

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

Інститут електроенергетики  
 (інститут)

Електротехнічний факультет  
 (факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем  
 (повна назва)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Хохуля Володимир Вікторович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-18ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему Система автоматичного керування розподілом електроенергії у невеликому сегменті електромережі будівлі

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	проф. Бубліков А.В.			
Провідний консультант	проф. Бубліков А.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	ст. викл. Козарь М.В.			
Розробка програмного забезпечення системи керування	ст. викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
кіберфізичних та інформаційно-  
вимірювальних систем  
(повна назва)  
\_\_\_\_\_ Ткачов В.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеня бакалавр**

студенту Хохулі Володимиру Вікторовичу академічної групи 151-18ск  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Система автоматичного керування розподілом електроенергії у невеликому сегменті електромережі будівлі

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	11.05.2021
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної	18.05.2021
Розробка програмного забезпечення системи керування	Розробка алгоритму керування та програмного забезпечення системи керування	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	01.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи	08.06.2021

Завдання видано

\_\_\_\_\_ (підпис п.конс.)

проф. Бубликов А.В.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 03.05.2021

Дата подання до екзаменаційної комісії 08.06.2021

Прийнято до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис студента)

Хохуля В.В.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – процес розподілом електроенергії за умови електричного опалення приміщень будівлі.

Предмет розробки – система автоматичного керування розподілом електроенергії за умови електричного опалення приміщень будівлі.

Мета проекту – вдосконалення процесу керування розподілом електроенергії за умови електричного опалення приміщень будівлі за рахунок організації роботи обігрівачів у часі.

На основі аналізу процесу розподілу електроенергії як об'єкта автоматичного керування запропоновано у якості апаратного забезпечення використати побутові пристрої контролю та управління з каналом зв'язку Wi-Fi, та системою управління, виконану на бази, комп'ютера, або мобільного телефону.

При створенні алгоритму автоматичного керування розподілом електроенергії за умови електричного опаленні приміщень будівлі використані методи теорії графів та теорії систем.

Результатами досліджень є отриманий алгоритм автоматичного керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень з урахуванням одночасної ідентифікації динамічних властивостей локальних зон опалення будівлі, та імітаційна модель системи автоматичного керування даним процесом.

Розглянуто комплекс питань щодо економії та охороні праці.

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ,  
АПАРАТНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ЕЛЕКТРИЧНЕ  
ОПАЛЕННЯ, РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

## ЗМІСТ

Зміст.....	4
Список скорочень.....	6
Вступ.....	7
1 Стан питання та постановка завдання .....	8
1.1 Галузь промисловості .....	8
1.2 Технологічний процес .....	9
1.3. Об'єкт управління .....	11
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління .....	11
1.3.2 Структура об'єкту управління.....	13
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування.....	14
1.4 Формулювання задач розробки .....	15
1.5 Висновки по розділу .....	16
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління .....	18
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління.....	18
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	19
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління.....	20
2.3.1 Вибір датчиків .....	20
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв .....	22
2.3.3 Вибір пристроїв управління.....	24
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації .....	25
2.5 Розробка схеми електричної принципової .....	26
2.6 Висновки за розділом .....	27
3 Розробка програмного забезпечення системи керування .....	28
3.1 Створення імітаційної моделі об'єкта керування.....	28
3.2 Створення алгоритму керування розподілом потужності серед обігрівачів .....	31
3.3 Створення програмного забезпечення для системи керування розподілом потужності серед обігрівачів .....	33

3.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення на основі моделі системи керування .....	36
3.5 Висновки по розділу .....	40
4 Економічна частина .....	42
4.1 Суть і доцільність впровадження системи, що розробляється.....	42
4.2 Розрахунок капітальних витрат .....	42
4.2.1 Проектний варіант.....	42
4.2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування створення програми.....	43
4.2.1.2 Трудомісткість розробки програмного продукту .....	44
4.2.1.3 Розрахунок витрат на створення програмного продукту .....	46
4.3 Визначення експлуатаційних витрат впровадження у виробництво проектованої системи .....	47
4.4.1 Амортизація основних фондів .....	48
4.4.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати .....	49
4.4.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи .....	49
4.4.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування.....	49
4.4.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії .....	50
4.4.6 Визначення інших витрат.....	50
4.5 Висновки .....	51
5 Охорона праці .....	52
5.1 Оцінка умов, у яких проводилась дипломна робота .....	52
5.2 Інженерно-технічні заходи щодо техніки безпеки при експлуатації приладів обліку.....	53
5.3 Пожежна профілактика .....	57
Висновки .....	59
Перелік посилань.....	61
Додаток А – Відомість проекту .....	64
Додаток Б - Перелік компонентів для схеми електричної принципової .....	65
Додаток В – Програмне забезпечення системи керування.....	66
Рецензія .....	77

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- ЕС – енергетична система
- АЕС – атомна електростанція
- ТЕС – теплова електростанція
- ТЕЦ – теплова електроцентраль
- ГЕС – гідроелектростанція
- ГАЕС – гідроакумуюча електростанція
- ОЕС – об'єднана енергетична система
- КР – кваліфікаційна робота
- САК – система автоматичного керування
- ОК – об'єкт керування
- ЕО – електричний обігрівач;
- ПЛК – програмований логічний контролер
- ТП – трансформаторна підстанція

## ВСТУП

Системи електромереж будинків є застарілими, а якщо і оновлюються у житлових приміщеннях, то, як правило, без професійних розрахунків поперечних перерізів кабелів. З цієї причини дуже часто підключення декількох потужних електричних пристроїв до мережі призводить до перевищення струмів допустимого значення та нагріву електричних кабелів. Тому неправильно буде припускати, що у приміщеннях старих будинків кожен споживач електроенергії може запросити енергоресурс без обмежень за його максимальним значенням. Ці обмеження залежать від структури та параметрів енергетичної мережі.

Таким чином, для безпечного застосування електричного опалення потрібна кардинальна переробка існуючої схеми електропостачання приміщень старої будівлі, що є дуже затратним та трудомістким процесом. Альтернативним рішенням цієї проблеми є “розумне” керування споживанням електроенергії у різних приміщеннях з метою максимального використання ресурсу існуючих електричних мереж будівлі без перевищення встановленого ліміту за потужністю.

За умови автоматичного керування розподілом електроенергії маємо багатомірний та дискретний об’єкт керування, характеристики якого змінюються непередбачуваним чином. Тому поставлена задача розробки алгоритму розподілу електроенергії, в якому, з однієї сторони, потрібно врахувати зазначені особливості об’єкта керування, а з іншої – забезпечити одночасну ідентифікацію динамічних властивостей локальних зон опалення будинку. Також поставлене завдання на основі цього алгоритму створити апаратне й програмне забезпечення системи автоматичного керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі, та перевірити ефективність його роботи за допомогою імітаційної моделі системи автоматичного керування.

## 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

### 1.1 Галузь промисловості

Енергетична система (ЕС) України, включає в себе вісім регіональних електроенергетичних систем – Дніпровську, Донбаську, Західну, Кримську, Південну, Південно-Західну, Північну і Центральну [1]. До складу ЕС України входять: 4 АЕС, 14 ТЕС, 7 ГЕС, 3 ГАЕС, 97 ТЕЦ, малі ГЕС, ВЕС та інші загальною встановленою потужністю 54504,4 МВт, близько 23 тис. км магістральних та міждержавних електричних мереж напругою 220–750 кВ та 996 тис. км розподільчих мереж напругою 0,4 – 150 кВ.

При цьому, на прикладі 2020 року, обсяг виробництва електричної енергії електростанціями, які входять до Об'єднаної енергетичної системи (далі – ОЕС) України, становив 11 264,8 млн. кВт·год та зменшився на 1 120,8 млн. кВт·год, або на 9,0% порівняно з показником квітня 2019 року [2].

Тобто, в Україні є значний потенціал щодо можливості значного збільшення вироблення електроенергії енергетичною системою за умови її модернізації. З оглядом на це, електроенергія може стати базовою енергією для будинків житлово-комунального господарства України.

Але, економічний сектор житлово-комунального господарства України характеризується значними проблемами, що пов'язані зі штучним стримуванням тарифів на комунальні послуги [3]. До цих проблем належить також суттєва зношеність електромереж будинків.

Наразі у розвинених країнах практикується гнучкий тариф на електроенергію, в який також закладений штраф за перевищення виділеного ліміту за потужністю [4]. З масовим впровадження розумних електролічильників введення цієї норми в Україні – це питання лише часу. Тож, маємо одразу дві поважні причини вирішення питання керування розподілом електроенергії (потужності) між приладами у будинку з метою зменшення навантаження на застарілу електричну мережу будинку з однієї сторони, а за іншої – запобігання перевищення виділеного ліміту за потужністю, щоб не сплачувати подвійний тариф за електроенергію.



## 1.2 Технологічний процес

Загальну схему енергопостачання багатоповерхового будинку можна представити так, як на рис.1.1.



Рисунок 1.1 – Загальна схема енергопостачання багатоповерхового будинку

Для особливо великих будівель або їх комплексів електропостачання будівель і споруд зазвичай виконується по мережах напругою до 1 кВ. Для будівель з вбудованими трансформаторними підстанціями (ТП) можуть підводити лінії 10 кВ.

Напруга електричної мережі для житлових і громадських будівель зазвичай приймається 380/220 В при глухому заземленні нейтралі трансформатора на ТП. Таке постачання є в даний час оптимальним, існуючі мережі 220/127 В є застарілими і підлягають заміні. При подальшому розвитку енергоспоживання можливий перехід на перспективну зараз напругу 660/380 В.

За призначенням електромережі до 1 кВ житлових будівель ділять на живлячі і розподільні. Живлючими називають лінії, що йдуть від ТП до вхідно-розподільного пристрою (ВРП) та від ВРП до щитків освітлювальної мережі або розподільних пунктів (щитів) силової мережі будівлі. Розподільна мережа – це лінії, що йдуть від розподільних пунктів в силовій мережі до силових електроприймачів (ЕП). Існуюче поняття групова мережа відноситься до ліній від щитків (освітлювальних і силових) до ЕП квартир.

Розглянемо особливості електропостачання окремої квартири за класичною схемою (рис.1.2).

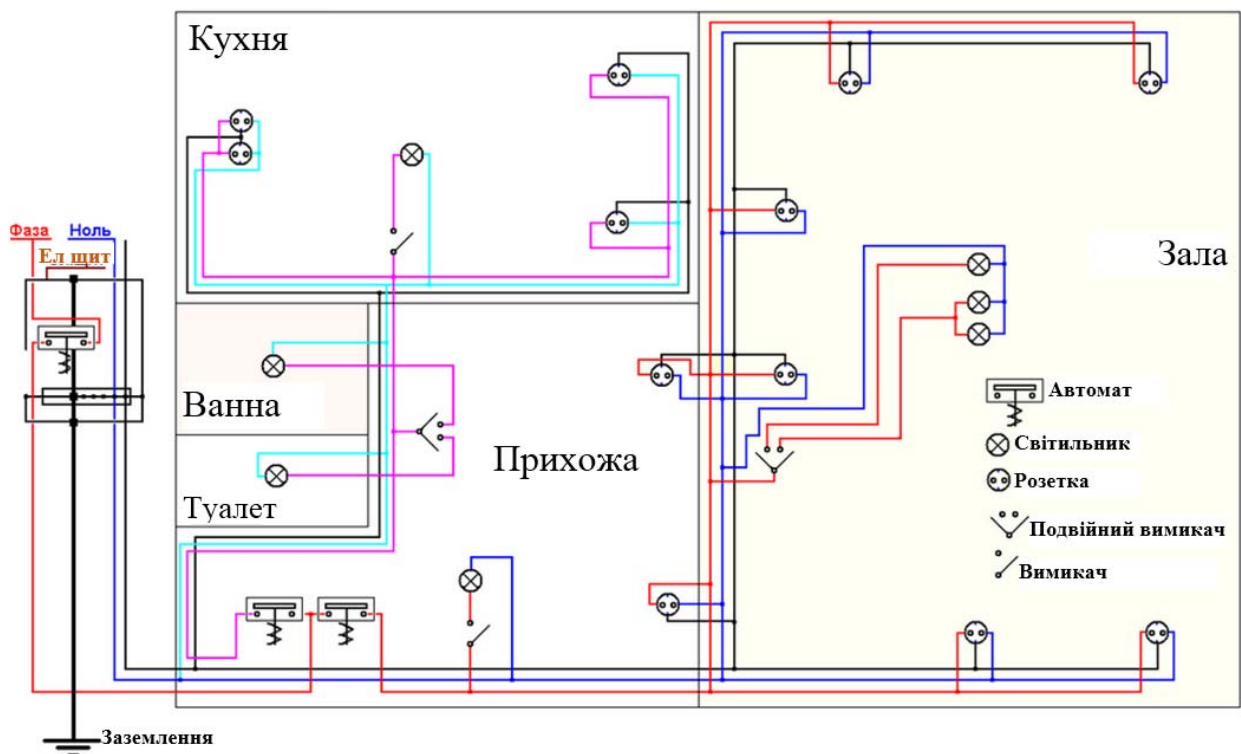


Рисунок 1.2 – Класична схема електропостачання однокімнатної квартири багатоповислового будинку

Як видно зі схеми на рис.1.2, електропроводка складається з двох гілок. Одна з них подає струм в коридор (передпокій) і житлову кімнату. Друга гілка живить світильники і електричні прилади у ванній і на кухні. Цікавим фактом є те, що кожна лінія використовується як для освітлення, так і для забезпечення подачі струму до електроприладів.

Звичайно, така схема не ідеальна, оскільки при появі короткого замикання в розетці або світильнику відбудеться знеструмлення половини квартири. Таку ситуацію не можна назвати дуже сприятливою і позитивною.

Варто відзначити, що часто така класична схема доповнювалася окремою гілкою для живлення електричної плити. Як відомо, плита є потужною і вимагає більше струму. Так само декілька окремих гілок прокладуються до електричних обігрівачів, якщо у квартирі електричне опалення.

За аналізом технологічної схеми електропостачання квартири можна зробити висновок, що для окремого керування обігрівачами, що вимагає завдання окремого регулювання температури у локальних зонах опалення, прилади для замикання та розмикання електричної мережі зручно розміщувати безпосередньо перед обігрівачами у якості перехідників, через які обігрівач підключається до розетки.

### **1.3. Об'єкт управління**

Об'єктом управління у цій кваліфікаційній роботі є процес розподілу електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі.

#### **1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління**

Системи електромереж будинків є застарілими, а якщо і оновлюються у житлових приміщеннях, то, як правило, без професійних розрахунків поперечних перерізів кабелів. З цієї причини дуже часто підключення декількох потужних електричних пристроїв до мережі призводить до перевищення струмів допустимого значення та нагріву електричних кабелів. Тому неправильно буде припускати, що у приміщеннях старих будинків кожен споживач електроенергії може запросити енергоресурс без обмежень за його максимальним значенням. Ці обмеження залежать від структури енергетичної мережі, а також від параметрів електричних кабелів, по яких до споживача подається енергоресурс.

Таким чином, для безпечного застосування електричного опалення потрібна кардинальна переробка існуючої схеми електропостачання приміщень старої будівлі, що є дуже затратним та трудомістким процесом. Альтернативним рішенням цієї проблеми є “розумне” керування споживанням електроенергії у різних приміщеннях з метою максимального використання ресурсу існуючих електричних мереж будівлі без перевищення допустимої потужності.

