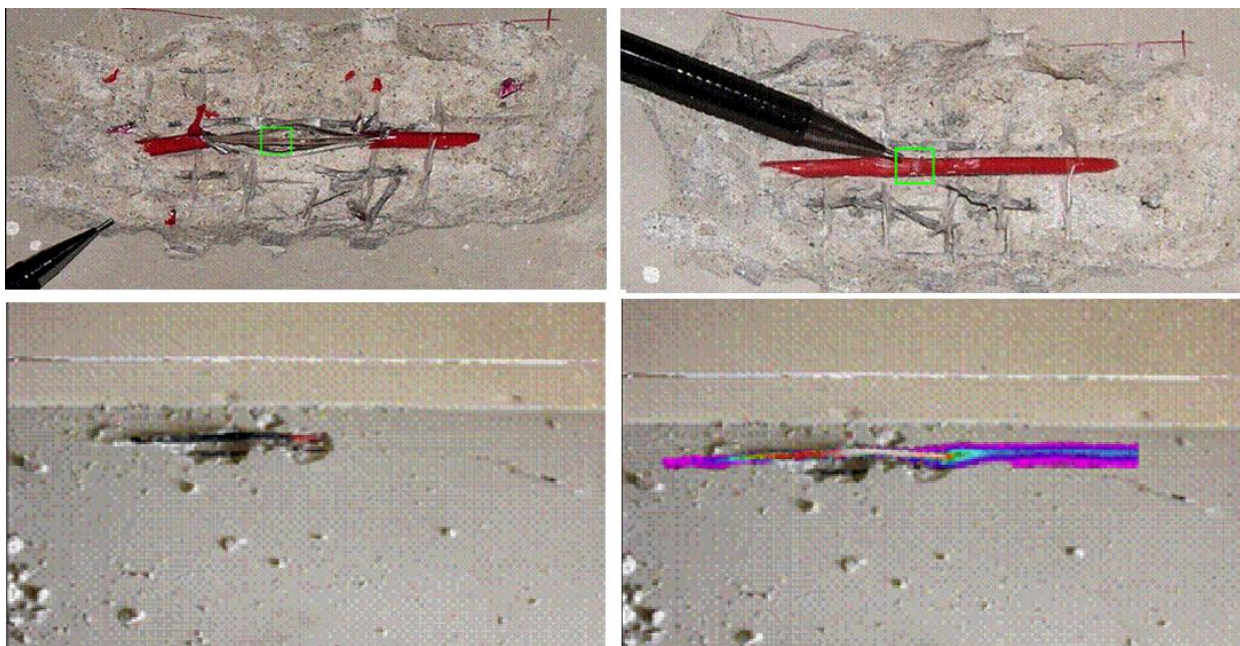


Рисунок 5.1 - Можливості для поломки або несправності

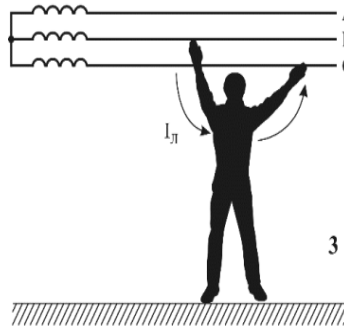
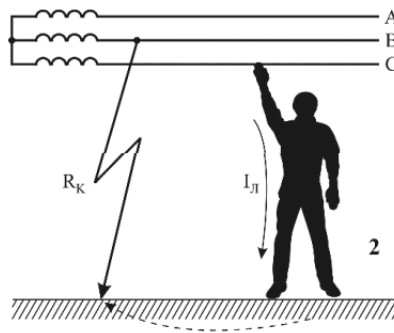
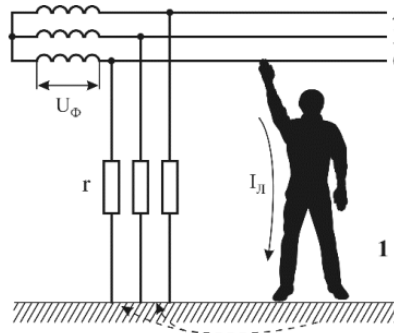
Кабель живлення вибирається відповідно до розміру вимикача. У цьому випадку це 16 А, це відповідає кабелю СУКУ $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$ [6].

