МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра комп’ютерних та інформаційних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету)

Дипломна магістерська робота

на тему Автоматизована система керування аварійно - резервним теплопостачанням житлових будинків

Виконав: студент групи МгАк-21
спеціальності
151 - Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології
за освітньою програмою
Комп’ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва
Павло ПОГРАНИЧНИЙ
Керівник к.т.н.,доц. Юрій ЛЕБЕДЕНКО
Рецензент д.т.н., проф. Віктор ЧУПРИНКА

Київ - 2022

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра інформаційних та комп'ютерних технологій

Спеціальність 151 - автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма – комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІКТ

_____ Владислава СКІДАН

"___" _____ 2022 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пограничному Павлові Тарасовичу

1. Тема роботи «Автоматизована система керування аварійно - резервним теплопостачанням житлових будинків», науковий керівник роботи ЛЕБЕДЕНКО Юрій, к.т.н., доц, затверджені наказом вищого навчального закладу від 4 жовтня 2022 року, № 286-уч.

2. Строк подання студентом роботи - листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: характеристика індивідуальної та централізованої системи опалення, площа опалювальних приміщень - 150 квадратних метрів, зразки наявних технологічних рішень.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналітичний огляд об'єктів та предметів дослідження. Складання математичної моделі. Розробка системи автоматизації для злагодженої роботи в заданих умовах.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Лебеденко Ю.О., доцент		
Розділ 1	Лебеденко Ю.О., доцент		
Розділ 2	Лебеденко Ю.О., доцент		
Розділ 3	Лебеденко Ю.О., доцент		
Висновки	Лебеденко Ю.О., доцент		

6. Дата видачі завдання 10 вересня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи (проекту)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	25.09. 2022	З підписом керівника і студента
2	Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	01.10.2022	З підписом керівника і студента
3	Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	09.10.2022	З підписом керівника і студента
4	Розділ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ	20.10.2022	З підписом керівника і студента
6	Висновки	28.11.2022	З підписом керівника і студента
7	Оформлення магістерської роботи (чистовий варіант)	01.11.2022	З підписом керівника і студента
9	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	10.11.2022	З підписом керівника і студента
10	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	17.11.2022	З підписом керівника і студента
11	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	18.11.2022	З підписом керівника і студента

Студент _____ **Павло ПОГРАНИЧНИЙ**
(підпис) **(прізвище та ініціали)**

Керівник проекту (роботи) _____ **Юрій ЛЕБЕДЕНКО**
(підпис) **(прізвище та ініціали)**

Директор НМЦПФ _____ **Олена ГРИГОРЕВСЬКА**
(підпис) **(прізвище та ініціали)**

АНОТАЦІЯ

Пограничний П.Т. Автоматизована система керування аварійно - резервним теплопостачанням житлових будинків

Дипломна магістерська робота за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2022 рік.

Дипломна магістерська робота присвячена автоматизованій системі резервного керування запасного аварійного теплопостачання. В роботі комплексно проведено аналіз та моделювання автоматизованих моделей автоматизації резервного теплопостачання.

Об'єктом дослідження є системи автономного та централізованого опалення. Мета роботи полягає в тому, щоб спроектувати автоматизовану модель аварійно резервної системи теплопостачання. В роботі теоретично обґрунтовано можливості створеної системи яка забезпечує аварійне перемикання між різними типами опалення, причини неполадок та актуальність проблеми.

Ключові слова*: автоматизована система, аварійно резервне теплопостачання, мікроконтролер, комутатор, системи опалення, автоматизація систем опалення.*

SUMMARY

Pohranychnyi P.T. Automated system for managing the emergency heat supply of residential buildings

Diploma master's degree work in the specialty 151 Automation and computer integrated technologies. - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2022.

Diploma master's degree is devoted to the automated system of backup control of emergency heat supply. In work is analysis and simulation of automated models of backup heat supply automation were carried out.

The object of the study is autonomous and centralized heating systems. The purpose of the work is to design an automated model of an emergency backup heat supply system. The work theoretically substantiates the possibilities of the created system that provides emergency switching between different types of heating, the causes of problems and the urgency of the problem.

Keywords: automated system, emergency backup heat supply, microcontroller, switch, heating systems, automation of heating systems.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ 9

1.1 Загальні поняття про автономну систему опалення житлових будинків 9

1.2. Загальні поняття про централізовану систему опалення житлових будинків 11

1.3 Компанії виробники обладнання та їх недоліки 14

1.4 1.4. Аналітичний огляд та порівняльна характеристика існуючих систем резервного теплопостачання 15

1.5 Теоретичні альтернативи вирішення питання методом автоматизації 28

Висновки розділу 1 32

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ 34

2.1 Рішення елементарних завдань аналізу САУ подачі палива 34

2.2 Постановка завдання аналізу й синтезу САУ 38

Висновки розділу 2 45

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНО - ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ РЕЗЕРВНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ 46

3.1 Обґрунтування вибору технічних засобів 46

3.2 Енерговитрати та енергоефективність будинків та систем опалення 49

3.3 Вирішення проблеми методом простої автоматизації 57

3.4 Метод вирішення досконалою системою з допомогою програмного контролера 59

3.5 Додаткові аспекти двосистемного підходу
71
Висновки розділу 3 72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 76
ДОДАТКИ
82

ВСТУП

Актуальність дослідження зумовлена сучасними проблемами з плановими та позаплановими відключення енергоносіїв в Україні а саме світла, газу та водопостачання. В даний час більшість споживачів теплоенергії в світі користується примітивними штатними моделями автоматизації процесів, які виконують базові функції але не мають потенціалу в персоналізації процесів та її автоматизації, а отже часто не відповідають сучасним вимогам споживачів. В роботі розглядається та обґрунтовується доцільність вибору методу вирішення проблеми за допомогої автоматизації, її подальші перспективи та можливості застосування. Аргументується вибір конкретної системи, замість встановлення резервного обладнання на не пов'язаних, з основною, джерелах енергії з економічної та практичної точки зору. Основні напрямки вдосконалення наявних та створення розглядаємої далі системи пов'язані з забезпеченням стабільного та безперебійного теплопостачання до житлових будинків при перебоях з електро, газо чи водопостачанні. Додатковим практичним аспектом використання- при поломках основного обладнання та під час його ремонту резервне бере його функції на себе.

Об'єктом дослідження є системи автономного, індивідуального та централізованого типу, які здатні працювати як на різних так і на конкретному

виді палива чи електроенергії. А також системи постачання теплоенергії, її транспортування та накопичення.

Предметом дослідження є процес аварійно-резервного перемикання між різними типами опалення. Який реалізується методом автоматизації в основі з програмним контролером або іншими системами автоматизованого управління та елементами призначеними для збору даних та безпосереднього виконання поставлених задач.
Мета дослідження полягає в тому щоб запропонувати автоматизовану систему аварійного перемикання та контролю процесів.

Завдання- провести комплексне дослідження зі збору даних, вивчення наявних робіт, методів та засобів забезпечення резервного теплопостачання та вже запропонованих моделей, провести математичні розрахунки моделей для аналізу практичної ефективності, запропонувати комплекс програмних та апаратних рішень щодо досягнення поставленої мети.

Методологічною і теоретичною основою дослідження є основні положення електротехніки, гідравліки, автоматизації виробничих та побутових процесів в системах опалення, та термостатики.
Наукова новизна полягає в тому що вперше теоретично обґрунтовано модель автоматизованого аварійно-резервного перемикання між різними типами опалення що вберігає від нестабільного постачання енергоресурсів. Отримана удосконалена динамічна математична модель технологічного процесу теплопостачання при поєднанні різних мереж, тепловтрати при поєднанні різних елементів тепломережі.

Практична значимість полягає в тому що забезпечить людей безперебійною автоматизованою системою теплопостачання. В подальшому дана модель може бути використана в промислових зразках обладнання. Розроблено алгоритми налаштування параметрів терсостатів та контролерів відповідно до режимів функціонування з урахуванням технологічного регламенту їх використання. Запропоновано структуру та комплекс технічних

засобів вдосконалення системи автоматичного керування системами опалення на основі сучасних промислових контролерів та інформаційних технологій.

Апробація результатів дипломної магістерської роботи. Основні положення та результати роботи були представлені та обговорені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг» - «MSIE-2022 (КНУТД, Київ, 24 листопада 2021р.).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Загальні поняття про автономну систему опалення житлових будинків

Система автономного опалення - це сукупність джерел теплової енергії, управління та обслуговування яких належить групі людей об'єднаних за певною, переважно територіальною ознакою. Автономне опалення це котельня з усіма її складовими яка займається обслуговуванням одного будинку, житлового комплексу або цілої групи житлових будинків. Основним її призначенням є забезпечення мешканців теплом та гарячою водою. Система індивідуального опалення - це система що повністю належить власнику житлового приміщення (квартири чи котеджу) та знаходиться на його території. За допомогою індивідуального опалення власникам житлових квартир та приватних будинків котеджного типу легко регулювати температуру та контролювати свої витрати. Наша автоматизована система аварійного перемикання однаково підходить до цих двох систем. Для зручності та простоти відображення та пояснення всіх приклади будуть показані на індивідуальній системі опалення.

Системи розглядатимуться в сукупності з індивідуальними тепловими пунктами [11] . Основними компонентами індивідуального теплового пункту є:

- Теплообмінники;
- Котли;
- Насоси;
- Клапани;
- Датчики;
- Контролери;
- Блоки управління.