Зазначимо, що найбільш ефективний розподіл енергоресурсу в розумній енергетичній мережі можливий тоді, коли кожному споживачу заздалегідь відомі енергетичні характеристики інших споживачів, що впливають на запит енергоресурсу [5]. Оскільки енергетичні характеристики обігрівачів як споживачів електроенергії визначаються динамічними властивостями теплофізичних процесів у приміщеннях, то для ефективного розподілу енергоресурсу необхідно ідентифікувати локальні зони опалення за динамічними та статичними характеристиками.

У роботі [5] авторами запропонований підхід щодо створення інтелектуальних систем керування розподілом ресурсу між споживачами, коли розподіл ресурсу відбувається з урахуванням особливостей індивідуальної поведінки кожного споживача. Цей підхід використаний для розробки нової технології створення невеликих розумних енергетичних мереж для багатофункціональних споруд (промислові цехи, житлові будівлі, офісні приміщення тощо) в умовах невизначеної структури зв'язків між споживачами та їх енергетичних характеристик, що постійно змінюються. Згідно з ним, в алгоритмі керування розподілом потужності потрібно враховувати багато факторів, таких як особливості “поведінки” як обігрівачів, так і інших побутових приладів, структурну топологію електричної мережі, характер протікання теплофізичних процесів у приміщеннях тощо. Тобто, процес керування розподілом потужності серед споживачів приміщень будинків є дуже складним через непередбачувану зміну “поведінки” споживачів та непередбачуваний вплив багатьох зовнішніх факторів. Фактично цей процес як

об'єкт керування має нестационарні властивості, зміну яких неможливо передбачити.

Отже, за умови керування процесом розподілу електроенергії або потужності серед споживачів у приміщеннях будинків потрібно керуватися головним критерієм – відсутність перевищення заданого ліміту за потужністю. Але не менш важливим є критерій максимально повного використання виділеного електричного ресурсу.

### 1.3.2 Структура об'єкту управління

За своєю структурою, з урахуванням наявності декількох локальних зон опалення, об'єкт керування є багатомірним з присутністю замкнених контурів за потужностями обігрівачів та температурами у приміщеннях будівлі (рис.1.3).

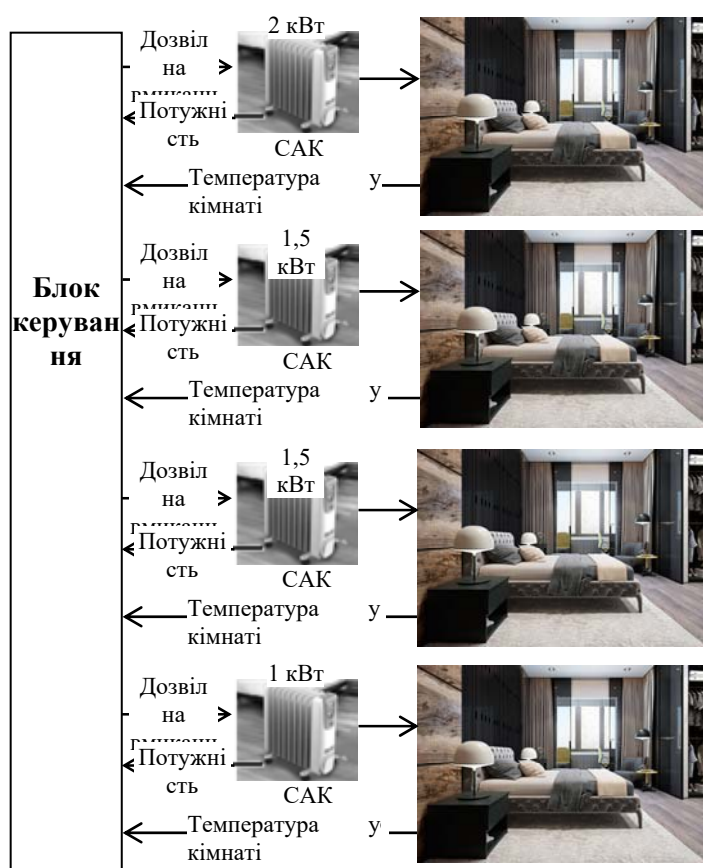


Рисунок 1.3 – Структурна схема системи автоматичного керування розподіленням електроенергії

При цьому за умови використання дворівневої структури системи

керування опаленням у квартирі, вхідними величинами для об'єкта керування є інформаційні сигнали (команди) на дозвіл підключення обігрівачів до мережі локальним системам автоматичного керування температурами у приміщеннях, а вихідними – споживані потужності обігрівачів та фактичні температури у приміщеннях.

Таким чином, роботу кожного з обігрівачів визначає власна система автоматичного керування на базі програмованого логічного контролера, що реалізує релейний закон керування.

При цьому уставку щодо температури для кожної локальної зони опалення задає людина за своїм вподобанням.

### **1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування**

Принцип функціонування об'єкта керування розглянемо на прикладі мережевого модуля «VolterProtekt» як найближчого варіанту вирішення поставленого завдання [6].

Основна функція цього модуля – розподіляти виділену на квартиру потужність між електроприладами постійного включення і приладами тимчасового включення за пріоритетом. Оскільки більшість приладів першої групи мають значну інерцію роботи, то саме від них перерозподіляється потужність при перевищенні ліміту без шкоди ефективності роботи інших електроприладів.

Загальні технічні характеристики мережевого модуля «VolterProtekt»:

1. Комплексний захист мережі електроживлення і підключених до неї електроприладів за напругою та за струмом навантаження.

2. Повністю автоматична робота щодо контролю мережі електроживлення.

3. Автоматичний перерозподіл лімітованої потужності по групам електроприладів.

4. Підключення до однофазної мережі електроживлення з робочим навантаженням до 40 А.

Функції контролера напруги:

1. Захист електроприладів від стрибків напруги.
2. Автоматичне сканування електромережі протягом аварійного відключення.
3. Автоматичне включення електроживлення мережі при нормалізації напруги.
4. Можливість самостійної установки верхньої і нижньої меж безпечної напруги.
5. Можливість самостійної установки необхідного часу затримки включення.
6. Візуальна індикація поточних параметрів на дисплеї.

Функції контролера навантаження:

1. Захист мережі електроживлення від перевищення розрахункового навантаження.
2. Автоматичне сканування електромережі на перевантаження при підключенні електроприладів.
3. Автоматичний перерозподіл резерву доступної потужності на прилади за пріоритетом.
4. Можливість самостійної установки верхньої межі доступної потужності у межах виділеного ліміту.
5. Можливість самостійної установки пріоритету включення на групи електроприладів.
6. Візуальна індикація поточних параметрів на дисплеї.

#### **1.4 Формулювання задач розробки**

Об'єктом розробки у кваліфікаційній роботі є процес розподілу електроенергії при опаленні приміщень будівлі.

Предметом розробки у кваліфікаційній роботі є система автоматичного керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі.

З оглядом на об'єкт та предмет дослідження у кваліфікаційній роботі сформульовані наступні задачі розробки:

- створити модель об'єкта автоматичного керування;
- розробити алгоритм автоматичного керування розподілом електроенергії (потужності) при опаленні приміщень будівлі за умови одночасної ідентифікації динамічних характеристик локальних зон опалення;
- розробити апаратне та програмне забезпечення системи автоматичного керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі;
- створити модель системи автоматичного керування, та на її основі довести ефективність запропонованого алгоритму керування та розробленого програмного забезпечення.

### **1.5 Висновки по розділу**

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

- об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є процес розподілу електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі;
- предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є система автоматичного керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі;
- об'єкт керування у кваліфікаційній роботі відноситься до класу дискретних та багатомірних об'єктів керування з нестационарними характеристиками;
- для визначення алгоритму автоматичного керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі будуть використані методи теорії графів та теорії систем;
- розробка апаратного забезпечення системи автоматичного керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень



будівлі буде здійснюватися на базі програмованого логічного контролера.

## **2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ**

### **2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління**

Об'єктом розробки є процес розподілом електроенергії за умови електричного опалення приміщень будівлі.

Предметом розробки є система автоматичного керування розподілом електроенергії за умови електричного опалення приміщень будівлі.

Мета проекту це вдосконалення процесу керування розподілом електроенергії за умови електричного опалення приміщень будівлі за рахунок організації роботи обігрівачів у часі.

В якості об'єкта управління виступають чотири однакових електрообігрівача з напругою живлення 220 В змінного струму потужністю до 2 кВт, розташованих у житловому приміщенні.

За умовами поставленого завдання треба мати можливість вимірювання температури у зоні встановлення обігрівача, та контролювати споживану їм витрату електроенергії.

Вхідними параметрами для кожного з об'єктів управління є дискретні сигнали управління нагрівачем, які нагрівають повітря відповідно у завдання зоні його встановлення. Вихідними параметрами об'єкту управління є поточна температура повітря у зоні встановлення обігрівача (аналоговий сигнал).

Виходячи з цього, підсистема управління повинна мати 4 датчики поточної температури повітря у зонах контролю 1...4, дискретні пристрої узгодження для управління нагрівачами (ТЕН) у зонах обігріву 1...4, та можливість під'єднання до загально промислової мережі (рис. 2.1).

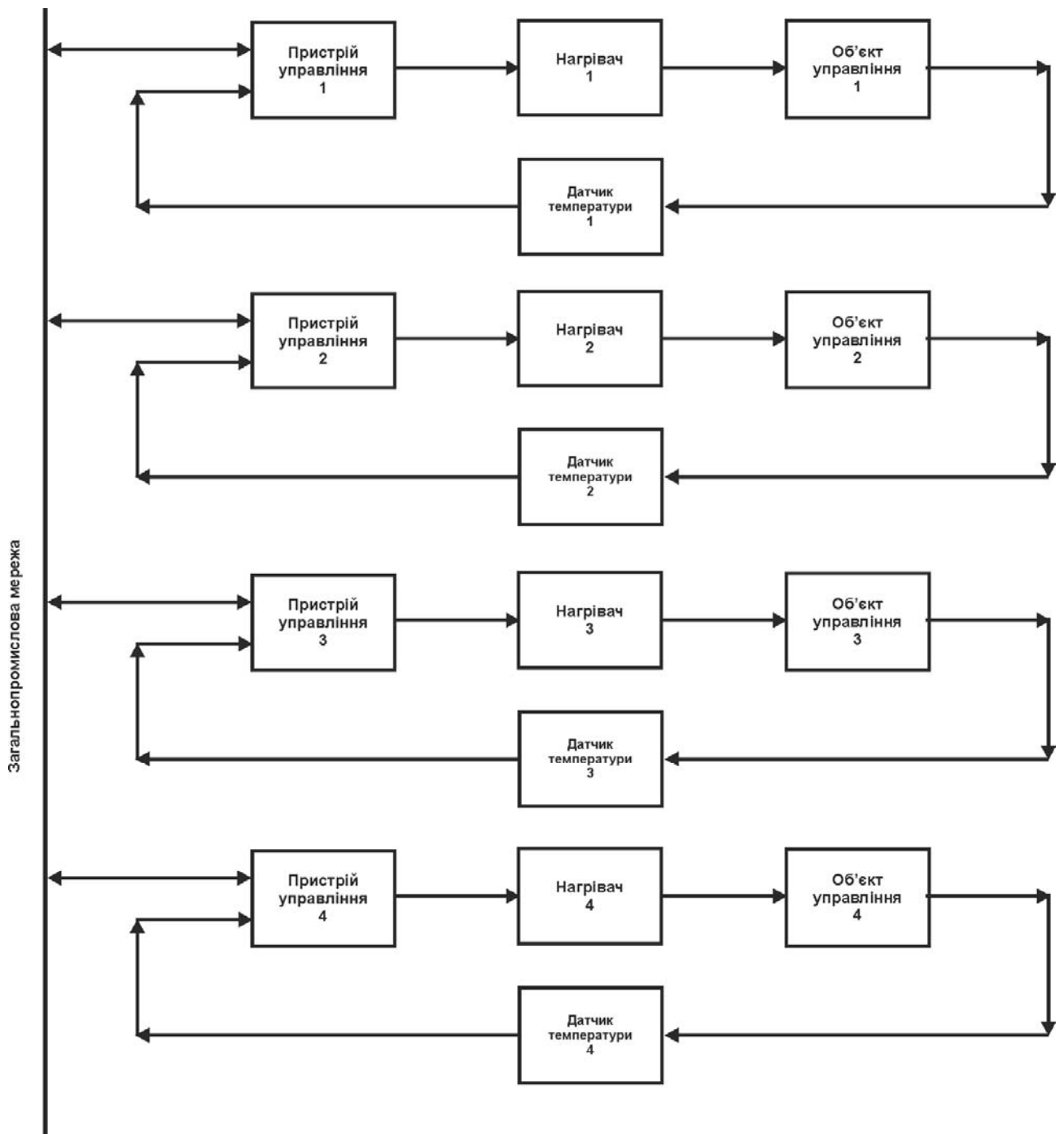


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи управління

## 2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Виходячи з вимог до підсистеми управління процесом обігріву повітря у приміщенні відповідає класичним вимогам до систем автоматизованого управління технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури повітря), еталони стану обладнання (мінімальна, максимальна температура у зонах обігріву), система

автоматичного контролю стану обладнання, програма управління, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температури повітря на заданому рівні в цих зонах, протиаварійний захист, блок переводу до ручного режиму управління, та виконавчі пристрої (нагрівачі 1...4).

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 2.2. Дана структура забезпечує підтримку температури повітря у приміщенні на заданому рівні, і є складовою системи управління електроопалення.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином, згідно з вимогами, підсистема що розробляється представляє собою апаратно програмний комплекс, до якого входять датчики температури, об'єкт управління, пристрій управління, в якості котрого згідно з вимогами повинен виступати пристрій управління, тепло-електро-нагрівачі 1...4.

## 2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління

Керування температурою кожного окремого приміщення бажано здійснити за допомогою сучасних бездротового каналу зв'язку, тобто у системі з Wi-Fi системами управління температурою у приміщеннях.

### 2.3.1 Вибір датчиків

Головною задачею підсистеми, що розробляється є управління температурою повітря у приміщенні, обладнаних датчиками температури.

Максимальна температура повітря не повинна перевищувати 50 °С.

Розумний датчик температури Saures Wi-Fi – це комплект обладнання призначений для контролю температури і оперативного повідомлення власника про її вихід за межі зазначених значень.



Рисунок 2.2 – Розумний датчик температури Saures Wi-Fi

Він складається з універсального Wi-Fi контролера Saures R1 і дротового датчика температури у вигляді повітряної капсули з нержавіючої сталі. Коли температура виходить за вказані значеннями, обладнання надсилає власнику push-повідомлення на смартфон або електронну пошту. Датчик температури підключається до контролера R1 за допомогою дроту. Дріт має довжину 3 метри і може бути збільшений за допомогою скрученої пари до 50 метрів. Датчик розміщується в середовищі або на об'єкті, температуру якого необхідно контролювати. Коли дріт датчика обірветься, власник отримає повідомлення.

Контролер Saures R1 є базовим контролером Wi-Fi saures. Він має 4 аналогових канали і може обслуговувати до 4 сумісних пристроїв, таких як:

- датчики витоків, температуру, рівень рідини;
- імпульсні лічильники води, газу і тепла;
- реле та інші сумісні пристрої.