Для кожного опалювального контуру розроблений окремий вимикач. Також було встановлено запобіжник із струмовим захистом. У разі перевищення безпечної межі, яка може становити струм приблизно від 10 до 30 мА, електричний нагрівач повністю відключений від електромережі.

Нагрівальні кабелі зазвичай встановлюються в товсті / бетонні конструкції підлоги.

Оцінювання небезпек під час експлуатації автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні зводиться до моделей наведених в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Аналіз ураження електричним струмом [7]

Двополюсний дотик	Однополюсний дотику в аварійному режимі	Однополюсний дотик
 <p style="text-align: right;">3</p>	 <p style="text-align: right;">2</p>	 <p style="text-align: right;">1</p>
$I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{R_{л}};$ $I_{л} = \frac{380}{1\,000} = 0,38 \text{ A} = 380 \text{ mA}.$	$I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{л} + R_{к}};$ $I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\phi}}{R_{л}};$ $I_{л} = \frac{380}{1\,000} = 0,38 \text{ A} = 380 \text{ mA};$	$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л} + r/3};$ $I_{л} = \frac{220}{1\,000 + 90\,000/3};$ $I_{л} = 0,0071 \text{ A} = 7,1 \text{ mA};$
Струм протікає за верхньою стандартною петлею	Струм протікає через людину у землю і до місця замикання на землю другого полюса. Небезпека експлуатації таких мереж полягає в тому, що при дотику до не пошкодженого фазного проводу людина попадає під лінійну напругу.	Дотик людини до однієї з фаз порушує цю симетрію, зумовлюючи перекося фаз.

Досліджувана квартира працює із системою заземлення TN – C (без захисного провідника PE). Схема підключення пристрою захисного відключення до електроустановок наведена на рис. 5.2.

Відповідно при пробі ізоляції на корпус електричного приймача у випадку, якщо цей корпус не заземлений, тоді пристрій захисного відключення, ввімкнений в коло живлення електричного приймача, не спрацюватиме, тому що немає кола протікання струму витoku і диференціального струму не виникає. Тобто на корпусі електричного приймача з'явиться небезпечний потенціал щодо землі, і при дотику людини до корпусу електричного приймача та протіканні через її тіло струму на землю, що перевищує номінальний диференціальний струм,

пристрій захисного відключення зреагує і відключить електроустановку від мережі.