Додатково встановлюються вузли обліку та контролю за споживанням та витратами тепла, гарячої води. Дані з них можна використовувати для злагодження та оптимізації налаштувань для подальшої роботи системи індивідуального теплового пункту. Сучасні теплові пункти автономних мереж опалення проектуються з урахуванням автоматичного регулювання температури теплоносія відносно температури навколишнього повітря. Даний результат досягається за допомогою цілої системи обладнання. А саме:

- Циркуляційних насосів;
- Клапанів з електричними приводами;
- Датчиків температури.

Отже, автономна система опалення використовується в групах будинків або будинках індивідуально з метою економії та ефективного використання енергоресурсів [12] .

Основними перевагами автономного опалення є:

- Висока якість отриманих послуг;
- Раціональне обгрунтування витрат.

Основними недостатками є:

- Висока ціна встановлення обладнання.

Основними перевагами індивідуальної системи опалення є:

- Повний контроль за всіма процесами споживачем;
- Можливість індивідуального контролю витрат;
- Безліч варіантів автоматизації.

Основними недостатками індивідуального типу опалення є:
- Висока вартість обладнання.

В роботі розглядається система індивідуального опалення з котла Bosch WBN 6000-24C RN, триходових клапанів з гідро електроприводом Afriso AZV 643 та двотрубною системою подачі води до радіаторів.

Отже індивідуальне опалення це розумне рішення як для квартир, так і житлових будинків. Середня окупність обладнання, при переході з централізованої системи опалення на індивідуальну, в Україні, складає близько п'яти років що дає значну економію та незалежність від теплопостачальної компанії. В подальшому, в наші роботі ми будемо розглядати індивідуальний варіант системи опалення встановлений в індивідуальному житловому будинку площею 150 м2.

1.2. Загальні поняття про централізовану систему опалення житлових будинків

Централізована система опалення - це сукупність котелень і теплових станцій у поєднанні з магістральними та локальними тепловими енергомережами, яка займається обслуговуванням цілих районів і міст. Схема функціонування сучасних систем зображена на рис. 1.3. Централізована система опалення в нашій країні з'явилися відносно недавно (близько 60 років назад). Вона принесла з собою як вирішення проблеми з опаленням багатоквартирних будинків так і свої недоліки.

Основними перевагами централізованої системи опалення є:
- Можливість забезпечення теплом величезних територій;
- Безтурботність мешканців при опалювальному сезоні.

Основними недоліками централізованої системи опалення є:
-нерівномірність розподілу тепла (під час опалювального сезону на перших поверхах - температура занадто висока, а до останніх - тепло не доходить).
- Відсутність можливості контролювати свої витрати;
- Опалювальний сезон починається та закінчується за рішенням органів влади;
- Низька якість послуг що надаються компанією.

Переважна більшість систем централізованого опалення працює за старою схемою в основі з елеватором. Загалом, вони зарекомендували себе як надійне, але не раціональне рішення. Через відсутність контролю та можливості регулювання температури, втрата енергії може сягати до 60%.

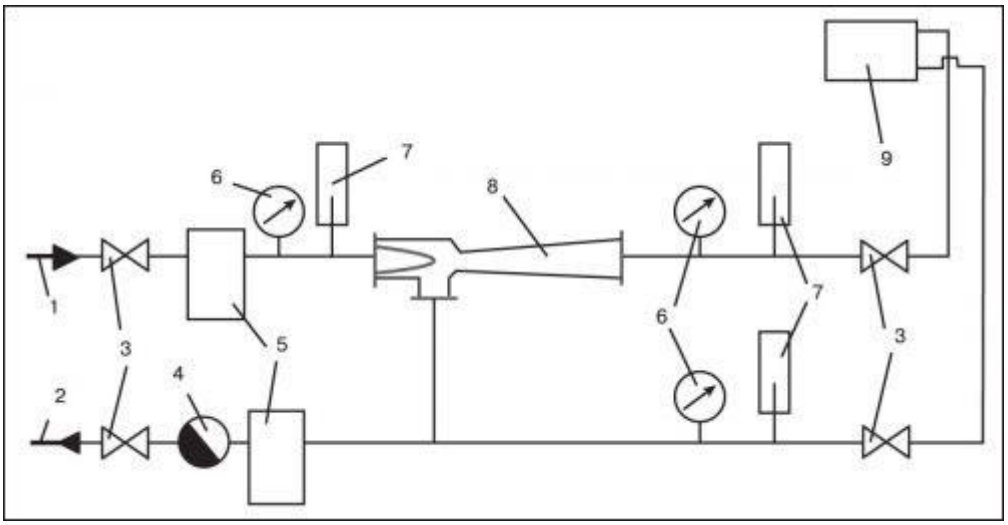


рис. 1.1 найпростіша схема з використання елеваторного вузла

На рис. 1.1 зображена найпростіша схема елеваторного вузла, яка включає в себе: трубопровід подачі, зворотній трубопровід, заслонки, водомір, фільтри, манометри, елеватор, прилад системи опалення.

Як вже писалося в розділі 1.1 це абсолютно застаріла схема яка досить надійна, пройшла перевірку часом але не відповідає сучасним вимогам споживачів. Елеватор, це струменевий насос що використовується в централізованих системах опалення. Схема роботи теплового пункту з елеваторним насосом зображена на рис.1.2. Він дозволяє оптимізовувати

процес споживання енергії виробленої котельнею та забезпечує безпечне функціонування мережі не допускаючи її температури вище 95 градусів за Цельсієм.

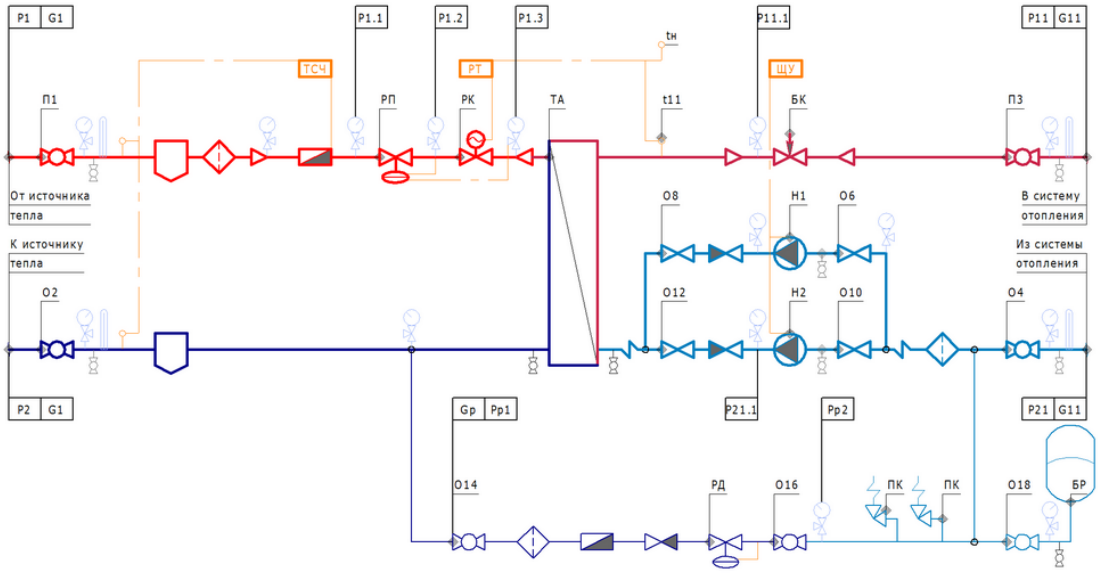


рис. 1.2 схема роботи сучасної централізованої системи опалення

Тепло від котельні, передається споживачам за допомогою нагрітого теплоносія, що рухається по трубопроводу від котла до теплових пунктів житлових будинків. Як правило, через великі відстані магістралей між котельнями та житловими будинками багато енергії втрачається при транспортуванні. При одному і тому ж обсязі теплоносія, кількість тепла, яке надходить в будинки, прямо пропорційно температурі його нагрівання: чим вона вища, тим більше тепла передано споживачам. При мінусовій температурі повітря теплоносій може бути нагрітий до 130 - 150 градусів Цельсія.

Для запобігання процесу пароутворення теплоносій в системі опалення знаходиться під тиском [10] . Та використовуються розширювальні баки які приймають в себе частину води під час її нагрівання. Зі збільшенням числа споживачів, збільшується і обсяг теплоносія необхідного для нагрівання та перекачування. Тому встановлюються додаткові датчики тиску та насоси що

підтримують сталі показники системи. Отже, централізовані системи опалення з елеваторними вузлами добре себе зарекомендували з точки зору масовості та простоти, проте вже не відповідає сучасним запитам споживачів. Сучасні системи з тепловими пунктами нового зразка, добре виконують свої функції, проте дорогі в обслуговуванні, а отже мають і високу ціну на послуги.

1.3. Компанії виробники обладнання та їх недоліки

В теплових пунктах має бути встановлене обладнання згідно діючих норм, для контролю, управління та автоматизації процесів опалення. За допомогою якого відбувається контроль за:

- Навантаженням системи опалення;
- Контроль за витратами;
- Управління витратами;
- Підтримання постійного тиску в системах опалення;
- Контроль недопускання перегріву системи;
- Регулюванням раціонального використання енергоресурсів;
- Можливість інтегрування роботи ІТП в єдину систему регулювання і Моніторингу (SCADA);
- Контроль за резервними системами, для їх належного функціонування під час поломки основних компонентів.