Контролер не вимагає живлення від електромережі 220 В і працює від 3 звичайних лужних батарей AA більше 3 років. Ви можете налаштувати контролер за допомогою будь-якого веб-браузера або мобільного додатку Saures. Статистика датчиків забезпечується через веб-обліковий запис користувача або мобільний додаток Saures для Android або iOS. Щоб

отримувати push-сповіщення, потрібно встановити додаток Saures на свій мобільний пристрій. Додаток безкоштовний. Датчик температури з комплекту займає контролер 1 каналу, решта 3 канал власник може використовувати для підключення додаткових датчиків або іншого сумісного обладнання.

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Датчики

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змін	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Поточна повітря у 1	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	+5÷50°C	±0.5°C	Wi-Fi	1 с	3xААВ	-
1	Поточна повітря у 2	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	+5÷50°C	±0.5°C	Wi-Fi	1 с	3xААВ	-
2	Поточна повітря у камері 3	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	+5÷50°C	±0.5°C	Wi-Fi	1 с	3xААВ	-
3	Поточна повітря у камері 4	Термоелектричний перетворювач	Аналоговий	+5÷50°C	±0.5°C	Wi-Fi	1 с	3xААВ	-

### 2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

В якості каналу управління можна використати розумну розетка Хіаомі Mi Smart Plug (WIFI).

Mi Smart Plug - це приклад того, наскільки швидко зараз розвиваються технології, адже ще кілька років тому про таке гаджет можна було тільки мріяти. Mi Smart Plug - це «розумна» розетка, яка працює в системі «розумного» будинку завдяки багатофункціональному пристосуванню Хіаомі Smart Home Multifunctional Gateway. Все це дає можливість вам навіть перебуваючи поза домом, підключати або вимикати розетку за допомогою додатка на телефоні через Wi-Fi.



Рисунок 2.3 - Розумна розетка Xiaomi Mi Smart Plug (WIFI)

Mi Smart Plug - розетка з прекрасним співвідношенням ціна / якість. Зроблена з вогнетривкого матеріалу, вона витримує температури до 750° і допоможе в разі пожежі відвернути можливі аварійні ситуації. Mi Smart Plug також володіє характеристиками захисту від перенапруги, таймерним автоматичним вимикачем, дистанційним керуванням за допомогою смартфона, світлодіодним індикатором. Ви можете встановлювати таймер, коли розетка повинна вимкнетися. Навіть якщо wi-fi зв'язок перерветься, розетка все одно продовжить працювати. Mi Smart Plug можна купити на бездротовому стандарті ZigBee, тому просто через Wi-Fi її підключити неможливо, для цього буде потрібен ще й «мозок» Xiaomi.

Розетка Mi Smart Plug самостійно визначає номінальну і дійсну потужність побутових приладів системи «розумного» будинку Xiaomi Smart Home, вона обчислює споживання енергії навіть тоді, коли нікого немає поруч. Тобто, ви можете вести підрахунок і контроль споживання електрики, яке витратять ваші побутові електроприлади за допомогою цієї розетки. Mi Smart Plug потрібно купити для вашої зручності, в будь-який час ви можете контролювати ваш будинок, навіть не перебуваючи в ньому. Купити розумну розетку Xiaomi Mi Smart Plug (WIFI) ви можете, оформивши замовлення у нас на сайті, а також зателефонувавши на номер нашої гарячої лінії 0-800-300-100.

Основні характеристики:

– управління

Wi-Fi;

- монтаж навісний;
- сумісна версія ОС Android 4.4+ і OS 9.0;
- стандарт Європейська;
- максимальна потужність навантаження 3 500 Вт;
- максимальний струм 16 А;
- функціональність розетки ікл / відкл. за розкладом, контроль розподілення енергії, відключення приладів при перегріванні, таймер;
- особливості захист від дітей, шторки;
- матеріал полікарбонат;
- робоча температура +5...+60 °С;
- допустима вологість: до 95% (без конденсації);
- робоча напруга: 100...240В, 50 Гц;

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Нагріву у зоні 1	Модуль управління	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	Сухий контакт	1 с	220 в	1,0 Вт
1	Нагріву у зоні 1	Модуль управління	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	Сухий контакт	1 с	220 в	1,0 Вт
1	Нагріву у зоні 1	Модуль управління	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	Сухий контакт	1 с	220 в	1,0 Вт
1	Нагріву у зоні 1	Модуль управління	Дискретний	вимк./вкл.	Нелінійний	Сухий контакт	1 с	220 в	1,0 Вт

### 2.3.3 Вибір пристроїв управління

Пристрій управління можна виконати за допомогою програмного логічного контролера з НМІ панеллю або персонального комп'ютера, який має канал бездротового зв'язку Wi-Fi.



## 2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Виходячи з вимог до підсистеми управління процесом опалення у будинку розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.4.

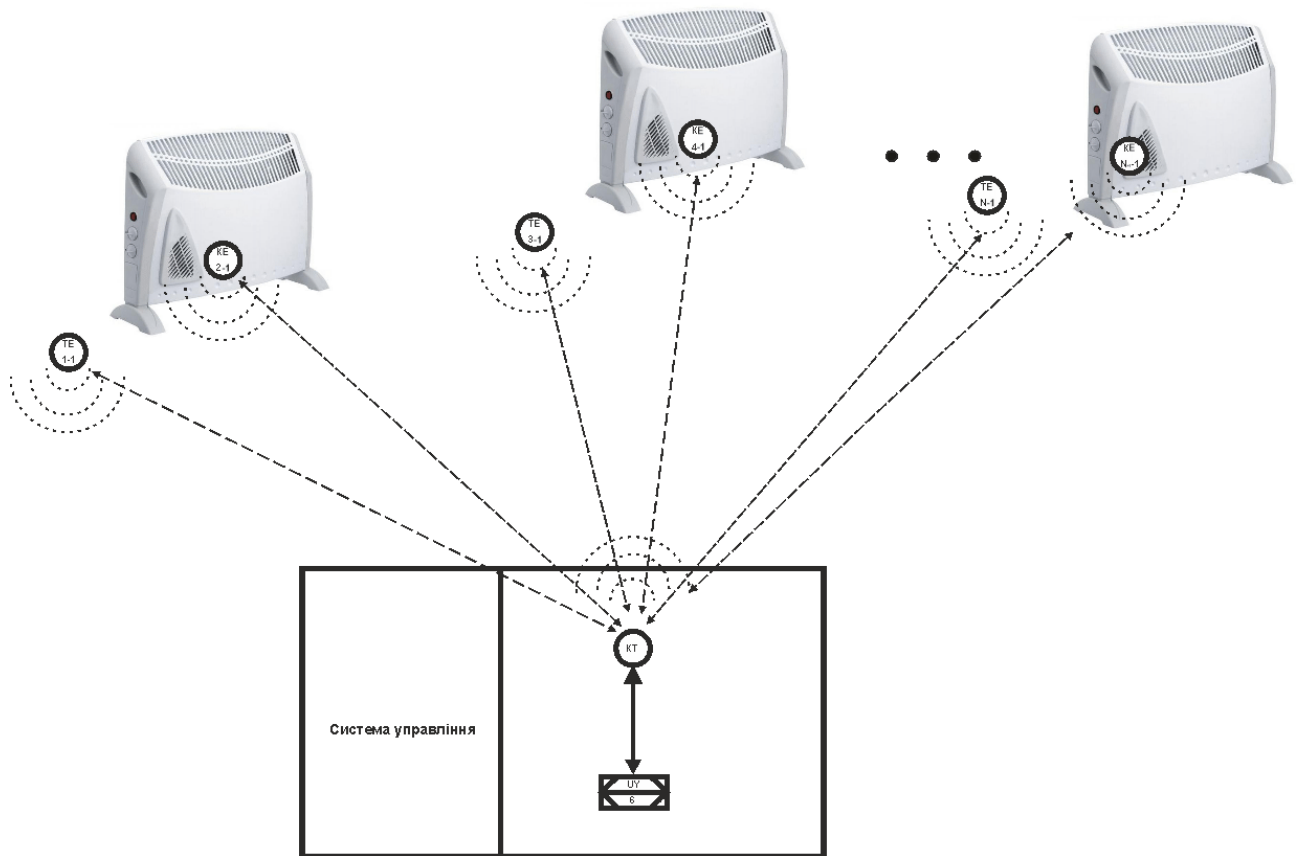


Рисунок 2.4 – Функціональна схема автоматизації підсистеми управління

Поточна температура повітря у зонах  $1 \dots N+1$  вимірюється за допомогою датчиків температури (ЕЕ 1-1, ЕЕ 3-1 .. ЕЕ N-1 – (Saures Wi-Fi), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача конвертується у цифрову форму і потрапляє у комп'ютер.

На підставі значення поточної температури повітря у зонах  $1 \dots 4$  ПК (УУ 6) формує керуючі впливи, які за допомогою перетворювачів КЕ 2-1, КЕ 4, КЕ 6 і , які виконують нагрів повітря у відповідних зонах.

## 2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми управління температурою води (рис. 2.5).

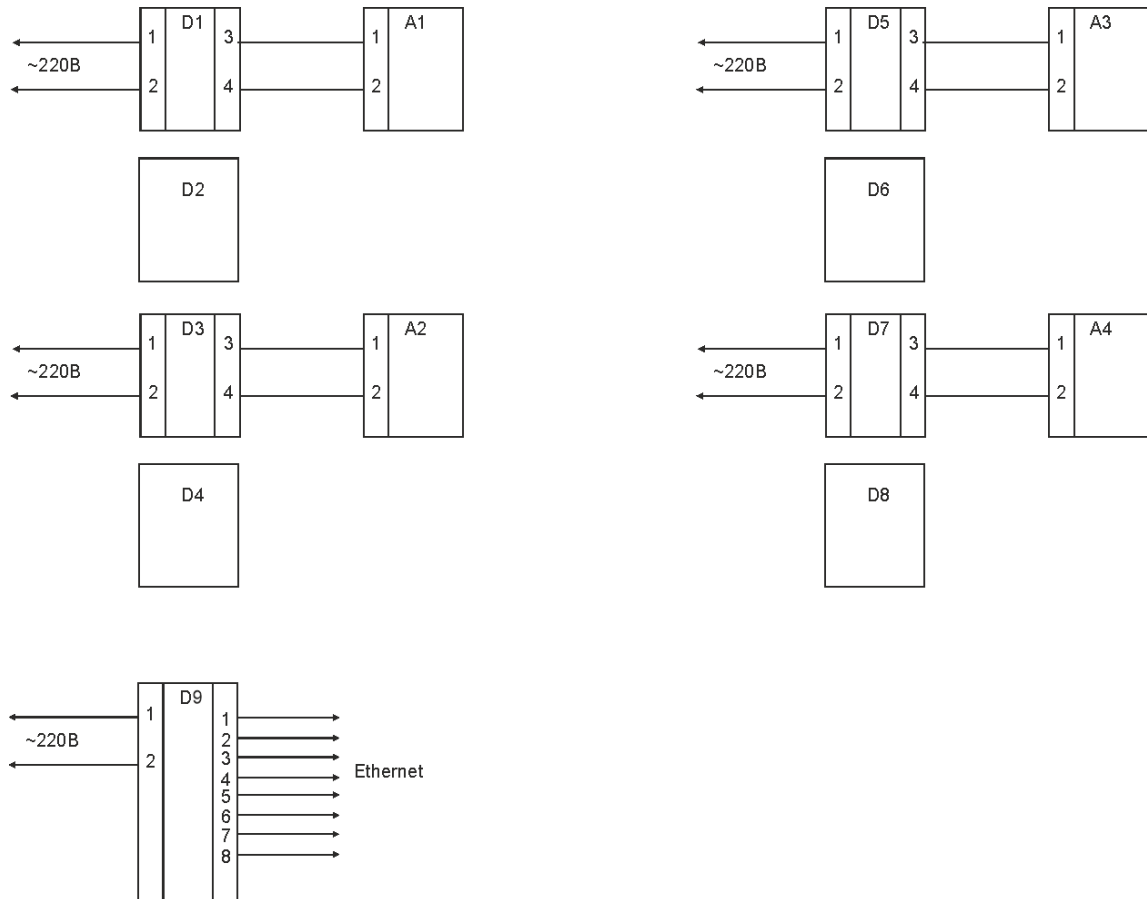


Рисунок 2.5 – Схема електрична принципова підсистеми управління

Вимірювання температури повітря у зонах 1...4 виконують цифрові розумні датчики температури Saures Wi-Fi (D2, D4, D6, D8), які не потребують зовнішнього джерела живлення (працюють від батарей).

Управління електрообігрівачами здійснюється розумними розетками Xiaomi Mi Smart Plug (WIFI) (D1, D3, D5, D7) кожна з яких підключена до зовнішнього джерела живлення 220 В, 50 Гц. Розетки мають канал зв'язку Її, та здійснюють автоматичний облік витрат електроенергії споживачів, які до них підключені.

Електрообігрівачі Klarstein Hot Spot Slimcurve (A1....A4) з потужністю 2 кВт кожний підключені до розумних розеток Xiaomi Mi Smart Plug (WIFI) (D1, D3, D5, D7).

Зв'язок між розумними розетками Xiaomi Mi Smart Plug (WIFI) (D1, D3, D5, D7) та системою управління реалізовано за допомогою інтерфейсу Wi-Fi через маршрутизатор D9 типу TP-Link Archer AX10, який підключений до зовнішнього джерела живлення 220 В, 50 Гц.

## **2.6 Висновки за розділом**

Об'єктом розробки є процес розподілом електроенергії за умови електричного опалення приміщень будівлі.

У цьому розділі кваліфікаційної роботи вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми управління, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми управління.

## 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 3.1 Створення імітаційної моделі об'єкта керування

Математична модель об'єкта керування створюється з метою перевірки ефективності функціонування програмного забезпечення системи керування розподілом потужності серед обігрівачів на основі її імітаційної моделі. При цьому фактично об'єктом керування є теплофізичні процеси у декількох локальних зон опалення у невеликому сегменті будинку (офіс чи квартира).

В основу моделей теплофізичних процесів закладена однотипна імітаційна модель, що описує динаміку температур поверхонь обігрівача і кімнати та складає основу методики випробувань опалювальних пристроїв [5]:

$$\begin{cases} \tau_o \cdot \frac{dT_o}{dt} = \frac{P_o}{\sigma_o} - (T_o - T_k); \\ \tau_k \cdot \frac{dT_k}{dt} = (T_o - T_k) \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma_k} + \frac{P_{don}}{\sigma_k} - (T_k - T_{в.с.}). \end{cases} \quad (3.1)$$

Для створення моделі об'єкта керування за основу береться трикімнатна квартира з чотирма локальними зонами опалення (рис.3.1).