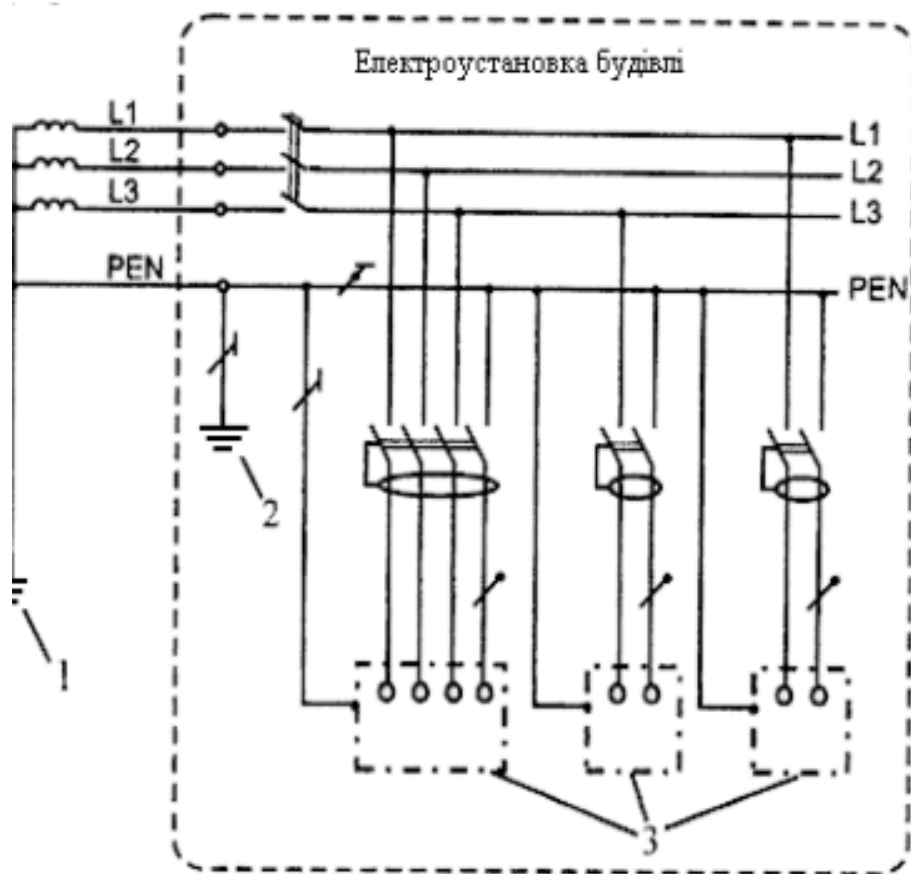


Рисунок 5.2 – Пристрій захисного відключення у системі TN – С, 1 – заземлення джерела живлення; 2 – захисне заземлення електроустановки будинку; 3 – відкриті провідні частини

У розглянутому випадку існує період часу, з моменту виникнення на корпусі електричного приймача електричного потенціалу і до моменту відключення дефектного кола від мережі - це період потенційної небезпеки ураження людини. Однак застосування пристрою захисного відключення в електроустановках із системою заземлення TN – С також виправдане, оскільки цей пристрій забезпечує ефективний захист від ураження електричним струмом. В такому випадку рекомендація щодо підключення квартири наведена на рис. 5.3 [8].

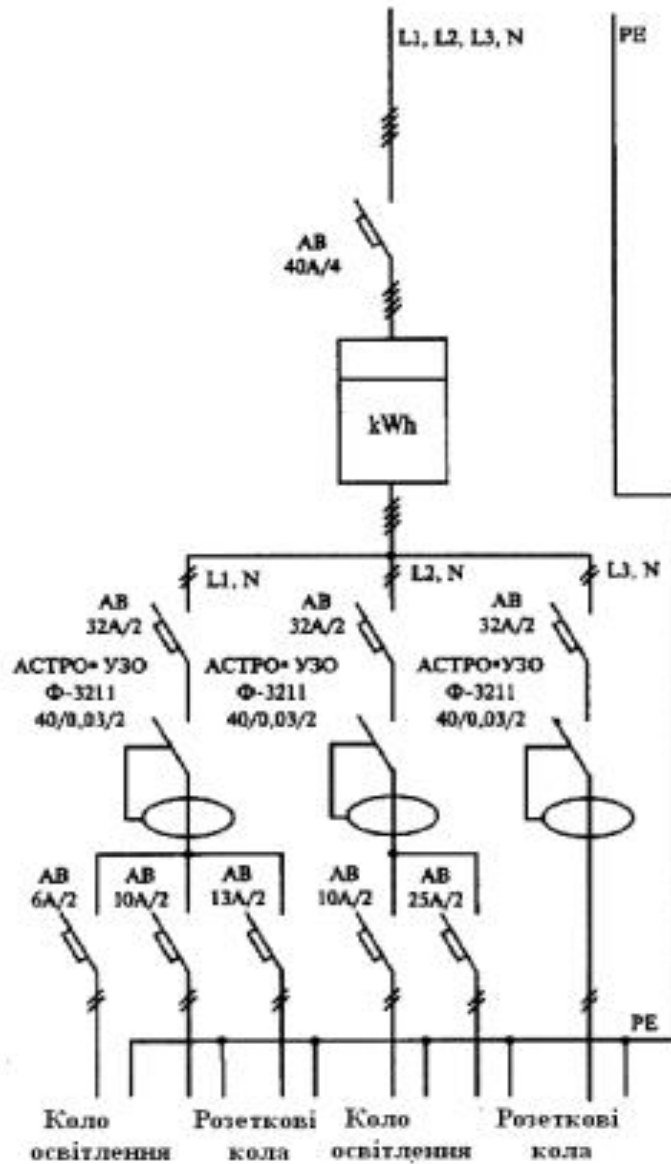


Рисунок 5.3 - Рекомендована схема підключення квартири з трифазним вводом

5.2.2 Захист від електричних опіків

Щодо захисту від опіків необхідно застосовувати один із наступних заходів, обмежуючи температуру для певної зони нагрівання максимум до 80 °С.

- відповідна конструкція системи опалення,
- відповідна установка системи опалення,
- використання захисних пристроїв.