Сучасні індивідуальні теплові пункти часто керуються дистанційно, за допомогою диспетчерів, які в свою чергу об'єднуються в диспетчерські пункти і беруть на себе віддалене управління цілими мережами теплопостачання. За рахунок цього автоматизація присутня практично на всіх рівнях сучасних систем управління. Постачальниками сучасного обладнання переважно виступають іноземні провідні компанії, такі як: Honeywell та Grundfos. Часто використовується продукція компанії Bosch (Німеччина). При виборі трьохходових клапанів ми зупинили свій вибір та звернули увагу на клапани від компанії Afriso а саме модель AZV 643 G 1 DN20 kvs. Теплообмінники –

однозначно Alfa Laval (Швеція) які зарекомендували своєю надійністю. В будь якому випадку вибір обладнання здійснюється при початковому проектуванні з урахуванням усіх можливих відхилень та сумісності обладнання. Є проблема що у вітчизняних умовах температура в прямому трубопроводі централізованої мережі часто не відповідає стандартизованій, яку вказує теплопостачальна організація в технічних умовах, виданих для проектування. Різниця в офіційних і фактичних даних може бути досить суттєвою і досягати перепадів до 50 градусів за Цельсієм. Тому слід враховувати цей фактор при виборі обладнання, його вартість та ефективність роботи в даних умовах. З цієї причини рекомендується при реконструкції та монтажу нових теплових пунктів на етапі проектування проводити виміри реальних параметрів теплопостачання на об'єкті. Та в подальшому враховувати саме реальні дані при виборі обладнання. При цьому, через можливі похибки параметрів, обладнання варто проектувати з запасом в 5–20%.

Основні неполадки в теплових пунктах стаються через:

1. Невідповідність між реальними запитами на навантаження та теоретичними з розрахунком яких проетувались системи.
2. Вихід з ладу датчиків, контролерів, та іншого обладнання або їх несвоєчасна заміна та обслуговування.

3. Помилки при проектуванні та встановленні обладнання.

4. Перебої з постачанням ключових теплоносіїв необхідних для злагодженої роботи обладнання, що часто призводить до його перегорання.

1.4. Аналітичний огляд та порівняльна характеристика існуючих систем резервного теплопостачання

Котлові системні установки є складними комплексами машин і механізмів, що працюють у єдиному технологічному процесі. Основним енергоємним агрегатом, від якого залежить економічна робота теплової станції, залишається котел. Тому особливе значення надається системі

регулювання теплового процесу котлового агрегату індивідуальної системи опалення. Принцип роботи більшості систем фактично однаковий: паливо, що спалюється, виділяє певну кількість тепла, що приймається активними поверхнями нагрівання, та передається далі по системі циркуляції теплоносія. Зазвичай це екранні водонагрівальні трубки, які утворюють замкнутий контур циркуляції води. В самотічних системах тепло, передане екранним трубам гарячими газами, змушує воду в трубах кипіти, та утворити пароводяну суміш. Щільність такої суміші менше щільності води, тому нагріта пароводяна емульсія піднімається нагору по трубах і попадає в резервуар котла, де пара відокремлюється від води й займає верхній об’єм ємності. По опускним не нагрітим трубам, які знаходяться внизу котла та з'єднані з нагріваючими трубами. Далі на місце збіглої в резервуар котла емульсії надходить вода й знову утворюється емульсія, що піднімається нагору. Таким чином, у котлі утворюється постійна циркуляція води.

Розглянемо види систем що існують на ринку, принципи їх роботи та автоматизації. Почнемо з головної складової - котлів. Як вже згадувалось раніше вони можуть працювати на рідкому, твердому паливі, газу та електроенергії. Твердопаливні котли поділяються на:

- Котли що здатні працювати на будь-якому паливі. Це універсальні моделі але за рахунок цього в них відносно не високий коефіцієнт корисної дії;
- Котли що працюють на конкретному виді палива чи електроенергії;
- Піролізні котли.

В піролізних котлах спалюється не тільке паливо, але і газ який виділяється в процесі горіння, таким чином з урахуванням утепленого корпусу та інших конструкційних особливостей вони володіють найвищим коефіцієнтом віддачі тепла, або коефіцієнтом корисної дії який сягає 95%. Вторинне використання тепла димових газів підвищує коефіцієнт корисної дії, тому що тепло використовується для підвищення енергетичних показників пари, а підігріта живильна вода, надходячи в барабан, не охолоджує воду, що

перебуває там. Нагріта вода після водяного економайзера надходить через живильний клапан РК у барабан, заповнюючи втрати води з парою.

Паливо в топці (у цьому випадку горючий газ) надходить через відсічний клапан ВК і регулювальний орган РОП. Нормальний режим горіння палива забезпечується подачею в топлення повітря від вентилятора. Для того, щоб підтримувати економічний і стійкий режим котлового агрегату, треба, насамперед, вибрати параметр, що ліг би в основу регулювання подачі палива в топку. В індивідуальних котлових агрегатах, таким параметром є тиск пари в барабані котла. Дійсно, якщо в топці згоряє стільки палива, скільки потрібно для утворення пари, що покриває його витрату, то тиск у барабані котла буде незмінним. Інакше кажучи, підведення тепла до котлового агрегату від палива, що згоряє, з урахуванням коефіцієнта корисної дії, повинне відповідати відходу тепла, що відбирається парою.

Якщо кількість пари, що надходить у топку, перевищує витрату тепла з парою, що виходить, до паротворення в котлі буде протікати більш інтенсивно й тиск у барабані збільшиться. Якщо кількість тепла, що відбирається парою, перевищує тепло, що подається з паливом, тиск у барабані котла буде падати. Кількість тепла, що подається в топлення, може змінюватися через зміну якості палива. Але якщо вважати, що склад подавання палива не міняється, та відповідає заявленим характеристикам для газового й рідкого палива, то зміну подачі палива в топлення може бути викликано тільки однією причиною - зміною кількості пари, що відбирається.

Процес регулювання подачі палива називається регулюванням навантаження котла, а регулятор, ведучий цей процес, називається регулятором навантаження. Регулятор РН одержує імпульс тиску в барабані котла й передає команду на виконавчий механізм ВМ, що переміщає регулювальний орган палива РОТ. Регулятор не просто передає команду на регулювальний орган, він її обробляє відповідно до законів регулювання. Справа в тому, що процес утворення пари в котлі не відразу змінює кількість виробленої пари. Причиною цього є те, що сам процес утворення пари

відбувається поступово, крім того, частина тепла витрачається на нагрівання топкових мас котла. Змоделюємо перехідний процес після зміни відбору: у результаті збільшення відбору пари тиск у барабані падає. Для того, щоб віддати команду на відновлення тиску, терморегулятор повинен врахувати, на яку величину впав тиск, а найчастіше, і з якою швидкістю він падає, та передати інформацію на програмний контролер, або мікроконтролер. Коли подача палива в топці збільшиться, частина збільшеної подачі тепла піде на нагрівання топкової кладки, деталей топкового пристрою, металу екранних трубок. Отже, для того, щоб прискорити відновлення тиску в барабані котла, терморегулятор повинен подати команду, що враховує цю підвищену витрату тепла. Терморегулятором, термостатом та в кінцевому результаті програмним контролером мають бути враховані ці нюанси та прописані конкретні алгоритми під них, для унеможливлення помилкових аварійно резервних перемикань між різними системами опалення.

Однак у силу вищесказаних причин, а також помилок регулятора, інерційності виконавчого механізму й керуючого органа, з процесом не завжди добре справляється штатне обладнання терморегулювання. Найчастіше регулювальний орган до моменту відновлення тиску займає положення, що відповідає підвищеній, порівняно з необхідною, подачі палива. Тому тиск у котлі буде рости й процес регулювання буде обернено пропорційно залежить від цих вхідних параметрів. Можливі коливання всієї системи, перш ніж процес врегулюється. Такі нестабільності є дуже небажаними для котлового агрегату, тому що, крім того, що такий режим є неекономічним, він приведе до теплових перевантажень і деформацій всіх частин котла. Правильний вибір регулятора і його точне настроювання помітно зменшують перехідний процес і поліпшують режим роботи котла.

Для забезпечення процесу горіння палива в топці повинна бути подана певна кількість повітря, яка необхідна для повного згоряння палива. Надлишок подаваного повітря викликає підвищене відведення тепла з топковими газами й приведе до переохолодження топкового середовища, а недостатня подача

повітря - до неповного згоряння палива. Тому відповідній витраті палива подача повітря є другим завданням, що повинен забезпечувати режим автоматичного регулювання.

У топку подається невеликий надлишок повітря в порівнянні з тим, що потрібний для повного спалювання палива. Цей надлишок визначається коефіцієнтом надлишку повітря, що встановлюється при теплових випробуваннях котлоагрегату. Завдання автоматичного регулювання полягає в забезпеченні подачі повітря в строгій відповідності із цим коефіцієнтом. Якщо характеристика системи «паливо - регулювальний орган» лінійна, тобто переміщення регулювального органу прямо пропорційно кількості палива, що подається в топку, то сигнал про кількість поданого палива можна зняти з датчика дистанційної передачі виконавчого механізму регулювального органа палива. Цей сигнал сприймається регулятором надлишку повітря РНП, що віддає команду виконавчому механізму ВМ, який служить приводом напрямного апарата вентилятору. Топкові гази повинні бути повністю вилучені. Повного видалення продуктів згоряння можна досягти забезпеченням високої продуктивності димососу. Для того щоб топкові гази не вибивалися з топлення назовні, необхідно підтримувати розрядження в топленні котла. Разом з тим, збільшення цього розрядження призводить до підвищеного підсмоктування повітря через нещільності в стінках котлоагрегату. У котел попадає не підігріте повітря. Підвищуються витрати з газами, що відходять, тому що зростає швидкість димових газів, нераціонально збільшується витрата електроенергії на привод димонасоса. Все це веде до зменшення коефіцієнта корисної дії котла.