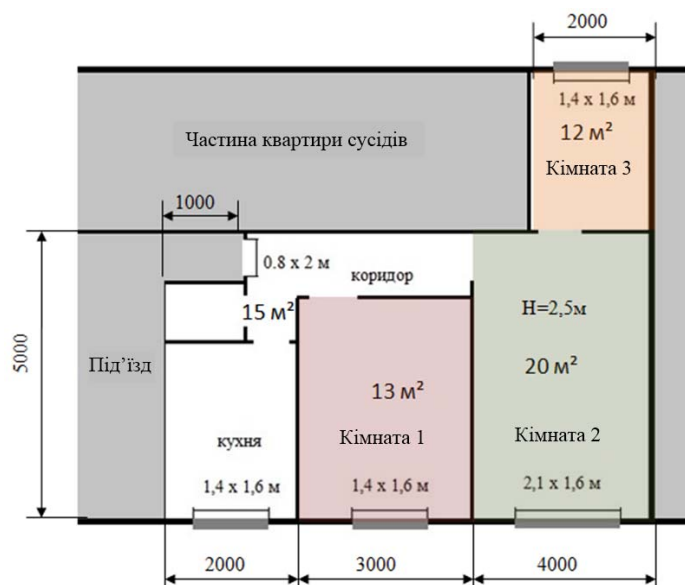


Рисунок 3.1 – План квартири – об'єкта моделювання теплофізичних процесів

Таблиця 3.1 – Параметри зон обігріву квартири

№ зони обігріву	Початкова температура поверхні обігрівача, °C ( $T_o$ )	Початкова температура кімнати, °C ( $T_k$ )	Площа кімнати, м <sup>2</sup>	Потужність обігрівача, Вт ( $P_o$ )	Потужність потоку тепла від додаткового джерела, Вт	Коефіцієнт теплопередачі кімнати щодо зовнішнього середовища, Вт/°C ( $\sigma_k$ )	Коефіцієнт теплопередачі обігрівача, Вт/°C ( $\sigma_o$ )	Постійна на часу кімнати, хв ( $\tau_k$ )	Постійна на часу обігрівача, хв ( $\tau_o$ )	Температура зовнішнього середовища, °C ( $T_{в.с}$ )
1	18	18	13	2000	70	15,04	37,1	50	3,3	0
2	18	18	20	1500	120	22,56	23,9	55	3,3	0
3	18	18	12	1500	70	13,7	15,9	39	3,3	0
4	18	18	15	1000	200	18,8	33,4	28	3,3	0

На рис. 3.1 різні локальні зони опалення позначені різними кольорами (це окремо кожна кімната та разом кухня й коридор).

Параметри кожної локальної зони опалення, що входять у систему рівнянь (3.1) як вхідні дані, наведені у табл. 3.1.

З урахуванням структури об'єкта керування та його параметрів у додатку Simulink математичного пакету MATLAB створена імітаційна модель процесів обігріву окремих сегментів квартири як об'єкта керування за умови розподілу потужності серед обігрівачів (рис. .2).

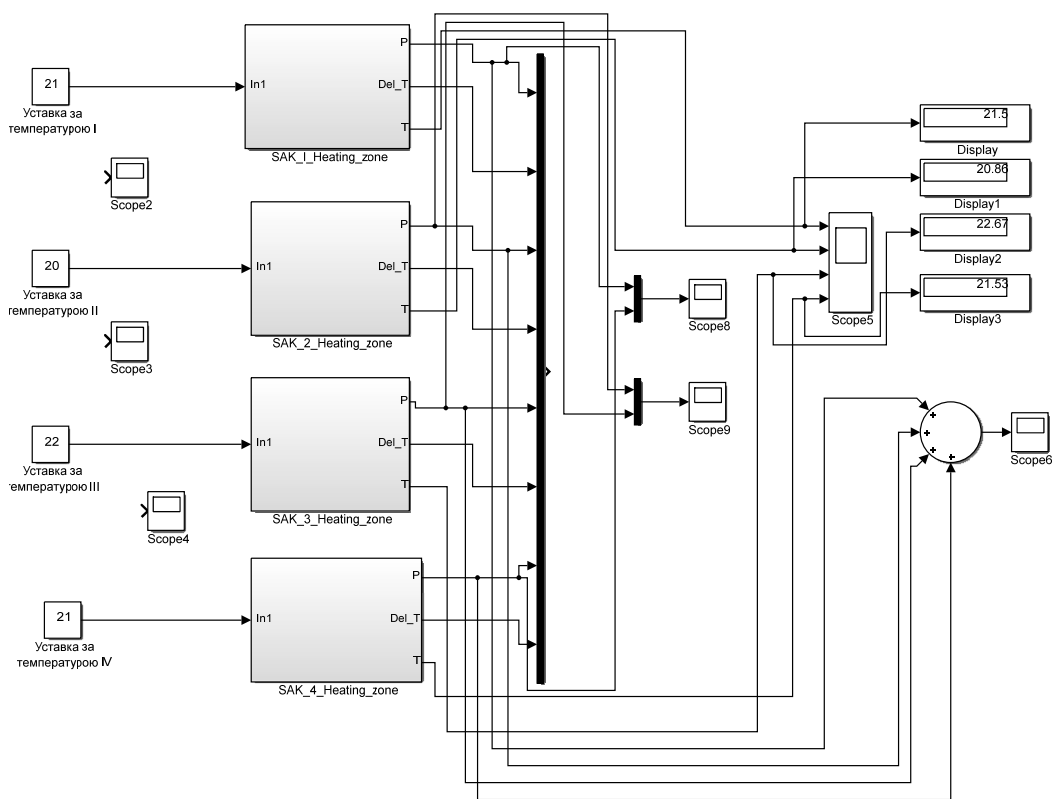


Рисунок 3.2 – Схема імітаційної моделі об'єкта керування

Кожна з підсистем на рис.3.2 – це локальна система автоматичного керування температурою у певній зоні опалення у квартирі. У середині підсистеми використовується імітаційна модель система автоматичного керування температурою (рис.3.3), що створена та розкрита у першій частині комплексної кваліфікаційної роботи «Система автоматичного керування температурою у кімнаті при електричному опаленні».



алгоритм оптимізації на основі певної сформованою цільової функції, оскільки він потребує неперервної зміни параметрів цієї функції, а прийняті обігрівачі є дискретними об'єктами керування.

Тому запропонований евристичний алгоритм розподілу потужності серед обігрівачів, за умови створення якого вирішені два основних завдання:

1. Забезпечення необхідних умов для ідентифікації локальних зон опалення з метою отримання коректної форми кривої розгону за температурою.
2. Забезпечення відсутності перевищення сумарною потужністю, що споживають обігрівачі, заданого ліміту за потужністю.

Перше завдання вирішене за рахунок введення двох статусів для систем керування обігрівачами (локальних зон опалення) – головного та другорядного. Головний статус отримують ті зони опалення, які наразі потребують ідентифікації. Визначення даного статусу відбувається на основі двох чисельних критеріїв:

1. Час останньої ідентифікації зони опалення (або середній час останньої ідентифікації групи зон, якщо розглядається одночасна ідентифікація декількох зон опалення). Прийнято, що цей критерій прагне до нуля, якщо один або декілька обігрівачів у групі (комбінації) тільки що закінчили ідентифікацію, та до 1, якщо середній час обігрівачів у групі прагне до суми часів останньої ідентифікації усіх обігрівачів.
2. Повнота використання ресурсу обігрівачем або групою обігрівачів. Прийнято, що цей критерій прагне до нуля, якщо ресурс абсолютно не використовується, та до 1, якщо використовується повністю.

Головний статус отримує та зона або група зон опалення, по відношенню до яких інтегральний критерій, що обчислюється на основі усереднення вище згаданих критеріїв з однаковою вагою, є максимальним. Це визначається на основі перебору усіх комбінацій зон опалення.

Друге завдання (забезпечення відсутності перевищення сумарною потужністю, що споживають обігрівачі, заданого ліміту за потужністю)



вирішене за рахунок роздільного розподілення потужності серед головних та другорядних зон опалення.

Зони опалення з головним статусом завжди отримують потужність, але для мінімізації залишкового ресурсу за потужністю (різниця між лімітом за потужністю та сумарною потужністю, що споживається обігрівачами) обігрівачі, що входять в дані зони, вмикаються синхронно у часі. Це дає можливість на певних інтервалах часу, коли в головних зонах обігрівачі вимкнені, запропонувати другорядним обігрівачам максимальний ресурс за потужністю.

У другорядних зонах ресурс розподіляється за двома чисельними критеріями:

1. Відхилення фактичної температури у зоні опалення від заданої уставки. Цей критерій прагне до 0, якщо відхилення  $+1$  град., та до 1, якщо  $-1$  град.
2. Повнота використання ресурсу другорядними обігрівачем або групою обігрівачів. Прийнято, що цей критерій прагне до нуля, якщо ресурс абсолютно не використовується, та до 1, якщо використовується повністю.

Ресурс серед другорядних зон отримує та зона або група зон опалення, по відношенню до яких інтегральний критерій, що обчислюється на основі усереднення вище згаданих критеріїв з однаковою вагою, є максимальним. Це визначається на основі перебору усіх комбінацій другорядних зон опалення.

### **3.3 Створення програмного забезпечення для системи керування розподілом потужності серед обігрівачів**

На основі алгоритму розподілу потужності серед обігрівачів, який описаний у підрозділі 3.2, створена схема алгоритму як граф переходів, що зображена на рис.3.4.

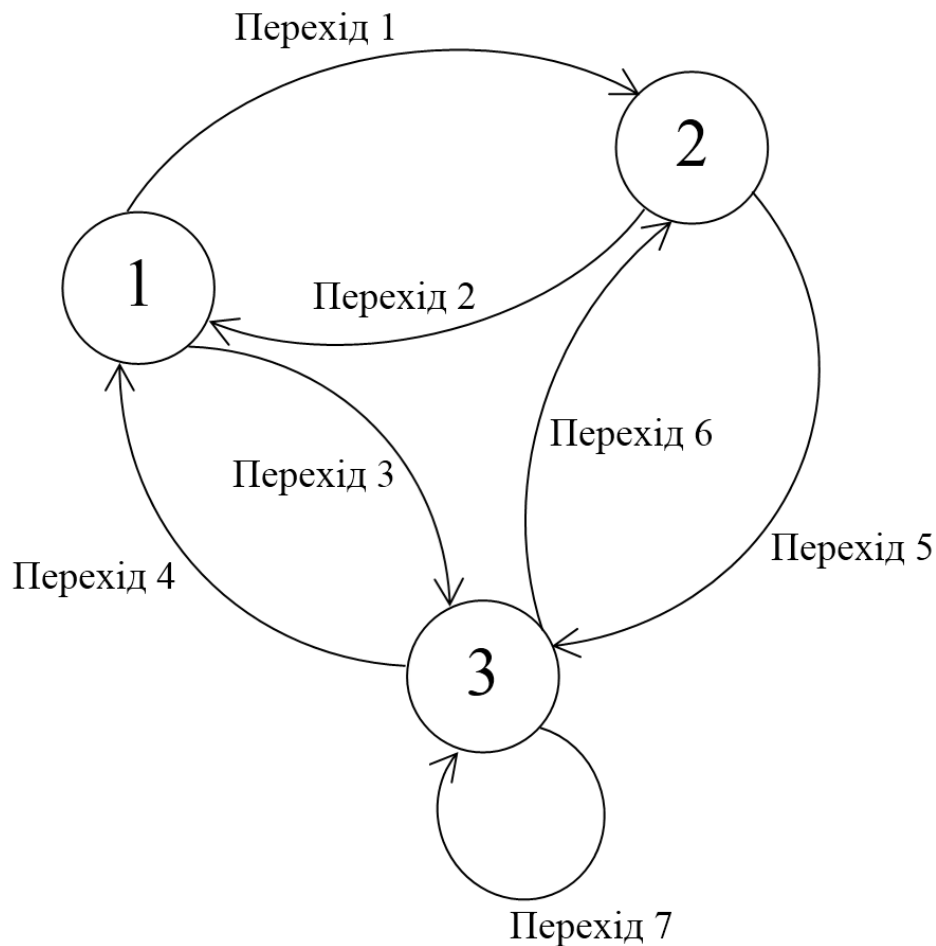


Рисунок 3.4 – Схема алгоритму розподілу потужності серед обігрівачів зон опалення трикімнатної квартири

На рис.3.4 стани системи керування позначені кругами та розшифровуються наступним чином:

1 – розподілення потужності серед другорядних зон опалення, у тому числі за умови відсутності ідентифікації будь-якої зони опалення (у тому числі початковий стан);

2 – визначення головних зон опалення для проведення їх ідентифікації;

3 – відпрацювання розподілу потужності.

Умовою переходу 1 на рис.3.4 є настання умови початку ідентифікації зон опалення (усі фактичні температури зон опалення знаходяться у вузькому діапазоні  $\pm 1$  °C навколо уставки ТА попередня процедура ідентифікації завершена за умови першого запуску). Дією переходу 1 є скидання усіх статусів зон опалення, таймерів ТА запуск процедури визначення зон опалення з головним статусом на поточний момент часу.

Умовою переходу 2 на рис.3.4 є закінчення процедури визначення зон опалення з головним статусом. Дією переходу 2 є запуск процедури розподілу залишкової потужності серед другорядних зон опалення.

Умовою переходу 3 на рис.3.4 є закінчення процедури розподілу залишкової потужності серед другорядних зон опалення. Дією є надання дозволу локальним системам автоматичного керування температурою у головних зонах опалення, а також у другорядних зонах, що отримали ресурс, на вмикання обігрівачів.

Умовою переходу 4 на рис.3.4 є закінчення часу, протягом якого був призначений певний порядок розподілу потужності серед другорядних зон опалення АБО перевищення сумарною потужністю, що споживають обігрівачі, заданого ліміту. Дією переходу 4 є запуск процедури розподілу залишкової потужності серед другорядних зон опалення.

Умовою переходу 5 на рис.3.4 є закінчення процедури визначення зон опалення з головним статусом на поточний момент часу. Дією переходу 5 є надання дозволу локальним системам автоматичного керування температурою у головних зонах опалення на вмикання обігрівачів.

Умовою переходу 6 на рис.3.4 є настання умови початку ідентифікації зон опалення (усі фактичні температури зон опалення знаходяться у вузькому діапазоні  $\pm 1$  °C навколо уставки ТА попередня процедура ідентифікації завершена). Дією переходу 6 є запуск процедури визначення зон опалення з головним статусом на поточний момент часу.

Умовою переходу 7 на рис.3.4 є відсутність виконання умов запуску процедур визначення зон опалення з головним статусом на поточний момент часу та розподілу залишкової потужності серед другорядних зон опалення. При цьому ніякі дії не виконуються.

За створеним алгоритмом розподілу потужності серед обігрівачів локальних зон опалення трикімнатної квартири на мові програмування математичного пакету MATLAB створене програмне забезпечення для системи керування цим розподілом, що наведене у Додатку Б кваліфікаційної роботи.

### **3.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення на основі моделі системи керування**

Для перевірки функціонування програмного забезпечення системи керування розподілом потужності серед обігрівачів локальних зон опалення трикімнатної квартири у математичному пакеті MATLAB створена її імітаційна модель (рис.3.5).

Програмне забезпечення реалізоване у вигляді S-функції «Allocation\_P» (блок «Функція розподілу потужності» на рис.3.5).

Вхідними аргументами функції є потужності, що споживають обігрівачі локальних зон опалення, а також відхилення фактичних температур у зонах від заданих уставок. Вихідними аргументами функції є команди на дозвіл локальним системам автоматичного керування температурами у зонах опалення вмикати обігрівачі. Ці команди інтегруються у підсистеми «SAK\_i\_Heating\_Zone» через портали «Zone\_i».

Ліміт за потужністю заданий незмінним на рівні 3 кВт, оскільки його зміна фактично перериває процедуру ідентифікації зон опалення, через що є ризик неможливості стеження за динамічно мінливими умовами опалення. Тому, для використання створеного алгоритму є рекомендація визначення певного ліміту за потужністю тільки для електричного опалення, який можна змінювати, але нечасто.