Слід вжити відповідних заходів, щоб уникнути перегріву підлогових та стельових систем опалення, де це може призвести до опіків або займання. У місцях, де можливий контакт зі шкірою або взуттям, температура поверхні повинна бути обмежена не вище 35 °С. З цієї причини багато виробників обмежують свою продукцію приблизно до 29°С.

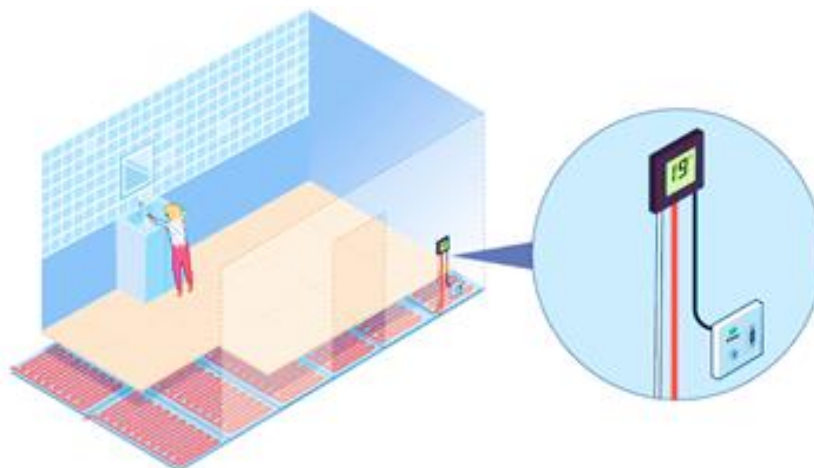


Рисунок 5.4 Регулювання температури при контакті з теплою підлогою.

У випадку опіку необхідно надати допомогу за наступним алгоритмом дій [9]:

- негайно зупиніть контакт з джерелом опіку та зателефонувати до служби 103 або до інших служб екстреної допомоги. Виконайте наступні кроки:
- не чіпайте «наелектризованого» руками;
- відключіть прилад від електромережі або вимкніть головний вимикач живлення;

Спробуйте відключити людину від джерела електрики, якщо ви не можете вимкнути живлення. Робіть це, лише якщо ви можете зробити це безпечно, виконавши:

- стоячи на сухій поверхні, такій як гумовий килимок або купа паперу чи книг. Переконайтесь, що ви не стоїте у воді або біля неї;
- використовуючи сухий дерев'яний предмет, такий як дерев'яна ручка, відсуньте людину від джерела електрики. Не використовуйте нічого вологого або металевого;

- перевірте, чи не реагує людина на дотик чи спілкування після відокремлення її від джерела електрики, електричні опіки можуть вплинути на електричну активність серця і спричинити зміни серцебиття, якщо людина не реагує, почніть СЛР;

5.2.3 Перша допомога при отриманні термічного опіку

Перша допомога при отриманні термічного опіку [9] передбачає виконання наступних етапів:

- обробіть рану прохолодною водою чи водою кімнатної температури;
- не прикладайте до рани лід - це категорично заборонено, не обробляйте уражену поверхню шкіри жодними кремами чи жирними речовинами, Є помилкова думка, що опік слід одразу обробити дексапантенолом, проте в міжнародних рекомендаціях надання допомоги під час опіку його немає, якщо він і може допомогти, то радше під час загоєння ран;
- зніміть будь-який одяг або прикраси, що знаходяться поблизу ділянки опіку. Але не чіпайте речей, які прилипли до ураженої шкіри;
- прикрийте рану стерильною пов'язкою;
- дайте потерпілому випити води, щоб зменшити інтоксикацію та уникнути зневоднення;
- можна також дати знеболювальний лікарський засіб, наприклад парацетомол чи ібупрофен, які використовують для полегшення болю будь-якого типу та інтенсивності;
- оптимальна поза для людини з опіком обличчя або очей, - сидяча. Це допоможе зменшити набряк;

5.2.4 Пожежна профілактика

Об'єкт дослідження знаходиться у 3-поверховому будинку, тому відповідно завдання розробляємо рекомендації щодо проведення евакуації із першого поверху, щоб усі мешканці знали, як поводитись під час евакуації та куди веде шлях евакуації, технічне рішення наведено на рис. 5.5.