Імпульс розрядження знімається у верхній частині топкової камери у зв'язку з тим, що в нижніх частинах топлення можуть бути різного роду підсмоктування. Тому, підтримуючи розрядження у верхній частині топки, можна впевнитись , що в інших частинах топлення розрядження може бути тільки більше, але не менше. Імпульс розрядження передається на регулятор РТ, що через виконавчий механізм повертає напрямний апарат димососа.

Регулювання рівня в барабані котла здійснюється регулятором РР. Команда рівня передається на регулювальний клапан РК. При зниженні рівня клапан відкривається. При збільшенні рівня - прикривається, такою представляється спрощена картина регулювання рівня. Насправді на рівень у барабані котла впливає цілий ряд факторів. До цих факторів ставиться теплове навантаження топки, тиск пари в барабані котла, витрата пари з барабана котла й подача живильної води в барабан.

У сталому стані теплового режиму кількість тепла, сприймана екранними трубами, у часі постійна, однакова й кількість пари, що утворилася, у котлі та вона відповідає кількості пари, що відбирає споживачем. При цьому кількість пухирців пари в екранних трубах постійно змінюється, так само й обсяг пароводяної емульсії.

Будь - яке порушення сталого стану теплового режиму призводить до зміни співвідношення між середнім змістом пари й води в екранних трубах. При збільшенні теплового навантаження у топці кількості тепла, передана поверхнями нагрівання, збільшується, отже, збільшується інтенсивність пароутворення. Збільшення кількості пухирців пари в пароводяній емульсії приводить до збільшення об’єму, що позначається на рівні в барабані котла - рівень збільшується. Збільшення тиску в барабані котлоагрегату призведе до зменшення вмісту пари в пароводяній емульсії, тому що при підвищеному тиску частина пухирців пари сконденсується й перетворюється у воду. Тому при підвищенні тиску рівень буде знижуватися.

Розглянемо процес зміни рівня пари при пришвидшенні теплового процесу у випадку навантаження на котел. В такому випадку збільшення споживання пари споживачам при незмінній подачі палива призведе до зменшення тиску в барабані котла, що викличе збільшення обсягу пароводяної емульсії, так зване «набрякання». У результаті ефекту «набрякання» рівень у барабані котла досить значно зросте. Величина зміни рівня залежить від тепло напруженості поверхонь нагрівання й кількості води, що утримується в котлі. У котлах з більшим водяним об’ємом, що не мають екранних поверхонь, зміна

рівня пари при зміні навантаження майже не відчувається. У котлах з одним барабаном і сильно розвиненим топковим екраном «набрякання» рівня може досягти величини порядку сотень міліметрів.

Збільшення рівня в барабані котла сприймається регулятором як сигнал до зниження подачі живильної води. Зменшення кількості живильної води, що подається в барабан котла, призведе до збільшення температури води, а, отже, до ще більшого «набрякання». Однак зі збільшенням навантаження котла кількість води, що йде у вигляді пари, збільшується, що зрештою приведе до стійкого зниження рівня в барабані. Таким чином, збільшення навантаження спочатку приведе до різкого збільшення в результаті «набрякання», а потім до зниження його в результаті підвищеної витрати води. Для того, щоб регулятор реагував на причини, що викликають зміни рівня, він повинен сприймати сигнали не тільки рівня в барабані котла, але й витрати пари, а часто й витрати живильної води, що подається в котел. Причому сигнал витрати пари подають у регулятор зі знаком, зворотним сигналу рівня. У результаті явища «набрякання» рівень у барабані котла змінюється настільки швидко, що регулятор не може вплинути на величину цього відхилення. Навіть повне закриття клапана живильної води в момент збільшення навантаження майже не зменшує відхилення рівня в процесі «набрякання». Але якщо дозволити регулятору повністю закрити живильний клапан, то виникає небезпека випуску рівня в наступний період, коли рівень почне стійко змінюватися за рахунок невідповідності подачі води в барабан і витрати пари.

Тому, при вводі в регулятор сигналу по витраті пари процес регулювання буде виглядати таким чином: у перший період після збільшення навантаження регулятор, прийнявши сигнал збільшеної витрати пари, видасть команду на живильний клапан і він починає відкриватися; у наступний період почнеться «набрякання», цей сигнал змусить регулятор припинити команду на відкриття живильного клапана. Якщо після цього рівень у барабані не встановлюється, а буде змінюватися, то цей сигнал зміни рівня, не

скомпенсований сигналом витрати, знову призведе до переміщення живильного клапана до відновлення рівня.

Якщо живильний насос подає воду на паралельно працюючі котли, то при відключенні одного з них тиск, створюваний живильним насосом, збільшиться (згодом зменшення навантаження котла). Збільшення тиску призведе до підвищеної кількості води, що подається в котли, що залишилися в роботі, внаслідок чого рівень у них підвищиться. Для попередження подібного явища в регулятор заводять ще один сигнал - по витраті живильної води. Автоматичний процес регулювання теплового режиму котлового агрегату, що працює на турбіну, ускладнюється ще тим, що турбіна й котел як об'єкт регулювання мають різні швидкості розгону, тобто швидкості відновлення номіналу параметра. Турбіна може змінювати споживання пари зі швидкістю, порівнянної із часом закриття регулювальних клапанів. Зміна виробітку пари котлом відбувається значно повільніше. Тому при різкому скиданні або наборі навантаження тиск пари в паропроводі перед турбіною може значно мінятися.

Для захисту від різкого підвищення тиску в паропроводі служить редукційно-охолоджувальна установка, що швидко включається. При скиданні навантаження, коли тиск пари швидко росте й регулятор навантаження не встигає привести агрегат у нормальний режим, тиск може здійнятися вище певної межі, тоді регулятор тиску РТ відкриває клапан БРОУ й скидає надлишок пари в конденсат турбіни. Звичайний тиск, на який настроєний регулятор РД, трохи вище настроювання регулятора навантаження, і доти, поки регулятор навантаження РН не приведе тиск у барабані в норму, регулятор РД за допомогою БРОУ буде підтримувати тиск трохи вище нормального. На такті газового палива обов'язково встановлюється відсічний клапан ВК. Його завданням є забезпечити відсічення газу у випадку погасання факелу в топці котла, інакше газ може виходити в приміщення котельні. Як датчик загасання полум'я використовується фотоелемент або термопара. Струм, проходячи по обмотках

соленоїда клапана ВК, тримає його у відкритому стані. При загасанні полум'я вихідний сигнал термопари зменшується, і клапан ВК закривається. При роспалі котла клапан ВК відкривається вручну. У цьому випадку не можна вести регулювання тільки індивідуальними регуляторами РН, тому що при падінні тиску в магістралі він впаде й на барабані кожного котла. Регулятор навантаження кожного агрегату буде прагнути відновити тиск. Але тому, що агрегати мають різну інерційність, то ті з них, які менш інерційні (у яких швидкість розгону більше), швидше наберуть необхідну потужність і швидше відновить тиск. Але відновлення тиску на барабані - це те ж, що відновлення тиску на магістральному паропроводі. Тому регулятори котлів з більшої інерційністю перестануть набирати навантаження. Таким чином, котли виявляться завантаженими нерівномірно.

Тому на електростанціях із загальними паропроводами (поперечними зв'язками між котлами й турбінами) застосовуються схеми каскадного регулювання тиску пари з головним коригувальним регулятором. Імпульс тиску відбирається в характерній точці загального паропроводу й посилає на коригувальний регулятор КР. Коригувальний регулятор у свою чергу міняє завдання основним регулятором. Сигнал до основного регулятора котла в цьому випадку приходить від якогось іншого параметра, наприклад від витрати пари котлом. Регулятор РН подає команду на витрату палива в залежності від кількості пари, що відбирається з котла, але при коливаннях тиску в магістралі головний регулятор КР змінює завдання основному регулятору: у більш інерційних котлів рівень збільшується, а в менш інерційних - зменшується.

Однак, недостатком піролізних котлів є те що для належного функціонування додатково потрібна електроенергія для роботи систем автоматики контролю та безпеки. Найбільш раціонально в умовах перебоїв постачання електричного струму є встановлення котлів на твердому паливі, а саме - брикетах. Брикети це паливо одержане в результаті пресування відходів деревообробної промисловості з можливим додаванням хімічних сполук для

покращення властивостей горіння та тепловіддачі. Основною їх перевагою є можливість працювати довгий період часу без втручання людини та високий коефіцієнт корисної дії що сягає до 90%. Додатковим способом збільшення коефіцієнта корисної дії є використання теплових акумуляторів, які накопичують тепло і певний час при циркуляції носія по системі віддають свою енергію. Загалом сучасні котли такого типу можуть працювати та віддавати тепло кілька діб після вимкнення, чого не завжди вистачає в сучасних обставинах, звичайно при відключенні самої системи централізованого опалення наш проект не актуальний але ситуація складається таким чином, що потрібно мати максимально багато запасних варіантів.

До переваг котлів що працюють на твердому паливі, окрім піролізних, можна віднести: невисоку вартість, автономність, великий термін експлуатації та незалежність від подачі електроенергії. Варто пам'ятати при виборі таких систем про значну трудомісткість в обслуговуванні та контролю за обладнанням. Окремо розглянемо рідкопаливні котли, які працюють переважно на дизельному паливі. Вони складаються з самої топки - ємності в якій відбувається згоряння дизельного палива перемішаного з повітрям, горілки - це часто вентиляторна або надувна система в якій відбувається механічне змішування дизельного топлива з повітрям та подальша подача його в топку для згорання. Та важливим компонентом- автоматикою, яка відповідальна за контроль безпеки під час роботи котла, та підтримання сталих температур при досягненні яких котел вимикається. Рідкопаливні котли частіше використовуються для опалення великих приміщень промислового характеру оскільки в них великий запас потужності. За необхідності вони можуть бути переналаштовані для роботи з природним газом.