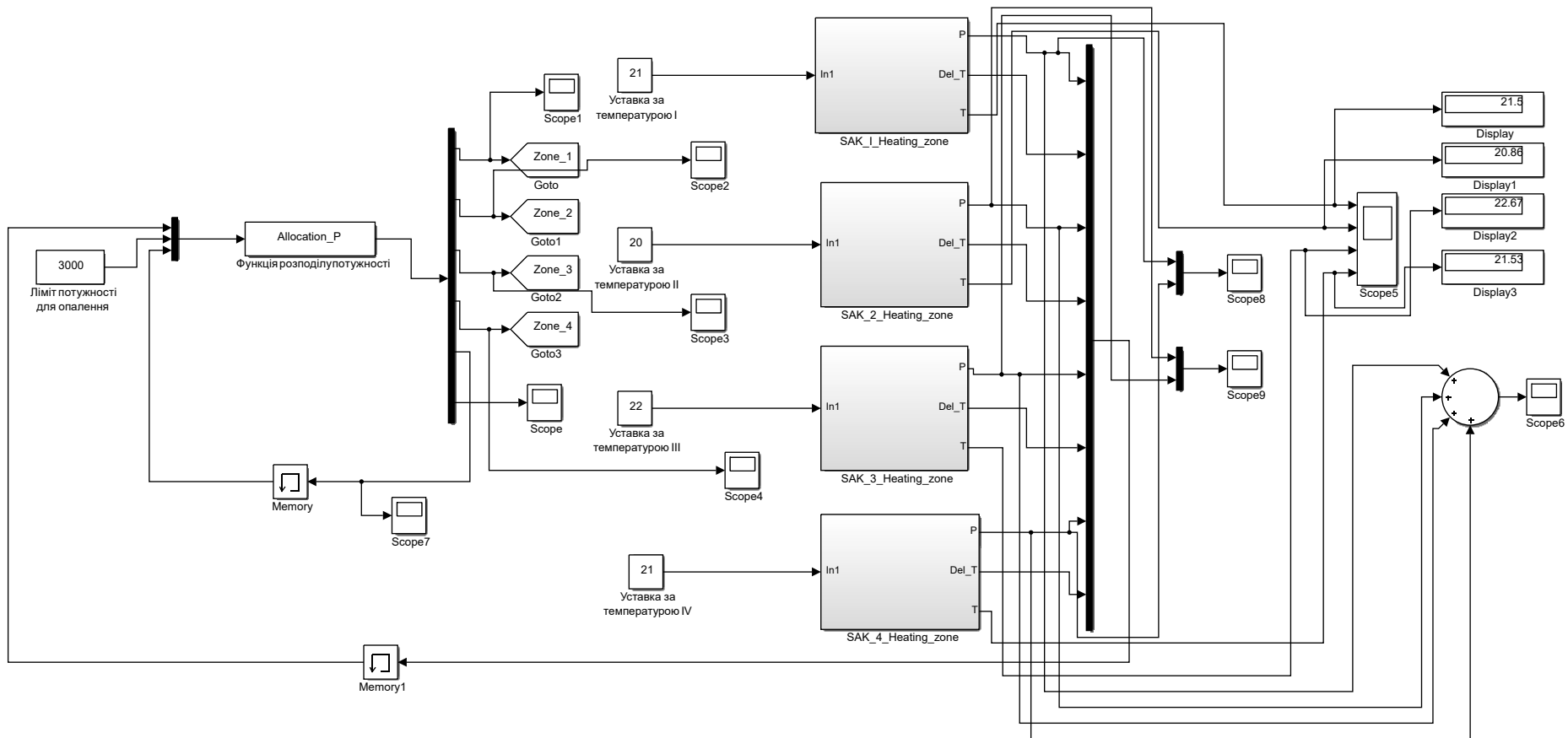


Рисунок 3.5 – Схема імітаційної моделі системи керування розподілом потужності серед обігрівачів локальних зон опалення трикімнатної квартири

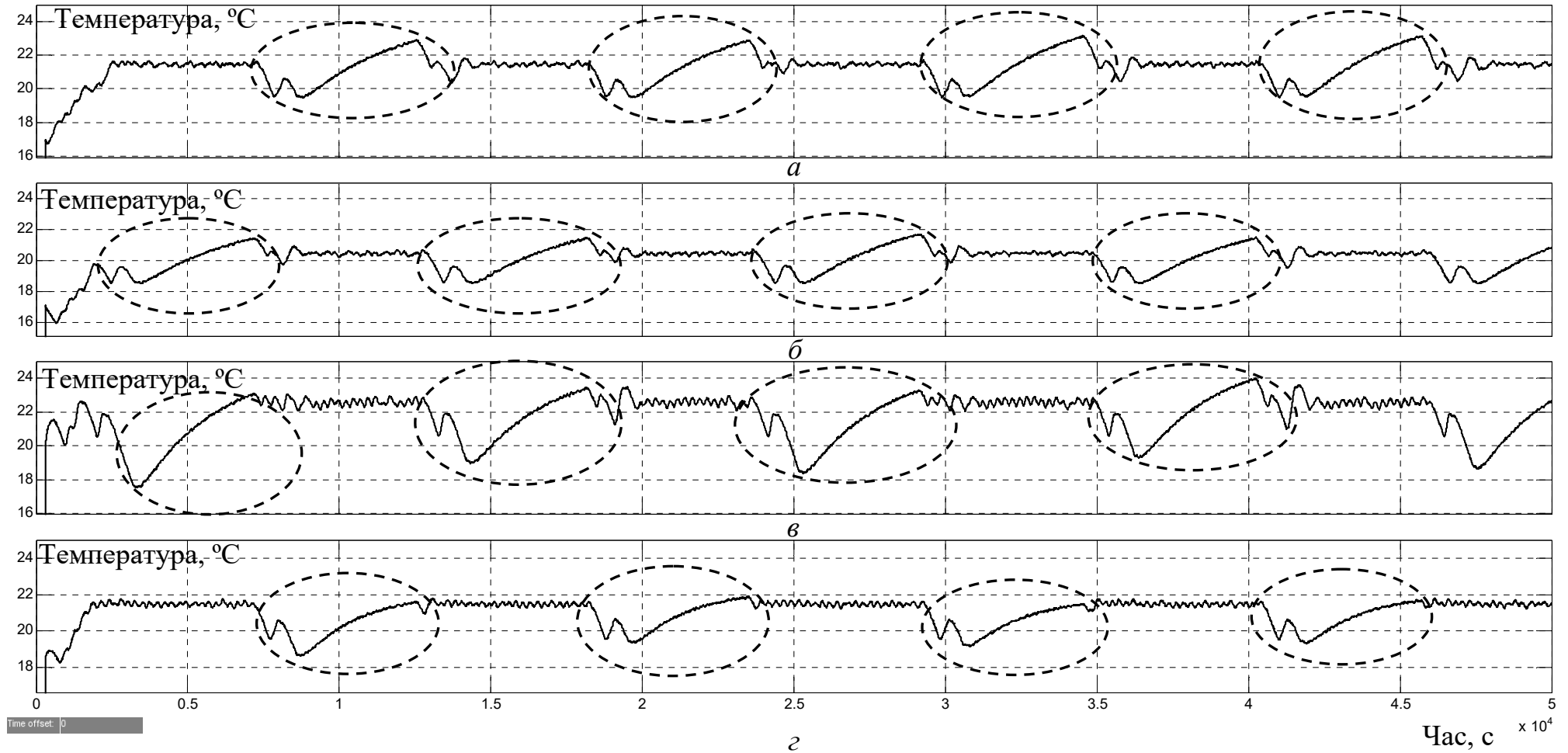


Рисунок 3.6 – Зміна у часі фактичних температур у першій (*a*), другій (*б*), третій (*в*) та четвертій (*г*) зонах опалення сумарна потужність, Вт трикімнатної квартири

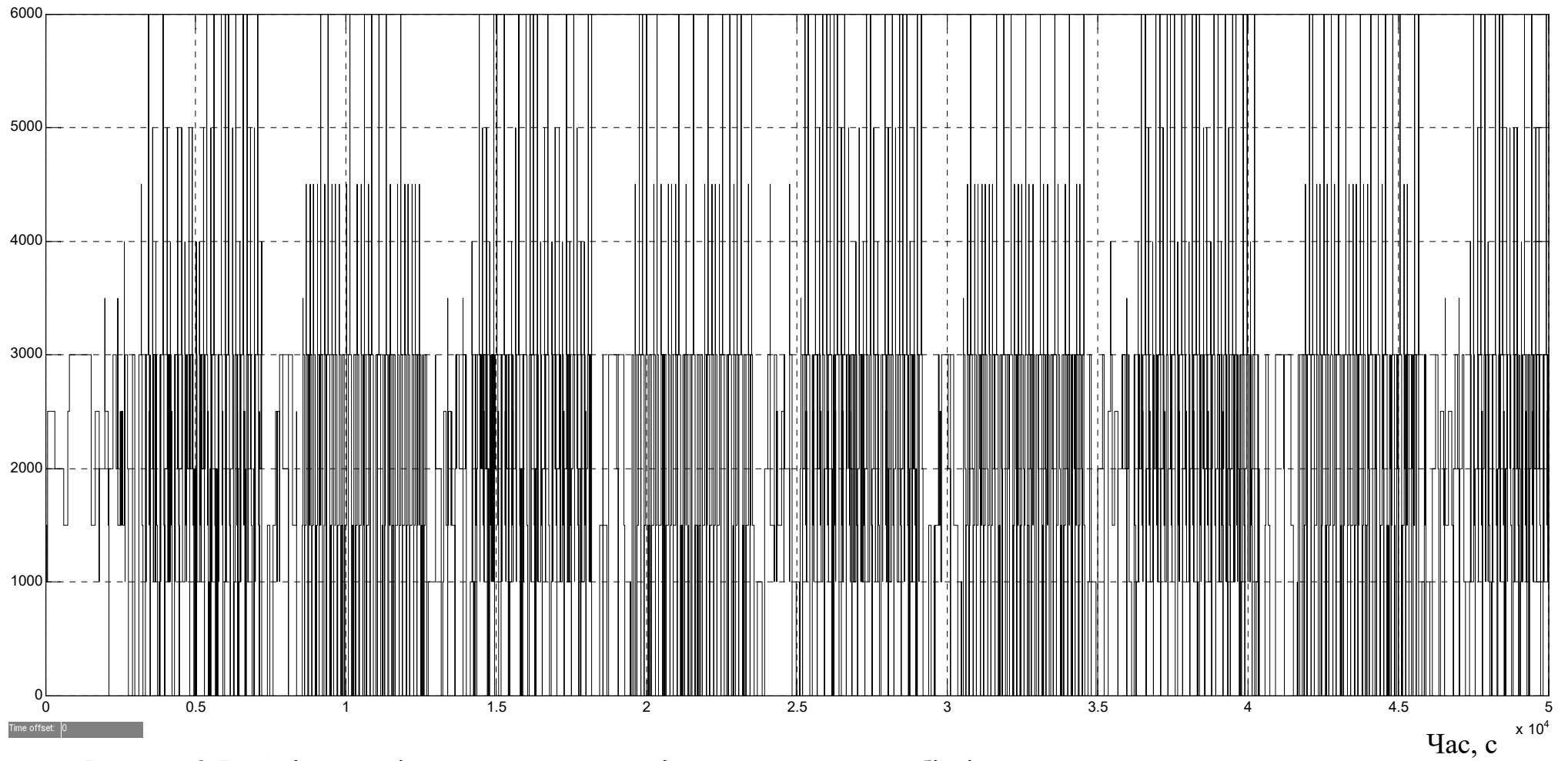


Рисунок 3.7 – Зміна у часі сумарної потужності, що споживається обігрівачами локальних зон опалення квартири

Проаналізуємо результати моделювання, що отримані за допомогою моделі на рис.3.5.

На рис.3.6 моменти отримання кривої розгону для ідентифікації обведені пунктирними овалами. Ми бачимо, що для усіх чотирьох зон опалення усі чотири рази ми отримуємо невикривлену й коректної форми криву розгону. Експерименти показали, що точність ідентифікації параметрів динамічних моделей цих зон для усіх випадків є більшою за 90%. При цьому фактичні температури в усіх зонах опалення не виходять за межі комфортних діапазонів ( $\pm 1,5$  °C навколо уставок).

Також, з рис.3.7 можна помітити, що протягом усього часу моделювання при різних ситуаціях сумарна потужність, що споживається обігрівачами зон опалення, не перевищує заданий ліміт 3 кВт. Короткочасні перевищення протягом одного кроку моделювання (1 секунда) пов'язані з тим, що система реагує на перевищення ліміту вже по факту настання цієї події з запізненням на крок виконання циклу роботи програмного забезпечення. Ці події трапляються за умови вмикання обігрівача головної зони опалення, коли залишковий ресурс є малим через його розподіл серед другорядних зон опалення.

Таким чином, результати моделювання роботи системи автоматичного керування розподілом потужності серед локальних зон опалення трикімнатної квартири підтвердили ефективність як запропонованого алгоритму розподілу, так і програмного забезпечення системи керування, що розроблене за ним.

### **3.5 Висновки по розділу**

1. З урахуванням вимог до точності ідентифікації зон опалення та відсутністю перевищення виділеного ліміту за потужністю створений алгоритм розподілу потужності серед локальних зон опалення трикімнатної квартири, який має наступні особливості:

- коректність форм кривих розгону для точної ідентифікації зон опалення забезпечується за рахунок введення двох статусів для систем керування



обігрівачами (локальних зон опалення) – головного та другорядного. Головний статус отримують ті зони опалення, які наразі потребують ідентифікації;

- відсутність перевищення сумарною потужністю, що споживають обігрівачі, заданого ліміту за потужністю забезпечується за рахунок роздільного розподілення потужності серед головних та другорядних зон опалення.

2. За допомогою створеної імітаційної моделі системи автоматичного керування розподілом потужності серед локальних зон опалення доведена ефективність як запропонованого алгоритму розподілу, так і програмного забезпечення системи керування, що розроблене за ним. Результати моделювання показали, що протягом усього часу моделювання при різних ситуаціях сумарна потужність, що споживається обігрівачами зон опалення, не перевищує заданий ліміт 3 кВт. При цьому точність ідентифікації параметрів динамічних моделей цих зон для усіх випадків є більшою за 90%, а фактичні температури в усіх зонах опалення не виходять за межі комфортних діапазонів.

## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В кваліфікаційній роботі розроблена система управління електроопаленням для побутових приміщень. У системі використано модульну структуру, яка забезпечує можливість конфігурації системи, розширення її функціональних можливостей, спрощує її складання, монтаж і наладку.

### 4.1 Суть і доцільність впровадження системи, що розробляється

Розглянемо економічну доцільність розробки автоматичної системи управління.

Використовувані аналогічні системи розроблені на морально застарілій елементній базі, яка за своїми характеристиками помітно поступається системі, описаній в цій кваліфікаційній роботі. Ця реалізація має наступні переваги:

- сучасна елементна база;
- підвищена надійність;
- збільшення швидкості обробки інформації, що поступає;
- зменшення капітальних витрат.