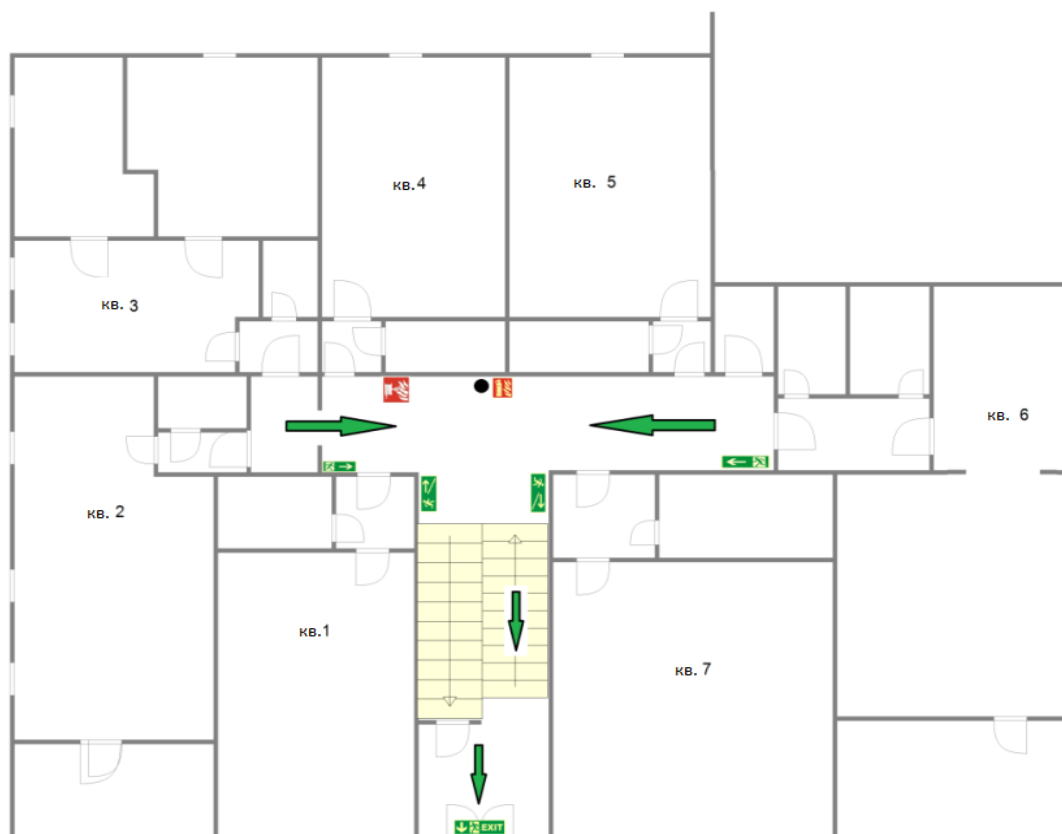


Рисунок 5.5 - План евакуації

Згідно з [10], будівлі і ті їх частини, в яких розташовуються ЕОМ, повинні мати не нижче II ступеня вогнестійкості. Приміщення для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні належати за пожежо-вибухобезпекою до категорії Д відповідно до ОНТП 24-86, а за класом приміщення - до П-ІІа за ПВЕ. Робоче приміщення спеціалістів операторів ОЕМ відповідає нормам.

Воно не містить горючих газів, горючі пилі, волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28 °С.

В приміщеннях будинку є система пожежної сигналізації. У будинку є теплові та димові повідомлювачі про пожежу. Вказівки щодо пожежної сигналізації є частиною плану евакуації та визначають діяльність людей у разі пожежі та містити порядок дій особи, яка відповідає пожежну безпеку, для оперативного визначення способів її повідомлення про пожежу, а також розробки методів оголошення пожежної сигналізації для жильців будинку та виклику пожежної команди ДСНС.

Евакуація відбуватиметься таким чином, щоб особи, здатні до самостійного руху, прямують до сходів посередині будівлі, після чого вони йдуть до головних вхідних дверей, а потім виходять з будівлі. Мешканці, які не маючи можливості самостійно пересуватися, вони будуть евакуйовані за допомогою інших людей що проживають у цій будівлі, а потім підрозділами ДСНС. Якщо неможливо евакуювати людей шляхами евакуації, необхідно почекати прибуття пожежників, які здійснюють евакуацію з використанням протипожежного обладнання (високопідйомної платформи, сходів).