Основною перевагою рідкопаливних котлів є раціональне використання палива, та відносно дешеве саме паливо, в порівнянні з електронними аналогами, високий ступінь автоматизації. Основними недоліками - це висока вартість самого обладнання яке включає в себе проектування додаткових

систем для циркуляції газів та повітря і займає великі площі, але часто це нівелюється вартістю палива, що несе за собою швидку окупність обладнання. Додатково потрібен контроль за стандартизованими умовами зберігання палива, не допускаючи температури зберігання нижче +5°С. Недотримання цієї умови може призвести до підвищення в’язкості палива, що, в свою чергу, може викликати забивання фільтрів і аварійну зупинку дизельного котла опалення. Найпоширенішими в україні на даний момент є котли що працюють на природному або зрідженому газі. Вони є найбільш ефективними та зручними у використанні, мають високий ступінь автоматизації та працюють на відносно недорогому виді палива.Газові котли мають найкоротший термін окупності. Проте і мають свої особливості, в першу чергу при монтажі. При встановленні системи даного типу підлягають обов'язковій сертифікації та реєстрації що звязано з заходами безпеки. Тому початкове встановлення виходить дорожчим ніж, для прикладу, електричних.

На даний момент існує безліч компаній що допомагають з монтажем та реєстрацією обладнання, підходячи до цього комплексно.

Найкращим тиском в системі для роботи газових котлів з досягненням найвищого коефіцієнта корисної дії в 3-4 мБАР. Для контролю додатково встановлюються газові редуктори. Котел може працювати на мережевому та зрідженому газі з балонів, проте варто пам'ятати що при переході між цими джерелами природного газу обов'язково потрібно міняти стандартні форсунки на спеціальні оскільки вони мають різний внутрішній діаметр, часто вони продаються разом з котлами, проте за необхідності можна докупити окремо. Газові котли на біо газі володіють якісною характеристикою що виділяє їх серед аналогів, яка полягає в постійному тиску на вході пальника і низькому вмісті сірчистих сполучень в порівнянні з котлами на природному газі. Такі переваги значно збільшують терміни експлуатації котлів. Біогаз є альтернативним, досить новим видом палива, яке виходить в результаті переробки органічних відходів. Зараз вони займають малу долю ринку, але з урахуванням подальших можливих екологічних обмежень мають шанс

зайняти велику частину ринку. Вже зараз багато малих фермерських господарств переходять на біогаз, що дозволяє їм значно скоротити свої витрати на опалення, а отже і на загальну собівартість продукції, відмовляючись від магістрального газу. Звичайно для приватних будинків чи квартир це не раціональне рішення через недоступність біогазу.

Електричне опалення. Основними перевагами даного типу опалювальних систем є максимальний рівень комфортності, безшумності, можливостей регулювання потужностей, та довговічність за рахунок низького рівня корозії. Електричні системи часто встановлюють коли немає можливості встановлювати системи інших типів, коли невелика опалювальна площа або як резервні що в свою чергу по показниках рентабельності нище нашої спроектованої системи. Основним недоліком є висока вартість обладнання та залежність роботи від поставок електроенергії. Вони вимагають проведення до будинків ліній електропередачі високих потужностей, а це не завжди доцільно з економічної точки зору та несе за собою великі додаткові витрати в разі встановлення високопотужних резервних систем генерації. В умовах звичайного використання часто поєднують з багатотарифними лічильниками. Таким чином нагрів теплоносія та робота системи в цілому відбувається в нічний час по нижчому нічному тарифу, і працює до того часу поки теплові акумулятори не вичерпують свою енергію.

Що стосується систем доставки теплоносія в радіатори та інші нагріваючі системи, їх є багато видів які часто працюють за різними принципами, я хочу виділити три основні:

- Двотрубна система подачі теплоносія;
- Однотрубна система подачі теплоносія;
- Змішана система подачі теплоносія.

В однотрубній системі подачі теплоносія до нагрівальних елементів відбувається по одній трубі, коли всі прилади приєднуються послідовно в систему. Таким чином теплоносію необхідно послідовно пройти по всій системі і повернутися в котел. Основною перевагою однотрубної системи є

необхідність меншої довжини труб для проходження конкретних відстаней. Тому її часто використовують в багатоквартирних будинках з метою економії. загалом вона буває вертикальна (переважно встановлюється в багатоквартирних будинках), та горизонтальна (застосовується в приватних будинках). Однотрубна система вимагає серйозних інженерних розрахунків, та рідко дозволяє зміни після монтажу, оскільки всі елементи даної системи прямо пов'язані між собою, в таких умовах зміна параметрів одного з елементів системи прямо пропорційно впливає на параметри всієї системи. Відповідно в однотрубних системах відсутня можливість регулювання параметрів температури радіаторів.

Двотрубна система подачі теплоносія, порівняно з однотрубною системою більш металоємна, тобто потребує вдвічі більше довжини труб для проходження того самого шляху теплоносія, порівняно з однотрубною, що робить дорожчим її встановлення [50] . Основною перевагою даної системи є менший гідравлічний опір та можливість індивідуального регулювання температури на радіаторах, що дозволяє виставляти різні температурні параметри в різних приміщеннях та відкриває додаткові можливості для автоматизації. Тому дана система більш популярна в індивідуальних будинках, забезпечуючи мешканців високим рівнем комфорту. Економічність даної системи прямо залежить від злагодженої роботи всіх її компонентів та запитів споживачів.

Щодо Додаткового обладнання, радіаторів і автоматики управління, газових системах опалення часто додатково встановлюють автоматичні газоаналізатори [51] . Вони допомагають своєчасно виявити витік газу, вимикають систему та перекривають електроклапани на газопроводі. Враховуючи що для ремонту газових систем допускаються виключно спеціалісти це ще одна перевага для встановлення нашої аварійно резервної системи перемикання. Потрібно приділяти увагу вибору та монтажу якісного циркуляційного насосу, або встановлення резервного, якщо він передбачений в самому котлі, оскільки штатна автоматика не завжди справляється з

контролем температур та може призвести до перегрівання системи та її поломки. Через використання неякісних насосів, можуть виникнути ситуації з витіканням теплоносія з системи та їх поломку, оскільки часто вони не розраховані для роботи без теплоносія. Не варто забувати і про детальний вибір радіаторів, коли увагу потрібно звертати не тільки на дизайн а й на їх потужність, від яких прямо залежить швидкість прогріву та тепловіддача радіаторів.

1.5 Теоретичні альтернативи вирішення питання методом автоматизації

Індивідуальна система опалення це сучасне рішення проблеми опалення житлових індивідуальних або багатоквартирних будинків. Але на жаль і вона з певних причин може виходити з ладу. Для початку на етапі проектування та будівництва потрібно приєднатися до централізованої системи опалення. Встановивши гідравлічні крани або сервоприводи з прив'язкою до Scada трекінгу. У випадку поломки на них буде надісланий сигнал, відповідно вони відкриваються а аналогічні елементи від автономної системи закриваються. Реалізуємо це за допомогою апаратного контролера Saturn CAT - 500, схема підключення якого зображений на рис. 1.3., або блоку комутації Auraton 4d pro. Який буде відповідати за контроль та злагоджену роботу нашої системи з перемикання різних типів опалення.

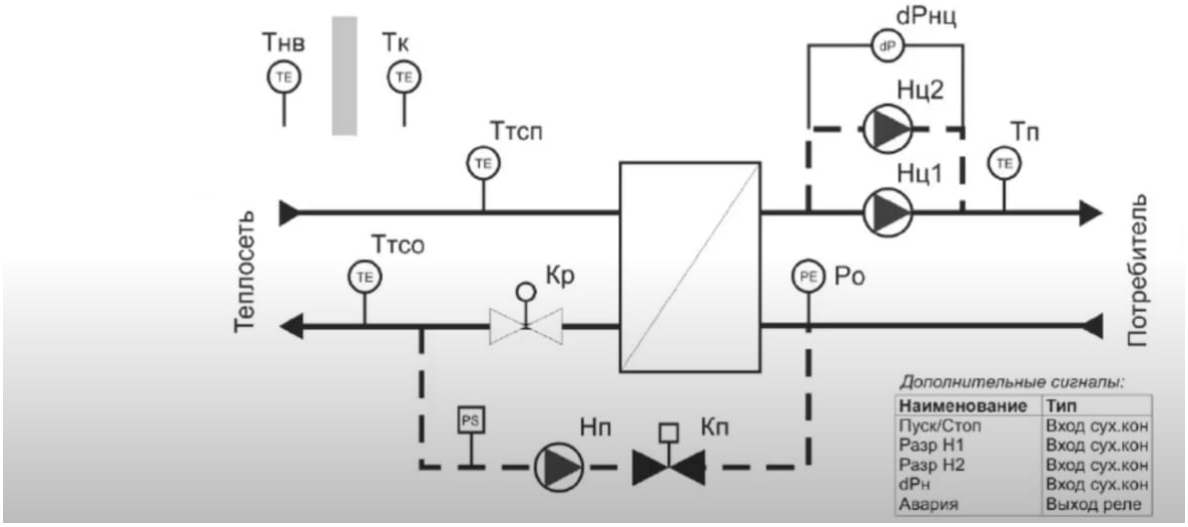


рис. 1.3 вигляд схеми індивідуального опалення з використанням контролера

Отже контролер CAT - 500 знаходиться у пластмасовому корпусі призначений для установки на типову DIN рейку шириною 35 мм, або на монтажну панель за допомогою гвинтів.