### 4.2 Розрахунок капітальних витрат

#### 4.2.1 Проектний варіант

Визначаємо суму витрат на комплектуючі вироби з урахуванням їх типу і кількості згідно з проектними рішеннями, а також відповідних гуртових цін. До отриманої суми додають транспортно-заготівельні витрати (5...7 %) від загальної вартості комплектуючих виробів. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Вартість(Зк) комплектуючих виробів проектного варіанту

№ з/п	Найменування статей витрат	Кількість, шт.	Вартість за од., грн	Загальна вартість, грн	Транспортно-заготівельні і складські витрати, грн (5%)	Монтажна-налагоджувальні роботи, грн (7%)
1	Мікроконтролер	1	1 500	1 500	75	105
2	Командоапарат	1	1 000	1 000	50	70
3	Датчик струму	1	500	500	25	35
4	Дисплей	1	1 500	1 500	75	105
5	кнопки	5	20	100	5	7
6	Блок контактів	1	600	600	30	42
<b>Разом:</b>				<b>5 200</b>	<b>260</b>	<b>364</b>
<b>Всього:</b>				<b>5 824</b>		

Отже, капітальні витрати на комплектуючі вироби складуть Кп = 5 824 грн.

До статей капітальних витрат також відносяться витрати на розробку програмного забезпечення.

#### 4.2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування створення програми

До складу комплексу засобів автоматизації особливе місце займає програмне забезпечення. Програмне забезпечення розробляється для промислового контролера.

Ефективність кожного програмного забезпечення визначається якістю і ефективністю процесу обробки і супроводу. Якість програмного продукту визначається наступними складовими частинами:

- з точки зору користувача ПЗ;
- з позиції використання ресурсів і їх оцінки, а також виконання вимог на програмний продукт.

Оцінка якості програмного забезпечення з точки зору користувача визначається необхідністю на стадії проектування об'ємом ОЗУ, витратами машинного часу, пропускнуою спроможністю каналів передачі даних. Оцінка використання ресурсів на стадії створення програмного продукту включає визначення трудомісткості, часу обробки і вартості його створення.

У зв'язку з цим, техніко-економічні розрахунки повинні містити:

- розрахунок витрат на створення програмного продукту;
- оцінку витрат машинного часу, необхідного для відладки і рішення поставленого завдання, і необхідного об'єму оперативної пам'яті ЕОМ.

#### 4.2.1.2 Трудомісткість розробки програмного продукту

Нормування праці в процесі створення ПЗ істотно ускладнене через творчий характер праці програмістів, тому трудомісткість розробки ПЗ може бути розрахована на основі системи моделей з різної точки оцінки.

$$t = t_o + t_{и} + t_a + t_{п} + t_{отл} + t_d, \text{ чол.-ч.}, \quad (4.1)$$

- де  $t_o$  - витрати на підготовку і опис поставленого завдання;  
 $t_{и}$  - витрати праці на дослідження алгоритму рішення задачі;  
 $t_a$  - витрати праці на відробіток блок-схеми алгоритму;  
 $t_{п}$  - витрати праці на програмування по готовій блок-схемі;  
 $t_{отл}$  - витрати праці на відладку програми на ЕОМ;  
 $t_d$  - витрати праці на підготовку документації за завданням.

Складові частини витрат праці визначаються з умовної кількості операторів в ПЗ, які обробляються. До їх числа входять ті оператори, яким необхідно написати в процесі роботи над програмою з урахуванням можливих уточнень в завданні і удосконалення алгоритму.

Умовна кількість операторів в програмі:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \text{ чел.-ч.}, \quad (4.2)$$

- де  $q$  - кількість операторів, яка допускається;  
 $c$  - коефіцієнт складності програми;  
 $p$  - коефіцієнт корекції програми в процесі її відробітку.

Коефіцієнт складності  $c$  визначає відносну складність програми по відношенню до типового завдання, складність якого дорівнює 1. Діапазон зміни : 1,25...2. У нашому випадку приймаємо  $c = 1,65$ .

Коефіцієнт корекції  $p$  визначає збільшення об'єму робіт за рахунок внесення змін до алгоритму або програми внаслідок уточнення постановки

завдання. Величина  $p$  знаходиться в межах  $0,05 \dots 0,1$ , що відповідає внесенню 3.5 корекцій, що спричиняють за собою переробку  $5 \dots 10\%$  готової програми. Для нашого випадку  $p$  дорівнюватиме  $0,05$ .

Згідно з розробленим ПЗ, кількість операторів  $q$  дорівнює 267. Звідси умовна кількість операторів в програмі:

$$Q = 267 \cdot 1,65 \cdot (1 + 0,05) = 462,58 \cong 463$$

Витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання складуть орієнтовно  $t_0 = 10$  чол.-г.

Витрати праці на дослідження алгоритму рішення задачі залежить від конкретних умов і визначається на основі експертних оцінок:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ чол.-г.}, \quad (4.3)$$

де  $B$  - коефіцієнт збільшення витрат праці, лежить в межах  $1,2 \dots 1,5$  (іза можливого коригування ПЗ);

$k$  - коефіцієнт кваліфікації програміста, який визначається залежно від стажу роботи за фахом (до 2 років -  $0,8$ ).

Для наших умов  $B = 1,4$  і  $k = 0,8$ . звідси витрати праці на вивчення опису завдання :

$$t_{\text{и}} = \frac{463 \cdot 1,4}{80 \cdot 0,8} = 10,1 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на відробіток алгоритму рішення завдання:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ чол.-г.} \quad (4.4)$$

$$t_a = \frac{463}{25 \cdot 0,8} = 23,15 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на створення програми по готовій блок-схемі:

$$t_{\text{п}} = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ чел.-ч.} \quad (4.5)$$

$$t_{\text{п}} = \frac{463}{25 \cdot 0,8} = 23,15 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на відладку програми на ЕОМ:

$$t_{\text{отл}} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{ чол.-г.} \quad (4.6)$$

$$t_{\text{отл}} = \frac{463}{5 \cdot 0,8} = 115,75 \text{ чол.-г.}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням:

$$t_{\text{д}} = t_{\text{др}} + t_{\text{до}} \quad (4.7)$$

де  $t_{\text{др}}$  - трудомісткість підготовки матеріалів по рукопису, чел.-ч.

$t_{\text{до}}$  - трудомісткість редагування, і оформлення документації, чел.-ч.

$$t_{\text{др}} = \frac{Q}{(15...20) \cdot k}, \text{ чол.-г.} \quad (4.8)$$

$$t_{\text{до}} = 0,75 \cdot t_{\text{др}}, \text{ чол.-г.,} \quad (4.9)$$

$$t_{\text{др}} = \frac{463}{20 \cdot 0,8} = 28,94 \text{ чол.-г.}$$

$$t_{\text{до}} = 0,75 \cdot 28,94 = 21,71 \text{ чол.-г.}$$

Звідси:

$$t_{\text{д}} = 28,94 + 21,71 = 50,65 \text{ чол.-г.}$$

Згідно (4.5) отримаємо:

$$t = 10 + 10,10 + 23,15 + 23,15 + 115,75 + 50,65 = 232,80, \text{ чол.-г.}$$

#### 4.2.1.3 Розрахунок витрат на створення програмного продукту

Витрати на створення програмного продукту включають витрати на заробітну плату виконавця програми *Зз.п.* і вартість машинного часу, необхідного на відладку програми на ЕОМ *Зм.в.*

Вартість машинного часу, необхідного для відладки програми на ЕОМ:

$$З_{\text{м.в}} = t_{\text{отл}} + C_{\text{м.в}}, \quad (4.10)$$

де  $t_{\text{отл}}$  - трудомісткість відладки програми на ЕОМ;

$C_{м.в}$  - вартість машино-години ЕОМ.

$$Z_{м.в} = 115,75 \cdot 5,52 = 523,2 \text{ грн.}$$

Витрати на зарплату виконавця програми :

$$Z_{з.п.} = C_{з.п.} \cdot t \quad (4.11)$$

де  $t$  - трудомісткість відробітку ПЗ;

$$Z_{з.п.} = 232,28 \cdot 28,9 = 6\,712,9 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати на розробку ПО складуть:

$$K_{по} = Z_{м.в.} + Z_{з.п.}, \text{ грн.} \quad (4.12)$$

$$K_{по} = 523,2 + 6\,712,9 = 7\,236,1 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість відробітку ПЗ:

$$T := \frac{t}{V_k \cdot F_p}, \text{ міс.}, \quad (4.13)$$

де  $V_k$  - число розробок ( $V_k = 1$ );

$F_p$  - місячний фонд робочого часу ( $F_p = 176 \text{ г.}$ ).

$$T = 232,28 / (1 \cdot 176) = 1,32 \text{ міс.}$$

Капітальні вкладення на проектувану систему складуть:

$$K_{пр} = 7\,236,1 + 5\,824 = 13\,060,1 \text{ грн.}$$

Отримані значення капітальних витрат для проектного варіанта заносимо табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Зведення капітальних витрат

Найменування виробу	Одиниця, шт.	$Z_{приобр}$ , грн.	$D_{тр}$ , грн.	$M_{мн}$ , грн.	$K_{по}$ , грн.	Разом, грн
Проектний варіант	1	679 930	40 795,8	61 193,7	15213,3	<b>797 132,8</b>

### 4.3 Визначення експлуатаційних витрат впровадження у виробництво проекрованої системи

Річні експлуатаційні витрати розраховуються по формулі:

$$C_{\Sigma} = C_a + C_{\Sigma} + C_c + C_T + C_{\Sigma\Sigma} + C_{\Pi}, \text{ грн.}, \quad (4.14)$$

- де  $C_{\Sigma}$  - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи, грн;
- $C_a$  - амортизаційні відрахування, грн;
- $C_{\Sigma}, C_{\Sigma\Sigma}$  - заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн;
- $C_c$  - відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (50% від  $C_{\Sigma}$ ), грн.;
- $C_T$  - витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування і мережі, грн.;
- $C_{\Sigma\Sigma}$  - вартість електроенергії, споживаної об'єктом, грн.;
- $C_{\Pi}$  - інші витрати, грн.

#### 4.4.1 Амортизація основних фондів

Устаткування системи управління відноситься до 4 групи по нормах нарахування амортизації основних фондів. Передбачуваний термін експлуатації системи складає 5 років.

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від первинної вартості устаткування ( $K$ ). Розрахунок коефіцієнта амортизаційних відрахувань зробимо по методу прискореного зменшення залишкової вартості, де використовується подвоєна норма амортизації.

$$C_a = \frac{PC \cdot H_a}{100\%}, \text{ грн.}, \quad (4.15)$$

- де  $C_a$  - річна сума амортизації, грн;
- $PC$  - первинна вартість (капітальні витрати –  $K$ ), грн.;
- $H_a$  - норма амортизації, %.

При цьому норма амортизації:

$$H_a = \frac{2}{t} \cdot 100, \%, \quad (4.16)$$

- де  $t$  - термін використання об'єкту, років.



Перевагою цього методу є те, що впродовж перших років експлуатації об'єкту проектування накопичується значна сума коштів, необхідних для його відновлення. Отже, норма амортизації для проекрованої і альтернативної системи управління складе:

$$H_{a\text{б}} = \frac{2}{5} \cdot 100 = 40\%, H_{a\text{пр}} = \frac{2}{5} \cdot 100 = 40\%.$$

Сума амортизації для проекрованої системи складе:

$$C_{a\text{пр}} = 13\,060,1 \cdot 0,4 = 5\,224,04 \text{ грн.}$$

#### 4.4.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Таблиця 4.3— Фонд зарплати проекрованої системи

№ з/п	Найменування професій	Число працюючих, чол.		Годинна тарифна ставка,	Ном. рік. фонд наб.	Разом основна з/п, грн	Доп. (5%). з/п, грн	Премія, грн	Разом річний фонд з/п, грн
		1	4						
1	Оператор-диспетчер	1	4	48	1 784	171 264	8 563,2	4 000	183 827,2
2	Черговий електрик зміни	1	4	48	1 784	171 264	8 563,2	4 000	183 827,2
3	Технолог	1	4	48	1 784	171 264	8 563,2	4 000	183 827,2
<b>Всього</b>									<b>551 481,6</b>

$$C_{з\text{пр}} = 551\,481,6 \text{ грн.}$$

#### 4.4.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи складають 37% від заробітної плати персоналу:

$$C_c = 0,22 \cdot C_{з\text{пр}}, \text{ грн.} \quad (4.17)$$

$$C_{c\text{пр}} = 0,22 \cdot 551\,481,6 = 204\,048,2 \text{ грн.}$$

#### 4.4.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування

Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування, приймаємо на рівні 0,5 % від капітальних витрат:

$$C_T = 0,005 \cdot K_{\text{пр}}, \text{ грн.} \quad (4.18)$$

$$C_{T, \text{пр}} = 0,005 \cdot 13\,060,1 = 65,31 \text{ грн.}$$

#### 4.4.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживана апаратурою протягом року, визначається по формулі:

$$C_{\text{э}} = W_{\Gamma} \cdot a = M \cdot F_{\text{р}} \cdot a, \text{ грн.}, \quad (4.19)$$

де  $W_{\Gamma}$

$a$  – тариф на електроенергію, грн./кВт-г.;

$M$  – встановлена потужність апаратури, кВт;

$F_{\text{р}}$  – річний фонд робочого часу апаратури, г.

Тариф на електроенергію  $0,5356 \cdot 1,2 = 0,64272$  грн./кВт/ч. з ПДВ.

Витрати на електроенергію, споживану проектованою апаратурою, складуть (працює 24 години в добу):

$$C_{\text{э.пр}} = 0,045 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,64272 = 511,83 \text{ грн.}$$

#### 4.4.6 Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкту проектування включають витрати по охороні праці, на спецодяг і ін. згідно з практикою, ці витрати визначаються у розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу :

$$C_{\text{п}} = C_{\text{з}} \cdot 0,04, \text{ грн.} \quad (4.20)$$

$$C_{\text{п пр}} = 551\,481,6 \cdot 0,04 = 22\,059,27 \text{ грн.}$$

По формулі 4.15 розраховуємо річні експлуатаційні витрати, пов'язані із застосуванням проектованою і базовою апаратурою, відповідно складатимуть:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{а}} + C_{\text{э}} + C_{\text{с}} + C_{\text{Т}} + C_{\text{эз}} + C_{\text{п}}, \text{ грн.}, \quad (4.21)$$

$$C_{\text{э пр}} = 5\,224,04 + 551\,481,6 + 204\,048,2 + 65,31 + 511,83 + 22\,059,27 = 783\,390,25 \text{ грн}$$

Експлуатаційні витрати по проектному варіанту зведені в табл. 4.4

Таблиця 4.4 – Розрахунок експлуатаційних витрат

Найменування показника	Проектний варіант
Амортизація	5 224,04
Фонд заробітної плати	551 481,6
Відрахування на соц. виплати	204 048,2
Ремонт і техобслуговування	65,31
Електроенергія	511,83
Інші	22 059,27
Разом	783 390,25

#### 4.5 Висновки

Результати техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів впровадження кваліфікаційної роботи оформлені у вигляді табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Техніко-економічні показники

№ п./п.	Найменування показників	Од. вим.	Значення показника
1	Капітальні витрати	грн	13 060,1
2	Експлуатаційні витрати	грн	783 390,25

В результаті розрахунків встановлено, що капітальні витрати для створення системи складуть 13 тис. грн.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Оцінка умов, у яких проводилась дипломна робота

Роботи над по розробці системи управління проводилась в житловій кімнаті гуртожитка, яка розташована на десятому поверсі десятиповерхового будинку, з використанням персонального комп'ютера і полягала у проектуванні та розробці дипломного проекту на тему “Система автоматичного керування розподілом електроенергії у невеликому сегменті електромережі будівлі”.

Під час роботи за комп'ютером, відповідно до [7] на людину впливають наступні групи небезпечних і шкідливих виробничих факторів: фізичні, хімічні і психофізіологічні.