Для своєчасного виявлення загоряння у приміщенні встановлені теплові сповіщувачі RTL-A2 – 2 шт. Для розміщення первинних засобів пожегасіння обладнаний пожежний щит типу ЩП-Е. Він має наступну комплектацію: вогнегасники порошкові місткістю 10 л – 2 шт., 5 л – 1 шт., вогнегасники вуглекислотні місткістю і масою вогнегасної речовини 5 л – 2 од, крюк з дерев'яною рукояткою, сокира пожежна, лом пожежний, відро конусне – 2 од, ящик з піском місткістю 0,5 м³, лопата.

У будинку є два виходи, ширина коридору 3 м, ширина сходів 2 м.

Заходи, що направлені на попередження виникнення пожежі:

- 1) видання розпорядження по будинку про призначення осіб, що відповідальні за:
 - пожежну безпеку приміщення відділів;
 - технічний стан та несправність первинних засобів пожегасіння та засобів пожежного зв'язку та сигналізації;

- порядок огляду та закриття приміщень після закінчення робочого дня;

- 2) щорічне проведення повторних протипожежних інструктажів;
- 3) розробка інструктажів стосовно заходів пожежної безпеки;
- 4) щорічне проведення занять за програмою пожежно-технічного мінімуму з особами, що відповідальні за пожежну безпеку.

Джерелом займання є: іскри електрообладнання, статична електрика, перегріте електрообладнання.

Засобом захисту електроустаткування від струмів перевантаження і короткого замикання є використання плавких запобіжників і автоматів захисту.

5.3 Висновки по розділу

У цьому розділі кваліфікаційної роботи розглянуті питання по створенню системи керування температурою у кімнаті, на прикладі перспективного напрямку опаленням - з теплої підлогою.

Детально були розглянуті наступні питання:

- аналіз шкідливих та небезпечних факторів у системі автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні;
- інженерно-технічні заходи з охорони праці;

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглядався процес автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні.

Розглянуто доцільність використання системи автоматичного керування температурою у приміщеннях та визначено, що застосування є найбільш адекватним рішенням відносно економічності фінансових витрат та екологічності використання альтернативних систем опалення.

У системі автоматичного керування в якості виконавчого пристрою використовується вентилятор ST-HT8341K, проміжним пристроєм між виконавчим та пристроєм керування є реле RM1E23AA25. Пристроєм керування у системі використовується процесорний модуль з сигнальним модулем вводу-виводу VIPA 214-2BE03 й VIPA 234-1BD50, відповідно. Датчиком температури повітря було обрано ДТС125М-50М.0,5.60.И [14]. Джерелом живлення виступає Autonic SPD-015-24.

На основі обраного апаратного забезпечення розроблено систему автоматичного керування, структурну схему системи автоматичного керування, функціональну схему та схему принципів системи автоматичного керування.

Використовуючи експериментальні дані та аналіз структури і функціонування об'єкта керування проведена структурна ідентифікація, результатом якої є модель об'єкта керування у вигляді передавальної функції аперіодичної ланці першого порядку та отримані параметри моделі об'єкта керування.

Проведена відповідність визначеної моделі з імітаційною моделлю зони опалення, доцільність склала 95.48%. Враховуючи аналіз об'єкта керування, його структури і функціонування та відповідність результатів моделювання, встановлено, що отримана модель є адекватною до об'єкта керування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Г.Б. Параска Оцінка ефективності використання електричних систем опалення / О.А. Миколюк – 2015 с.73-78
2. Чередниченко В.С. Экономичность и комфортность при электрообогреве помещений / Хацевская Т.В.
3. В.В. Ткачов Розробка алгоритму автоматичної синхронізації енергоспоживання електричних обігрівачів за умови обмеження енергоресурсу / Г. Грулер, О. М. Заславський, А. В. Бубліков, С. М. Проценко
4. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
5. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
6. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
7. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
8. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
9. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
10. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
11. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
12. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
13. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю.

Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.

14. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.

15.тДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

16. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки

17. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

18. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги

19. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.

ВІДОМІСТЬ ПРОЕКТУ