Корпус контроллера складається з основи, на якій розміщена основна електронна плата контролера та знімної кришки, на якій розташована плата індикації. Контролер рекомендується встановлювати в металевий захисний монтажний бокс. На нижній та верхній сторонах корпусу розташовані роз'єми з клемними з'єднувачами «під гвинт». До роз'єму X5 тип 8P8C, що зображений на рис. 1.4., підключається типовий кабель мережевого інтерфейсу Ethernet. На передній панелі корпусу розташований роз'єм X10 типу mini-USB для підключення кабелю USB. На електронній платі всередині корпусу в спеціальному тримачі розташований знімний літієвий елемент живлення CR2032 напругою та додаткові три для живлення вбудованого годинника.

Контролер функціонально складається з наступних частин, розташованих на двох електронних платах:

- Мікроконтролера;
- Кольорового графічного індикатора;
- Перетворювач послідовного інтерфейсу RS-485;
- Перетворювача послідовного інтерфейсу Ethernet;

- Схем узгодження рівнів вхідних сигналів;
- Оптоелектронне реле;
- Звуковипромінювача;
- Вузла живлення.

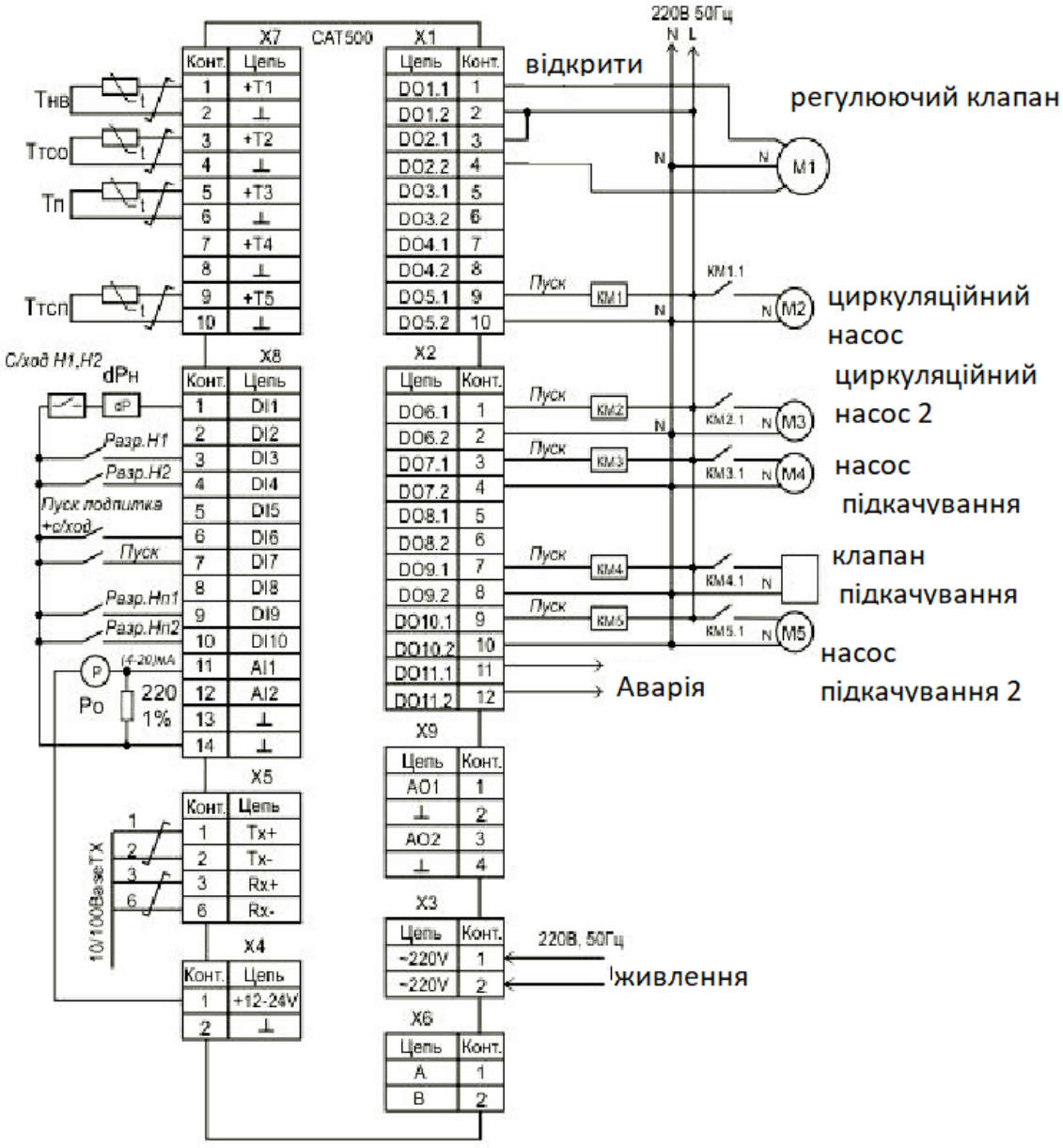


рис. 1.4 схема підключення вхідних та вихідних портів на контролері

Основним елементом контролера є мікроконтролер на основі ядра ARM 32 біт Cortex-M7 з тактовою частотою 216 МГц, це однокристальний

комп'ютер з малим енергоспоживанням [24] . Мікроконтролер із встановленим програмним забезпеченням реалізує всі задані функції приладу. Мікроконтролер містить вбудована статична ОЗУ об'ємом 512 кбайт та ПЗУ об'ємом 2 Мбайт. Завантаження програмного забезпечення здійснюється за інтерфейсом Ethernet. Мікроконтролер підтримує вбудований годинник реального часу та календар для ведення архівних даних та прийняття рішень згідно часових алгоритмів. Електроживлення здійснюється від вбудованої літієвої батареї напругою 3 В, або від електромережі 220 V. Для вимірювання температури до входів T1-T5 підключаються термометри опору, наприклад платинові Pt500, Pt1000, 500П, 1000П, нікелеві Ni 1000, з негативним температурним коефіцієнтом NTC 10k, NTC 20k, а також цифрові перетворювачі температури DS18S20 чи DS18B20. Сигнали з виходів термометрів через схему узгодження рівнів сигналів та захисту від електромагнітних перешкод надходять на входи АЦП мікроконтролера для отримання цифрових звітів напруги, пропорційного температурі вимірюваного середовища. Входи T1 - T5 можуть бути використані як дискретні входи. До аналогових входів AI0-AI1 підключаються датчики тиску, що мають вихід напруги (0-10) або струмова «петля 4-20 мА». Для підключення датчиків з типом виходу струмова «петля 4-20 мА» необхідне підключення зовнішнього резистора шунтуючого 220 Ом ±0,1%. Ці сигнали надходять на два входи АЦП через схему узгодження рівнів сигналів та захисту від електромагнітних перешкод (додаток 3).

Виведення інформації мікроконтролер здійснює кольоровим графічний TFT індикатором розміром 2.2 дюйма 240x320 точок. На індикаторі відображаються режими роботи приладу у вигляді графічних мнемосхем, виміряні значення параметрів та настроювальні параметри. Вибір режиму роботи контролера, введення настроюваних параметрів за допомогою кнопок «↓», «↑»,

«→», «←», що служать для перегляду меню та введення значень параметрів. Мікроконтролер взаємодіє з флеш-пам'яттю (EEPROM) ємністю 128 Мбіт, використовується для зберігання даних [52] .

Мікроконтролер формує сигнали для вбудованого звукового випромінювача сигналізації аварійних режимів та відмов. Мікроконтролер управляє станом електронних ключів DO (1-11), які використовуються для дискретного керування насосами, вентиляторами (вкл/вимк), засувками та ін. виконавчими механізмами. Мікроконтролер формує аналогові сигнали АТ (1-2) в діапазоні напруги (0-10) на виході двоканального 12-розрядного ЦАП, за допомогою підсилювачів. Ці сигнали можуть використовуватися, наприклад, для аналогового керування положенням засувки опалювальної системи або частотою обертання насоса. Приймач інтерфейсу RS-485 забезпечує узгодження рівнів напруг сигналів послідовного порту мікроконтролера та інтерфейсу RS-485, а також визначає полярність портів A і B, коли пристрій працює як приймач.

Висновки до розділу 1

1.В розділі проведений детальний аналіз індивідуального, автономного та централізованого типу опалення. Проаналізовані їх переваги та недостатки як в автономній так і в взаємопов'язаних системах функціонування. В проекті роботи системи опалення виступають базовим рівнем, що виступає майданчиком для прийняття подальших рішень щодо їх варіантів автоматизації.

2. Проведено аналіз ринку по наявних системах опалення, їх якісними характеристиками, видами та джерелами живлення. Виведено ряд факторів на які потрібно звернути увагу під час вибору обладнання:

- Можливість обмеженого функціонування обладнання під час перебоїв з енергопостачанням;
- Реальні показники вихідних параметрів, а не заявлені виробником;
- Наявність портів для підключення термостатів та іншого обладнання з метою автоматизації.