До фізичних відносяться [7]:

- підвищений рівень шуму на робочому місці (при використанні застарілих моделей комп'ютерів чи друкувальних пристроїв), що може привести до ураження органів слуху;
- підвищений рівень іонізованих випромінювань на робочому місці, які утворюються при використанні принтера, може викликати підвищене серцебиття;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання, яке може відбутися через тіло людини, що може привести до ураження людини електричним струмом;
- підвищений рівень статичної електрики, має загальний негативний вплив на здоров'я людини;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань (при використанні принтерів, сканерів), що приводить до швидкого стомлення;
- підвищена напруженість електричних і магнітних полів, спричиняє негативний вплив на загальне самопочуття людини;
- недостатнє освітлення робочої зони, приводить до погіршення зору;

- знижена контрастність також має негативний вплив на зір користувача, зниження зору і т.д.

До хімічних шкідливих факторів можна віднести:

- рівень іонізуючих випромінювань який перевищує встановлену норму.
- небезпечні речовини які виділяються при роботі з принтерами.

До психофізіологічних шкідливих факторів можна віднести наступні:

- постійна статична напруга, тобто перенавантаження.
- нервово-психічні перевантаження.
- монотонність праці.

## **5.2 Інженерно-технічні заходи щодо техніки безпеки при експлуатації приладів обліку**

Перед установкою лічильників необхідно провести візуальний контроль на відсутність дефектів, які можуть виникнути при транспортуванні, такі як: сліди ударів на корпусі, тріщини на екрані мінідисплея, подряпини на корпусі, цілісність роз'ємів [16].

Особи, допущені до роботи з приладами обліку, повинні пройти інструктаж по техніці безпеки, знати правила надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом та вміти практично її надати, знати правила гасіння пожежі та вміти застосовувати засоби пожежогасіння.

При установці чи заміні лічильника допускається використання місцевого освітлення. Як джерело місцевого освітлення можуть використовуватися переносні лампи напругою не більше 36 В. Лампи мають бути захищені скляними або сітчастими ковпаками. Категорично забороняється користуватися саморобними переносними лампами.

Всі інструменти, які використовуються при технічному обслуговуванні, повинні мати ручки з ізоляційного матеріалу.

Заміна запобіжників, що перегоріли або несправних, повинна проводитися лише при відключеній напрузі. Плавкі запобіжники повинні відповідати номіналам.

Лічильник відноситься з безпеки до класу 0 1[11-17].

Заземлюючі проводи та шини, прокладені в приміщенні, мають бути доступні для огляду та захищені від механічних пошкоджень.

Збирання робочих та вимірювальних схем повинно проводитися при відключеній напрузі на проводах та кабелях, що входять в схему. Особам, що проводять виміри, забороняється залишати робоче місце з включеними приладами до кінця вимірювань.

При роботі забороняється вставляти або витягувати з корпусу лічильники при включеній напрузі живлення, підключати та відключати кабелі інтерфейсу за наявності сигналу на виході пристроїв, проводити паяння при включених джерелах живлення. Не можна навіть короткочасно розмикати коло вторинної обмотки трансформаторів струму, оскільки при цьому порушується баланс магнітних потоків в осерді трансформаторів струму і первинний струм стає струмом намагнічення. Струм намагнічення перегріває залізо трансформатора струму, наводить в його вторинній обмотці високу напругу, небезпечну для робочих. Тому, до початку роботи в колах вторинних обмоток трансформаторів струму їх замикають накоротко.

Для створення короткого замикання до затискачів приєднують металеві дроти з наконечниками. Цю роботу виконують викруткою з ізолюваною ручкою та з ізолюваним стержнем, при цьому стоять на гумовому килимку.

Вторинну обмотку трансформаторів струму і трансформаторів напруги заземляють. Заземлення вторинних обмоток є захистом при можливому пробіі вищої напруги на обмотку нижчої напруги. Тому не можна від'єднувати це заземлення, за винятком випадку, коли приєднання відключене.

Профілактичний огляд приладів обліку проводити лише після повного відключення.

Обслуговування лічильників повинен виконувати персонал, що пройшов спеціальне навчання. На енергооб'єктах обслуговування всіх пристроїв проводиться згідно "Правил технічного обслуговування пристроїв на енергооб'єктах".

Приміщення, де виконувалась дипломна робота має площу 24 м<sup>2</sup>, при висоті стелі 3м, об'єм приміщення становить 72 м<sup>3</sup>. У ньому працює 2 людини. Крім природного освітлення в приміщенні розташовані три світильника по чотири люмінесцентні лампи в кожному [20-23].

Головними елементами робочого місця є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації.

Оптимальним розміщенням предметів праці і документації в зонах досяжності рук є наступне:

- дисплей – розміщується по центру в зоні максимальної досяжності
- (до 800 мм);
- клавіатура – розміщується в зоні оптимальної для тонкої ручної роботи
- (до 300 мм).
- системний блок – розміщується ліворуч у зоні досяжності пальців при витягнутій руці (до 600 мм).
- документація – розташовується ліворуч, у зоні легкої досяжності долоні.

З огляду на основні вимоги до конструкції робочого місця, оптимальними параметрами столу є наступні:

- висота столу - 750 мм;
- довжина столу - 1300 мм;
- ширина столу - 650 мм;
- глибина столу - 450 мм.

Також важливим моментом є раціональне розміщення на робочому місці документації, канцелярського приладдя, що повинно забезпечувати працюючому зручну робочу позу, найбільш економічні маршрути і мінімальні траєкторії переміщення працюючого і предмета праці на даному робочому місці.

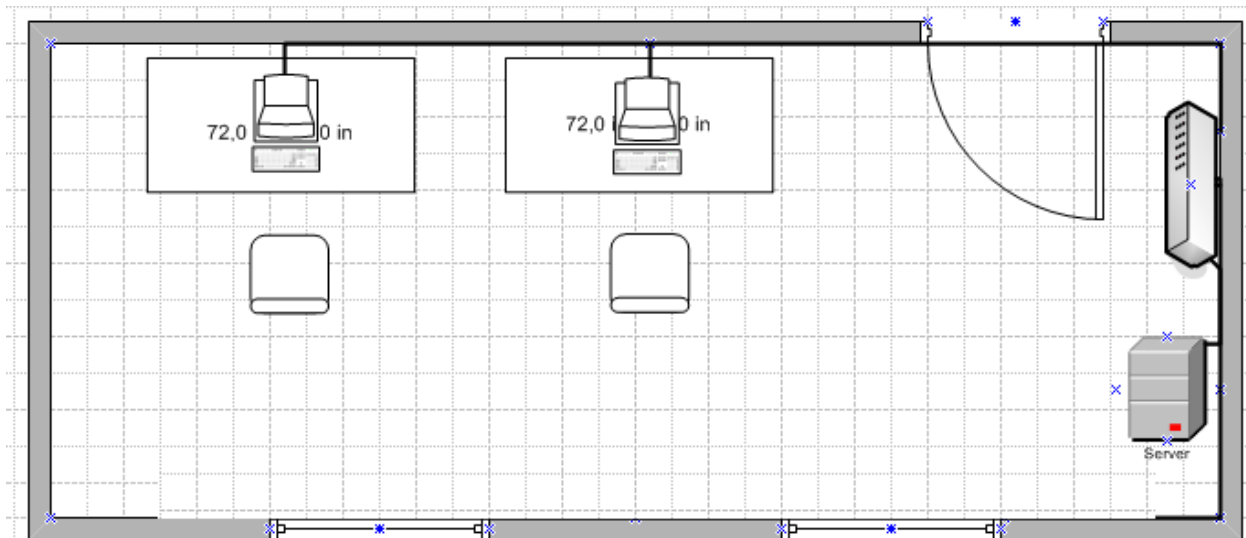


Рисунок 5.1- Схема розміщення комп'ютерів.

Під час восьмигодинного робочого дня з ЕОМ розробника програм слід давати 15 хвилин перерви через кожну годину роботи (згідно із ДСанПін 3.3.2.007-98).

Робота з ПК буде виконуватися в протязі 4-6 годин, тому необхідно організувати обідню перерву для співробітників тривалістю 30 хвилин через дві години після початку праці три перерви по 15 хвилин через кожну наступну годину (згідно до вимог ДСанПін).

Для зниження втоми очей, нервово-емоційного напруження та поліпшення мозкового кровообігу доцільно хоча б одну 15-хвилинну перерву використовувати для виконання комплексу вправ або виходити на свіже повітря[10].

Системи опалення і системи кондиціонування варто встановлювати так, щоб ні тепле, ні холодне повітря не направлялося на людей. Для забезпечення



3-кратного обміну повітря за 1 годину приміщення з ЕОМ необхідно обладнати системою вентиляції та кондиціонування.

У приміщенні присутня штучна вентиляція. До якої відносяться кондиціонери, які окрім вентилявання повітря, здійснюють його очищення.

Системи опалення являють собою комплекс елементів, необхідних для нагрівання приміщень в холодний період року. До основних елементів системи опалення належать джерела тепла, теплопроводи, нагрівальні прилади. Теплоносіями можуть бути нагріта вода, пара чи повітря [24].

Опалення є одним з найважливіших факторів нормальних умов роботи поряд з освітленням та електробезпекою. Опалення приміщення складається із системи батарей.

Метеорологічні умови: в холодний період року – 18С°, відносна вологість - 63%, швидкість руху повітря – 0,2 м/с. В теплий період року – 23С°, відносна вологість - 60%, швидкість руху повітря – 0,3м/с.

Водопровідні крани встановлені в місцях суспільного користування. Водопостачання відповідає вимогам [17].

### **5.3 Пожежна профілактика**

Серед основних причин виникнення пожежі можна виділити наступні: несправність електрообладнання, вихід з ладу вузлів автоматичного захисту від коротких замикань в електрообладнанні, невиконання умов електробезпеки при проектуванні електрооснащення або при виконанні електромонтажних робіт, неправильне вирішення систем витяжної вентиляції, порушення правил пожежної безпеки. Приміщення відноситься до категорії В по [11], тому що це приміщення, де перебувають тверді горючі та важкогорючі речовини та матеріали (дерево, папір, картон), а також має зону класу П-Па.

Приміщення відповідно до класифікації [20-23] відноситься до III ступеня вогнестійкості, тобто це горючі (спалювані) речовини та матеріали, які здатні самозайматися від джерела запалення і самостійно горіти після його віддалення. Виходячи з устанавленого ступеня вогнестійкості, можна зробити

висновок, що мінімальна протипожежна відстань між сусідніми будівлями повинна складати не менш дванадцяти метрів. В даному випадку ця відстань перевищує дванадцять метрів.

Будівля складається із десяти поверхів; ширина сходів, дверей і евакуаційних шляхів складає 1,5 м., 1 м., 1,1 м. - відповідно. Евакуація людей здійснюється через евакуаційні виходи; на кожний поверх будинку приходиться по два евакуаційних входи.

Блискавкозахист будівлі здійснюється відповідно до третьої категорії організації захисту будинків від блискавок. До третьої категорії відносяться будинки, для яких прямий удар блискавки може викликати пожежу, механічні ушкодження будівель й ураження людей. Блискавкозахист будівель цієї категорії досягається блискавковідводами будь-якої модифікації.

Для гасіння пожежі в початковій стадії у приміщенні є такі первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники ВВ-5, що спеціально призначені для гасіння горючих електроустановок, що знаходяться під струмом

У коридорному приміщенні будівлі застосовано спеціальні пожежні крани, їх слід установлювати на висоті 1,35 м над підлогою приміщення, переважно біля виходів з приміщень або на сходових клітках, що опалюються, у вестибюлях, коридорах або проходах. Вони повинні розташовуватись у спеціальних шафах та споряджатися пожежними рукавами завдовжки 10 або 20 м разом зі стволами. Пожежні крани гасять пожежу водою витратою 2,5 л/с; довжина шлангу – 10 м, а також ящик з піском, лопата. Пожежні крани відносяться до стаціонарних технічних засобів тушіння пожеж. Приміщення обладнане автоматичною системою протипожежної сигналізації.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі об'єктом дослідження є процес розподілу електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі.

Предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є система автоматичного керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі.

Мета роботи – вдосконалення процесу керування розподілом електроенергії при електричному опаленні приміщень будівлі за рахунок організації роботи обігрівачів у часі.

Об'єкт керування у кваліфікаційній роботі відноситься до класу дискретних та багатомірних об'єктів керування з нестационарними характеристиками. При цьому за умови використання дворівневої структури системи керування опаленням у квартирі, вхідними величинами для об'єкта керування є інформаційні сигнали (команди) на дозвіл підключення обігрівачів до мережі локальним системам автоматичного керування температурами у приміщеннях, а вихідними – споживані потужності обігрівачів та фактичні температури у приміщеннях.

За результатами аналізу технологічного процесу, структури об'єкта керування та вимог до його функціонування сформовані вимоги до апаратного та програмного забезпечення системи керування.

За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування розроблено структурну схему системи керування на підставі котрої з урахуванням вимог технологічного процесу обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування, вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми управління, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми управління.

На основі даних про параметри реальної трикімнатної квартири розроблена імітаційна модель об'єкта керування у застосунку Simulink математичного пакету MATLAB. Комплексна імітаційна модель трикімнатної

квартири як об'єкта керування за умови електричного опалення є адекватною, оскільки створена на основі апробованих відомих моделей та у якості вхідних параметрів використані теплофізичні параметри приміщень.

З урахуванням вимог до точності ідентифікації зон опалення та відсутністю перевищення виділеного ліміту за потужністю створений алгоритм розподілу потужності серед локальних зон опалення трикімнатної квартири, який має наступні особливості:

- коректність форм кривих розгону для точної ідентифікації зон опалення забезпечується за рахунок введення двох статусів для систем керування обігрівачами (локальних зон опалення) – головного та другорядного. Головний статус отримують ті зони опалення, які наразі потребують ідентифікації;

- відсутність перевищення сумарною потужністю, що споживають обігрівачі, заданого ліміту за потужністю забезпечується за рахунок роздільного розподілення потужності серед головних та другорядних зон опалення.

За допомогою створеної імітаційної моделі системи автоматичного керування розподілом потужності серед локальних зон опалення доведена ефективність як запропонованого алгоритму розподілу, так і програмного забезпечення системи керування, що розроблене за ним. Результати моделювання показали, що протягом усього часу моделювання при різних ситуаціях сумарна потужність, що споживається обігрівачами зон опалення, не перевищує заданий ліміт 3 кВт. При цьому точність ідентифікації параметрів динамічних моделей цих зон для усіх випадків є більшою за 90%, а фактичні температури в усіх зонах опалення не виходять за межі комфортних діапазонів.

Кваліфікаційну роботу виконано повністю відповідно до теми і завдання, та оформлено відповідно до нормативних документів і методичних рекомендацій.