3. Проведений аналіз існуючих систем автоматизації та запропоновані теоретичні аспекти варіантів автоматизації за допомогою зонного блока комутації та програмного логічного контролера. Розглянуті їх можливості використання та застосування в конкретній сумісні моделі опалення. Проведений аналіз щодо їх сумісності з іншими системами опалення. За результатами зібраних даних, однозначно краще використовувати програмний логічний контролер оскільки він зможе охопити автоматизацію самої індивідуальної системи опалення, а отже не буде подавати хибних вихідних сигналів для аварійно - резервного перемикання.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

2.1 Рішення елементарних завдань аналізу САУ подачі палива

Розгінна характеристика, отримана експериментальним шляхом, наведена на рисунку 2.1. Експериментальні криві [14] обробляють відомими методами, одержуючи оцінки динамічних параметрів ланки керування. Зіставляючи криві Y(t) і U(T), бачимо, що аналізований об'єкт має самовирівнювання, є коливальним і має запізнювання. Проведені дослідження показали, що модель печі апроксимується аперіодичною ланкою першого порядку із запізненням [19] .

(2.1)

Коефіцієнт підсилення – $Ky = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{27.77 - 23,80}{59 - 21} = 0,07$

Нормована постійна запізнювання - τ =1(хв);

Постійна часу - T=16-1=15(хв).

Переходячи до абсолютних одиниць виміру, коефіцієнт передачі приймає значення [17] :

(2.2)

$$K_{абс} = K_{отн} \cdot \frac{Ш_Y}{Ш_X} = 2 \cdot \frac{(5-0)}{(3750-0)} = 0,0027 \ \frac{\%}{м^3/ч}.$$

Діапазони коливань у відносних одиницях: постійної часу (27%, транспортного запізнювання - 33%, коефіцієнта підсилення - 15%.

Діапазони коливань в абсолютних одиницях: постійної часу Т=15 ± 4,05, транспортного запізнювання τ =1 ± 0,33, коефіцієнта підсилення Ку=0,07 ± -0,01.

Дисперсія коливань на виході САУ при відключеному регуляторі дорівнює 2,25(%)^2.

Піч спікання ставитися до об'єктів першої групи, що не допускає різких коливань по керуючому впливі [15] . Визначення часових настроювань і модельних експериментів. Часові настроювання натурних і модельних експериментів (дискретність виміру перехідної характеристики й тривалість спостереження перехідної характеристики) визначаються постійної часу й транспортним запізненням. Дискретність виміру (моделювання) перехідної характеристики Δt повинна задовольняти наступним умовам:

1. $10 < \frac{T}{\Delta t} < 70$; (2.3)

2. $4 < \frac{\tau}{\Delta t} < 10$. (2.4)

Тривалість спостереження перехідної характеристики $T_{экс}$ повинна задовольняти наступній умові:

$$3 \le \frac{T_{экс}}{(T+\tau)} \le 30 \quad . \qquad (2.5)$$

Аналізуючи вищезазначені умови, дійдемо висновку, що:

- Крок моделювання перехідної характеристики Δt =0,45-3 [46] ;
- Тривалість спостереження перехідної характеристики $T_{экс}$ =105-1050.

Диференціальне рівняння для досліджуваного каналу “(формула 2.6.)” керування має вигляд [47] :

(2.6)

$$T\frac{dy}{dt} + y = Kx$$

Воно ж у формі Коші “(формула 2.7.)” :

(2.7)

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{T}(Kx - y)$$

І обернене рівняння “(формула 2.8.)”:

(2.8)

$$\Delta y_{n+1} = \frac{\Delta t}{T}(Kx_n - y_n)$$

$$y_{n-1} = y_n + \Delta y_{n+1}$$

Вихідними даними для одержання розгінної характеристики є:

- Раніше отримані результати попередньої ідентифікації параметрів каналу керування (К=0,07, Т=15 хв, τ =1 хв);
- Обраний крок розрахунку й тривалість експерименту;
- Аналіз меж спостережуваних коливань U, що дозволяє задати величину стрибка по вхідній величині.

(2.9)

$$x = \begin{cases} 59, & \text{якщо} \quad t < t_0 \\ 21, & \text{якщо} \quad t \geq t_0 \end{cases}$$

де t_0 – момент початку стрибка, нульові початкові умови по вихідній величині

$y(t_0)=y(0)=y_0=23,8$

Таблиця 1

Таблиця змінних для розрахунку розгінних характеристик

№ п/п	t	x	y		№ п/п	t	x	y
0	0	21	23,80		5	1200	59	26,76

1	100	59	23,98		6	1600	59	27,19
2	250	59	24,58		7	2000	59	27,45
3	500	59	25,40		8	2500	59	27,64
4	800	59	26,11		9	3000	59	27,77

На рис.2.1. наведені результати розрахунку - розгінна характеристика.

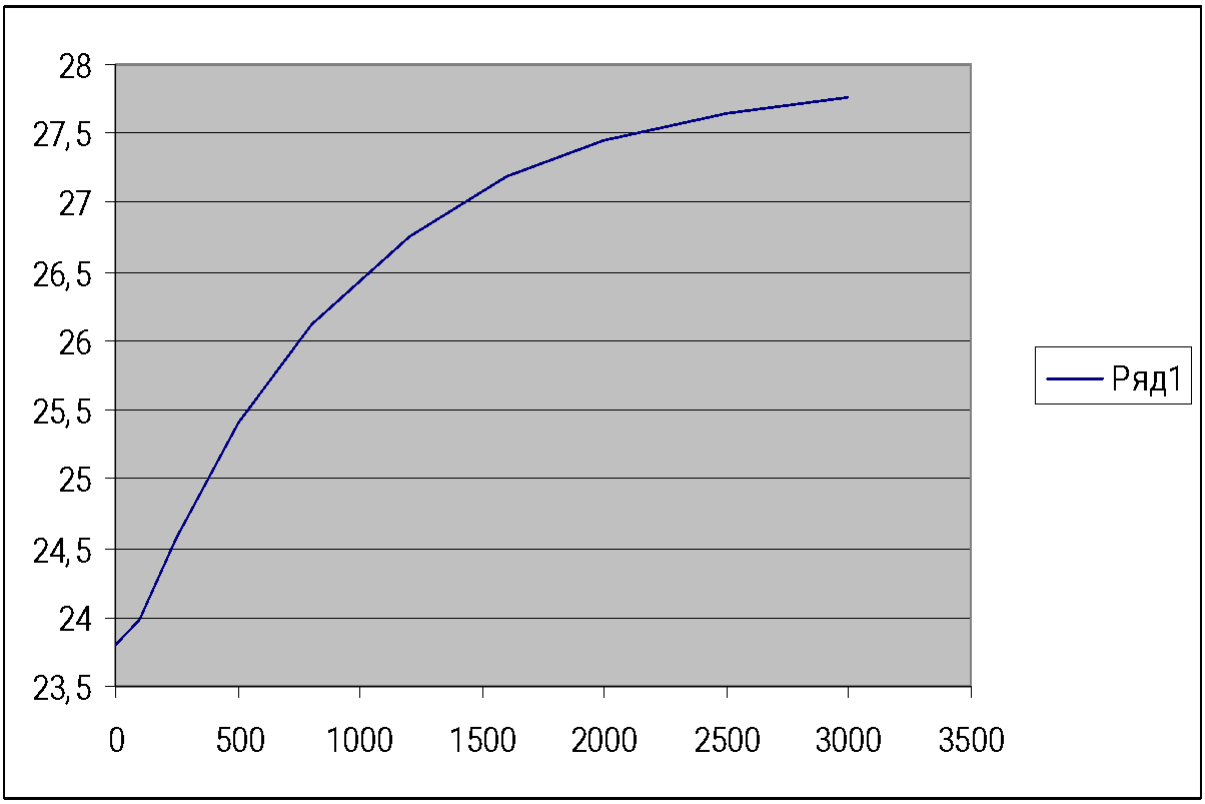


Рис. 2.1 Розгінна характеристика котла

Нижче наведений покроковий розрахунок значень розгінної характеристики по формулі: $y_{n+1} = y_n + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_n - y_n)$. (2.11)

Початкові значення: при $x_0 = 59 \quad y_0 = 23.8$. (2.12)

$$y_1 = y_0 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_0 - y_0); \qquad y_1 = 23.8 + \frac{0{,}066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 59 - 23.8) = 23.87;$$

$$y_2 = y_1 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_1 - y_1); \qquad y_2 = 23.87 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.87) = 23{,}7;$$

$$y_3 = y_2 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_2 - y_2); \qquad y_3 = 23.77 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.77) = 23{,}67;$$

$$y_4 = y_3 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_3 - y_3); \qquad y_4 = 23.67 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.67) = 23{,}57;$$

$$y_5 = y_4 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_4 - y_4); \qquad y_5 = 23.57 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.57) = 23{,}47;$$

$$y_6 = y_5 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_5 - y_5); \qquad y_6 = 23.47 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.47) = 23{,}37;$$

$$y_7 = y_6 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_6 - y_6); \qquad y_7 = 23.37 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.37) = 23{,}27;$$

$$y_8 = y_7 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_7 - y_7); \qquad y_8 = 23.27 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.27) = 23{,}17;$$

$$y_9 = y_8 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_8 - y_8); \qquad y_9 = 23.17 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.17) = 23{,}07;$$

$$y_{10} = y_9 + \frac{\Delta t}{T} \cdot (K \cdot x_9 - y_9); \qquad y_{10} = 23.07 + \frac{0.066}{15} \cdot ((-0.07) \cdot 21 - 23.07) = 22{,}9.$$

Для аналізу перехідних характеристик можуть бути використані спеціалізовані програми, створені в тієї або іншому програмному середовищі [47] .

Аналізуючи розгінні характеристики, ми бачимо, що коефіцієнт передачі не впливає на форму процесу, він лише визначає рівень сталих значень [18] . А величини транспортного запізнювання й постійної часу впливають на тривалість перехідного процесу.