Завдання, поставлені в кваліфікаційній роботі, вирішені повністю.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Маковоз О.В. Аналіз основних проблем енергетичної галузі України / О.В. Маковоз, А.С. Глазкова // Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2018. - № 63. - С. 40-46.  
<https://doi.org/10.18664/338.47:338.45.v0i63.146151>
2. Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за квітень та 4 місяці 2020 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245509476&cat\\_id=35081](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245509476&cat_id=35081)
3. Основні пріоритети реформування житлово-комунального господарства України на сучасному етапі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://old.niss.gov.ua/Monitor/juli/26.htm>.
4. Говоров П.П. Автоматизація керування режимами міських електричних мереж : монографія / П. П. Говоров, В. Ф. Харченко, В. П. Говоров ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 229 с. ISBN 978-966-695-417-9
5. Бубліков А. В. Розумні теплові поля: монографія / А.В. Бубліков, О.М. Заславський, С.М. Проценко, В.В. Ткачов ; М-во освіти і науки України, НТУ «Дніпровська політехніка». – Дніпро, НТУ, 2018. – 180 с.
6. Блок автоматики для защиты электросети в доме WoltER Protect [Електронний ресурс] : сайт інтернет-магазину «Галан». Режим доступу: <https://kiev-galan.prom.ua/p328755904-blok-avtomatiki-dlya.html>
7. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
8. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
9. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

10. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
11. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
12. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
13. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
14. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
15. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
16. 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.
17. 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.
18. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
19. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
20. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

21. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
22. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
23. Електроний ресурс: <https://studref.com/508660/tehnika/kontaktery>
24. Електроний ресурс: <https://en.ppt-online.org/231525>
25. Електроний ресурс: <http://m.ua.wbacsensor.com/voltage-sensor/ac-voltage-sensor/dc-voltage-transducer-input-0-150v-dc-output.html>
26. Електроний ресурс: [https://abb-elektro.com.ua/nizkovoltnoe-oborudovanie/3583-kontaktor-korpusnyj-1-no-9a-24-60dsabb-af09-30-10-11.html?gclid=CjwKCAjw\\_JuGBhBkEiwA1xmbRZQxWIPXAycymf\\_jMQHNMp0klxbT3otmv56NkotHtLOwoKA-ofqhxBoCaGIQAvD\\_BwE](https://abb-elektro.com.ua/nizkovoltnoe-oborudovanie/3583-kontaktor-korpusnyj-1-no-9a-24-60dsabb-af09-30-10-11.html?gclid=CjwKCAjw_JuGBhBkEiwA1xmbRZQxWIPXAycymf_jMQHNMp0klxbT3otmv56NkotHtLOwoKA-ofqhxBoCaGIQAvD_BwE)

## ДОДАТОК А – ВІДОМІСТЬ ПРОЕКТУ

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1							
2			<b>Документація</b>				
3							
4	A4	КІВС.КВР.151.18.11.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
5							
6			<b>Графічна частина</b>				
7							
8	A2	КІВС.КВР.151.18.11.Е2	Функціональна схема				
9			автоматизації	1	Е2		
10							
11	A2	КІВС.КВР.151.18.11.Е3	Схема електрична				
12			принципова	1	Е3		
13							
14	A4	КІВС.КВР.151.18.11.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
15							
16	A4	КІВС.КВР.151.18.11.Д	Презентація		Д		
17							
18		КІВС.КВР.151.18.11.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
			Підп.	Дата	<b>КІВС.КР.АВТ.18.11.ТП</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.					
Розробив		Хохуля		10.06	Літ.	Аркуш	Аркушів
П. конс.		Бубліков				3	3
Н. контроль		Славинський.		14.06	Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18ск		





## ДОДАТОК В – ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### Б.1 Програма ініціалізації вихідних даних

```
global P1_kovz
P1_kovz=[];
global Pz1
Pz1=[];
global Tz1
Tz1=[];
global ldn1
ldn1=0;
global T1_1
T1_1=[];
global T1_2
T1_2=[];
global P1_1
P1_1=[];
global P1_2
P1_2=[];
%Обозначення етапів ідентифікації
global etap1_1
etap1_1=0;
global etap1_2
etap1_2=0;
%Команда на початок ідентифікації
global allow_ident_1
allow_ident_1=0;
%Вибірка коефіцієнту підсилення
global K1_mod
K1_mod=[];
%Вибірка постійної часу
global T1_mod
T1_mod=[];
%Вибірка транспортного запізнення
global tau1_mod
tau1_mod=[];
%Вибірка показника точності ідентифікації
global Kr1_ad
Kr1_ad=[];
global vib1
vib1=0;
global vib1_2
vib1_2=0;
global vib1_3
vib1_3=0;

%Ініціалізація для 2 зони опалення
global P2_kovz
P2_kovz=[];
```

```
global Pz2
Pz2=[];
global Tz2
Tz2=[];
global ldn2
ldn2=0;
global T2_1
T2_1=[];
global T2_2
T2_2=[];
global P2_1
P2_1=[];
global P2_2
P2_2=[];
%Обозначення етапів ідентифікації
global etap2_1
etap2_1=0;
global etap2_2
etap2_2=0;
%Команда на початок ідентифікації
global allow_ident_2
allow_ident_2=0;
%Вибірка коефіцієнту підсилення
global K2_mod
K2_mod=[];
%Вибірка постійної часу
global T2_mod
T2_mod=[];
%Вибірка транспортного запізнення
global tau2_mod
tau2_mod=[];
%Вибірка показника точності ідентифікації
global Kr2_ad
Kr2_ad=[];
global vib2
vib2=0;
global vib2_2
vib2_2=0;
global vib2_3
vib2_3=0;

%Ініціалізація для 3 зони опалення
global P3_kovz
P3_kovz=[];
global Pz3
Pz3=[];
global Tz3
Tz3=[];
global ldn3
ldn3=0;
global T3_1
T3_1=[];
global T3_2
```

```
T3_2=[];
global P3_1
P3_1=[];
global P3_2
P3_2=[];
%Обозначення етапів ідентифікації
global etap3_1
etap3_1=0;
global etap3_2
etap3_2=0;
%Команда на початок ідентифікації
global allow_ident_3
allow_ident_3=0;
%Вибірка коефіцієнту підсилення
global K3_mod
K3_mod=[];
%Вибірка постійної часу
global T3_mod
T3_mod=[];
%Вибірка транспортного запізнення
global tau3_mod
tau3_mod=[];
%Вибірка показника точності ідентифікації
global Kr3_ad
Kr3_ad=[];
global vib3
vib3=0;
global vib3_2
vib3_2=0;
global vib3_3
vib3_3=0;

%Ініціалізація для 4 зони опалення
global P4_kovz
P4_kovz=[];
global Pz4
Pz4=[];
global Tz4
Tz4=[];
global ldn4
ldn4=0;
global T4_1
T4_1=[];
global T4_2
T4_2=[];
global P4_1
P4_1=[];
global P4_2
P4_2=[];
%Обозначення етапів ідентифікації
global etap4_1
etap4_1=0;
global etap4_2
```

```
etap4_2=0;
%Команда на початок ідентифікації
global allow_ident_4
allow_ident_4=0;
%Вибірка коефіцієнту підсилення
global K4_mod
K4_mod=[];
%Вибірка постійної часу
global T4_mod
T4_mod=[];
%Вибірка транспортного запізнення
global tau4_mod
tau4_mod=[];
%Вибірка показника точності ідентифікації
global Kr4_ad
Kr4_ad=[];
global vib4
vib4=0;
global vib4_2
vib4_2=0;
global vib4_3
vib4_3=0;

%Ініціалізація параметрів алгоритму розподілу потужності
%Матриця для аналізу сум потужностей при ідентифікації
global MatID
MatID=[];
%Вектор пріоритетних зон опалення при ідентифікації
global ID_Z;
ID_Z=[];
%Матриця для аналізу сум потужностей за умови розподілу ресурсу у черзі
global MatALL
MatALL=[];
%Вектор розподілу ресурсу серед зон опалення
global ALL_Z;
ALL_Z=[];
%Таймери ідентифікації зон опалення
global TimerID1
TimerID1=0;
global TimerID2
TimerID2=0;
global TimerID3
TimerID3=0;
global TimerID4
TimerID4=0;
%Потужності обігрівачів
global Po1
Po1=0;
global Po2
Po2=0;
global Po3
Po3=0;
global Po4
```

```

Po4=0;
%Таймер розподілу ресурсу
global TimerALL
TimerALL=0;
%Змінна першого запуску
global ZAP
ZAP=1;
%Залишковий ресурс
global ZAL
ZAL=0;
global PROB
PROB=0;

```

## Б.2 Програма керування розподілом потужності серед обігрівачів

```
function [sys,x0,str,ts] = Allocation_P(t,x,u,flag)
```

```
switch flag,
```

```
case 0
```

```
    [sys,x0,str,ts] = mdlInitializeSizes;
```

```
case 3
```

```
    sys = mdlOutputs(t,x,u);
```

```
case { 1, 2, 4, 9 }
```

```
    sys = [];
```

```
otherwise
```

```
    error(['Unhandled flag = ',num2str(flag)]);
```

```
end
```

```
function [sys,x0,str,ts] = mdlInitializeSizes
```

```
sizes = simsizes;
```

```
sizes.NumContStates = 0;
```

```
sizes.NumDiscStates = 0;
```

```
sizes.NumOutputs = 6;
```

```
sizes.NumInputs = 10;
```

```
sizes.DirFeedthrough = 1;
```

```
sizes.NumSampleTimes = 1;
```

```
sys = simsizes(sizes);
```

```
x0 = [];
```

```
str = [];
```

```
ts = [1 0];
```

```
function sys = mdlOutputs(t,x,u)
```

```
%Матриця для аналізу сум потужностей при ідентифікації
```

```
global MatID
```

```
%Вектор пріоритетних зон опалення при ідентифікації
```

```
global ID_Z;
```

```
%Матриця для аналізу сум потужностей за умови розподілу ресурсу у черзі
global MatALL
%Вектор розподілу ресурсу серед зон опалення
global ALL_Z;
%Таймери ідентифікації зон опалення
global TimerID1
global TimerID2
global TimerID3
global TimerID4

%Таймер розподілу ресурсу
global TimerALL

%Потужності обігрівачів
global Po1
global Po2
global Po3
global Po4

global etap1_1
global etap1_2
global etap2_1
global etap2_2
global etap3_1
global etap3_2
global etap4_1
global etap4_2

global allow_ident_1
global allow_ident_2
global allow_ident_3
global allow_ident_4

global ZAP
global ZAL
global PROB

TimerALL=TimerALL+1;
sys=[0 0 0 0 0];

%Визначення потужностей обігрівачів зон опалення
if(u(1)>0)
    Po1=u(1);
end
if(u(3)>0)
    Po2=u(3);
end
if(u(5)>0)
    Po3=u(5);
end
if(u(7)>0)
    Po4=u(7);
end
```

```

%Перевірка умови перерозподілу ідентифікації зон опалення (достатність ресурсу
для перебування
%біля комфортної температури у всіх зонах ТА закінчення попередньої ідентифікації)
etap_sum=etap1_1+etap1_2+etap2_1+etap2_2+etap3_1+etap3_2+etap4_1+etap4_2;
if((abs(u(2))<1.5 && abs(u(4))<1.5 && abs(u(6))<1.5 && abs(u(8))<1.5) && etap_sum==0)
    MatID=[];
    TimerID_sum=sum([TimerID1 TimerID2 TimerID3 TimerID4]);
    %Формування матриці для аналізу сум потужностей
i=1;
for a=0:1
    for b=0:1
        for c=0:1
            for d=0:1
                if((Po1*a)+(Po2*b)+(Po3*c)+(Po4*d)<=u(9) &&
(Po1*a)+(Po2*b)+(Po3*c)+(Po4*d)>0)
                    MatID(i,:)= [a b c d ((Po1*a)+(Po2*b)+(Po3*c)+(Po4*d))/u(9)
(((TimerID1*a)+(TimerID2*b)+(TimerID3*c)+(TimerID4*d))/(a+b+c+d))/TimerID_sum];
                    i=i+1;
                end
            end
        end
    end
end
%Визначення кількості одночасних ідентифікацій зон опалення
ID_N=max(sum(transp(MatID(1:length(MatID(:,1))),1:length(MatID(1,:))-2)));
%Формування комбінації зон опалення для одночасної ідентифікації
if(ID_N==1)
    [Timer_max, Timer_ind]=max(MatID(:,length(MatID(1,:))));
    ID_Z=MatID(Timer_ind,1:length(MatID(1,:))-2);
end
%Визначення критерію різних комбінацій одночасної ідентифікації
KR_ID=sum(transp(MatID(:,length(MatID(1,:))-1:length(MatID(1,:)))));
if(ID_N>1)
    [Timer_max, Timer_ind]=max(KR_ID);
    ID_Z=MatID(Timer_ind,1:length(MatID(1,:))-2);
end
allow_ident_1=ID_Z(1);
allow_ident_2=ID_Z(2);
allow_ident_3=ID_Z(3);
allow_ident_4=ID_Z(4);
end

%Підготовка процедури розподілу за умови відсутності жодної ідентифікації
if(length(ID_Z)>1)
    ZAL= u(9)-((u(1)*ID_Z(1))+u(3)*ID_Z(2))+u(5)*ID_Z(3))+u(7)*ID_Z(4));
    sys(5)=ZAL;
else
    ZAL=u(9);
    ID_Z=[0 0 0 0];
end

%Перевірка умови перерозподілу ресурсу у черзі (зміна залишкового ресурсу АБО
закінчення 60 с)

```



```

if((ZAL~=u(10) && ZAP==0) || TimerALL > 60)
    PROB=1;
    TimerALL=0;
    MatALL=[];
    %Визначення критерію за відхиленнями за температурою (-1 град. - 0 ; +1 град. - 1)
    for j=1:length(ID_Z)
        if(u(j*2)+1<0)
            T_otkl(j)=0;
        else
            T_otkl(j)=(u(j*2)+1)/2;
        end
    end
    %Формування матриці для аналізу сум потужностей та відхилень за
    %температурою
    i=1;
    for a=0:1-ID_Z(1)
        for b=0:1-ID_Z(2)
            for c=0:1-ID_Z(3)
                for d=0:1-ID_Z(4)
                    if((Po1*a)+(Po2*b)+(Po3*c)+(Po4*d)<=ZAL &&
(Po1*a)+(Po2*b)+(Po3*c)+(Po4*d)>0)
                        MatALL(i,:)=[a b c d ((Po1*a)+(Po2*b)+(Po3*c)+(Po4*d))/ZAL
((T_otkl(1)*a)+(T_otkl(2)*b)+(T_otkl(3)*c)+(T_otkl(4)*d))/(a+b+c+d)];
                        i=i+1;
                    end
                end
            end
        end
    end
    %Формування комбінації зон опалення для розподілу залишкового ресурсу
    %Визначення критерію різних комбінацій зон опалення для розподілу залишкового
    ресурсу
    if(length(MatALL)>0)
        KR_ID=sum(transp(MatALL(:,length(MatALL(1,:))-1:length(MatALL(1,:)))));
        [KR_max, KR_ind]=max(KR_ID);
        ALL_Z=MatALL(KR_ind,1:length(MatALL(1,:))-2);
    else
        ALL_Z=[0 0 0 0];
    end
    %Формування керуючих впливів
    if(length(ALL_Z)>1)
        sys(1)=ALL_Z(1);
        sys(2)=ALL_Z(2);
        sys(3)=ALL_Z(3);
        sys(4)=ALL_Z(4);
        %Запобігання перегріву, якщо багато ресурсу
        for j=1:length(ALL_Z)
            if(u(j*2)<-0.5)
                sys(j)=0;
            end
        end
    end
end

```

```
sys(6)=TimerALL;
```

Відгуки консультантів



## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Система автоматичного керування розподілом електроенергії у невеликому сегменті електромережі будівлі»,  
студента гр. 151-18ск-1 Хохуля Володимир Вікторович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірці знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи управління дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи управління.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру об'єкта управління, структура регулятора та побудовані їх моделі модель.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «\_\_\_\_\_», за умови відповідного захисту.
7. Хохуля Володимир Вікторович присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_.06.2021