2.2 Постановка завдання аналізу й синтезу САУ

Досліджувана САУ на технологічній установці описана вище. У пункті 2.1 за експериментальним даними ідентифікована структура й параметри каналу керування. Цього вихідного матеріалу досить для визначення параметрів САУ в сфері інженерній постановці завдання.

Параметри каналу керування:

$$П_{КУ} = \{S, K, T, \tau\} = \begin{Bmatrix} S = 1, \\ K = 0.07 \pm 15\%, \\ T = 15 \pm 4\ хв, \\ \tau = 1 \pm 0.33\ хв. \end{Bmatrix} \quad (2.13)$$

Будь - яка система регулювання повинна підтримувати регульовану величину з найменшими відхиленнями від заданого значення. На практиці найчастіше необхідна точність роботи, яка може бути досягнута за рахунок підвищення чутливості регулятора до відхилень регульованої величини [48] . Однак це може призвести до виникнення коливань у замкненій системі автоматичного регулювання й втраті стійкості. У зв'язку із цим забезпечення стійкості при всіх режимах, що зустрічаються на практиці, роботи об'єкта автоматизації (для даної курсової роботи = це автоматизації котлоагрегату) є першочерговим завданням проектування, налагодження й експлуатації систем регулювання [16] .

Змоделюємо котлоагрегат (ОУ). Вода, проходячи через котлоагрегат, нагрівається порою з регульованою витратою. Необхідно синтезувати робастну систему автоматичного регулювання температури води на виході котлоагрегату. Керованою величиною Y буде температура води на виході, а керуючим впливом U - витрата гарячої води на котлоагрегат (відсоток відкриття клапана на трубопроводі гарячої води).

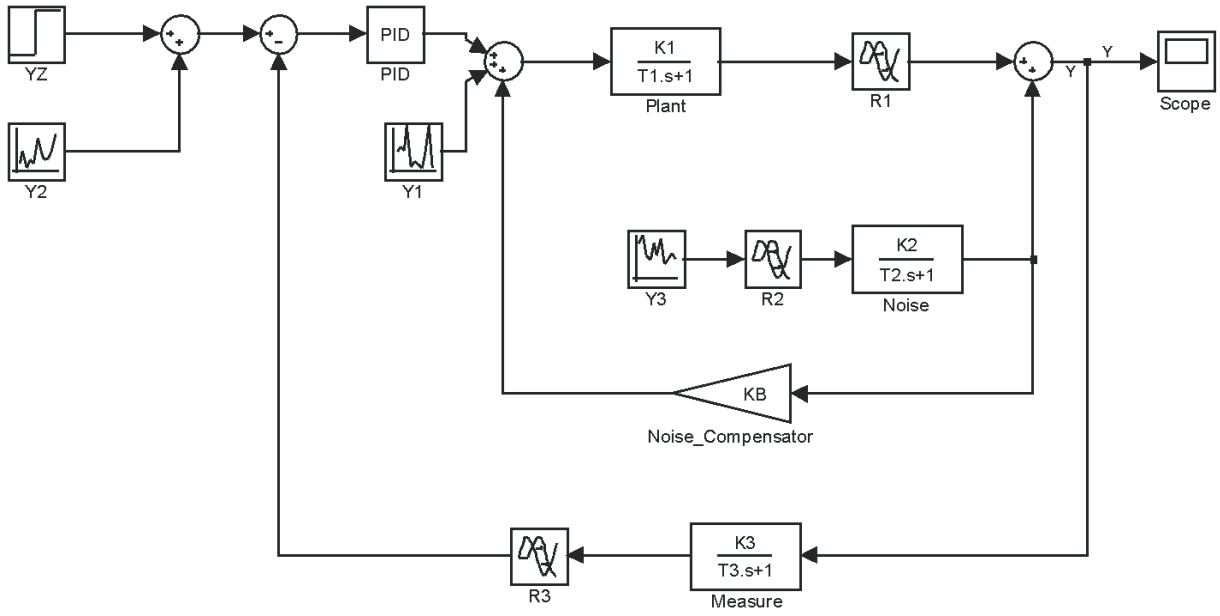


Рис. 2.2 Структурна схема одноконтурної лінійної системи автоматичного регулювання стабілізації з ПІ - регулятором.

XY - наведене збурювання; YZ - задане значення; X1 - контрольоване значення;

X2 - шум в каналі збурювання; X3 - шум в каналі керування.

Блоки формування впливів XY, X1, X2, X3 можна задати за допомогою меандру або синусоїди, їхні параметри - амплітуда й напівперіод коливань.

Блок завдання - блок формування YZ.

Блок KB - компенсатор збурювання - пропорційна ланка.

Блок каналу керування - інерційна ланка першого порядку, описується трьома параметрами:

K1- коефіцієнт підсилення;

T1- постійна часу;

R1 - транспортне запізнювання.

Блок передачі збурювання X1 - інерційна ланка першого порядку.

Параметри: K2, T2, R2.

Блок 9- вимірник величини.

Параметри: K3, T3, R3.

Блок 10- ПІД-регулятор. Передатна функція: - K0 (1+L0/p+ R0*p).

K0- коефіцієнт підсилення;

L0- постійна інтегрування;

R0 - постійна диференціювання.

Аналіз реакцій нерегульованого об'єкта керування на типові впливи: Будуємо графік перехідного процесу (рис.2.3.) при подачі на вхід ОУ - меандру. Для цього задаємо вхідний вплив за допомогою ланки X3. При цьому обнулюємо наведене збурювання ХУ та відключаємо ПІ - регулятор.

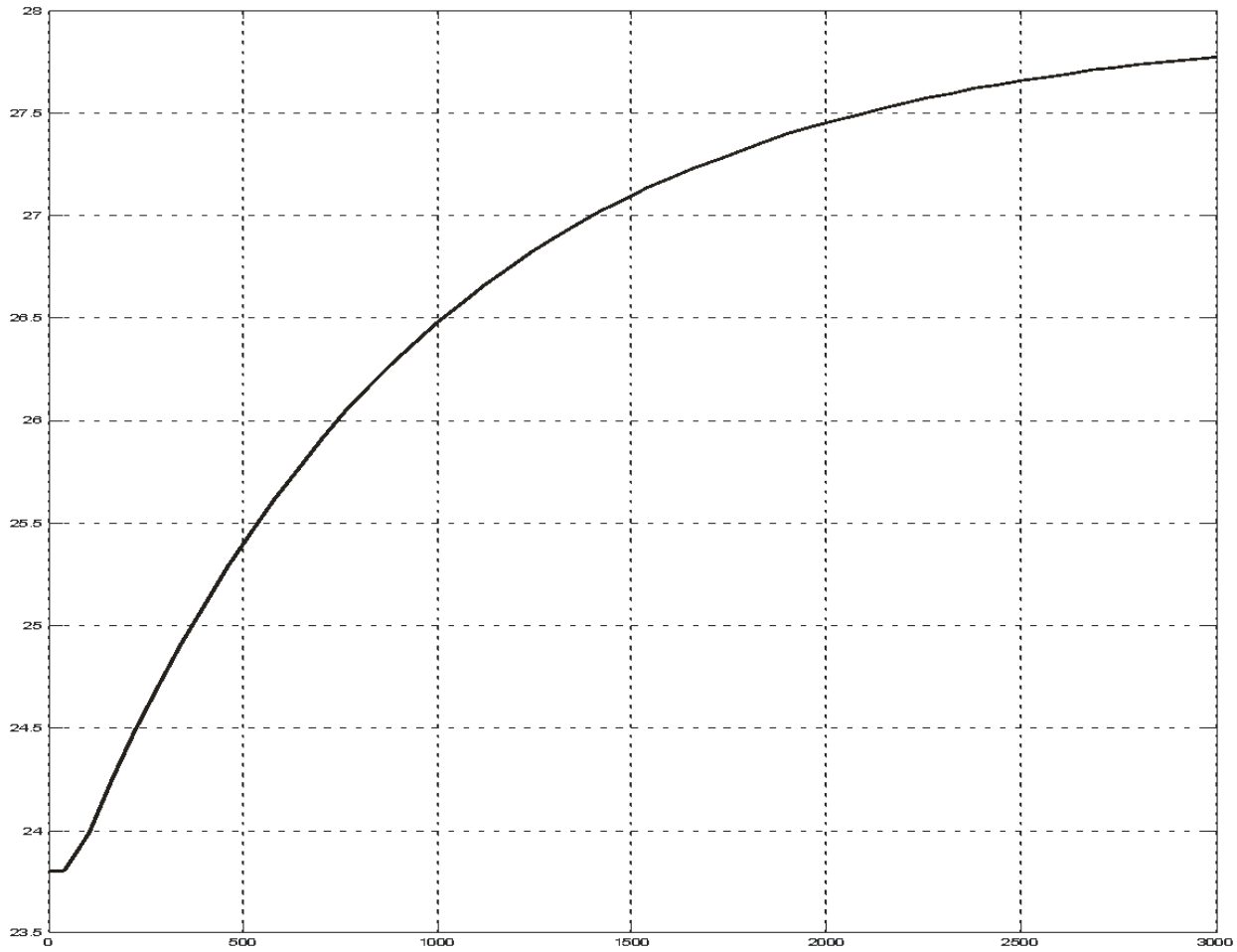


Рис. 2.3 Перехідний процес при подачі на вхід - меандру

Будуємо графік (рис.2.4) перехідного процесу при подачі на вхід ОУ - синусоїди. Вхідний вплив задаємо за допомогою ланки X3, і обнулюємо наведене збурювання ХУ та відключаємо ПІ регулятор.

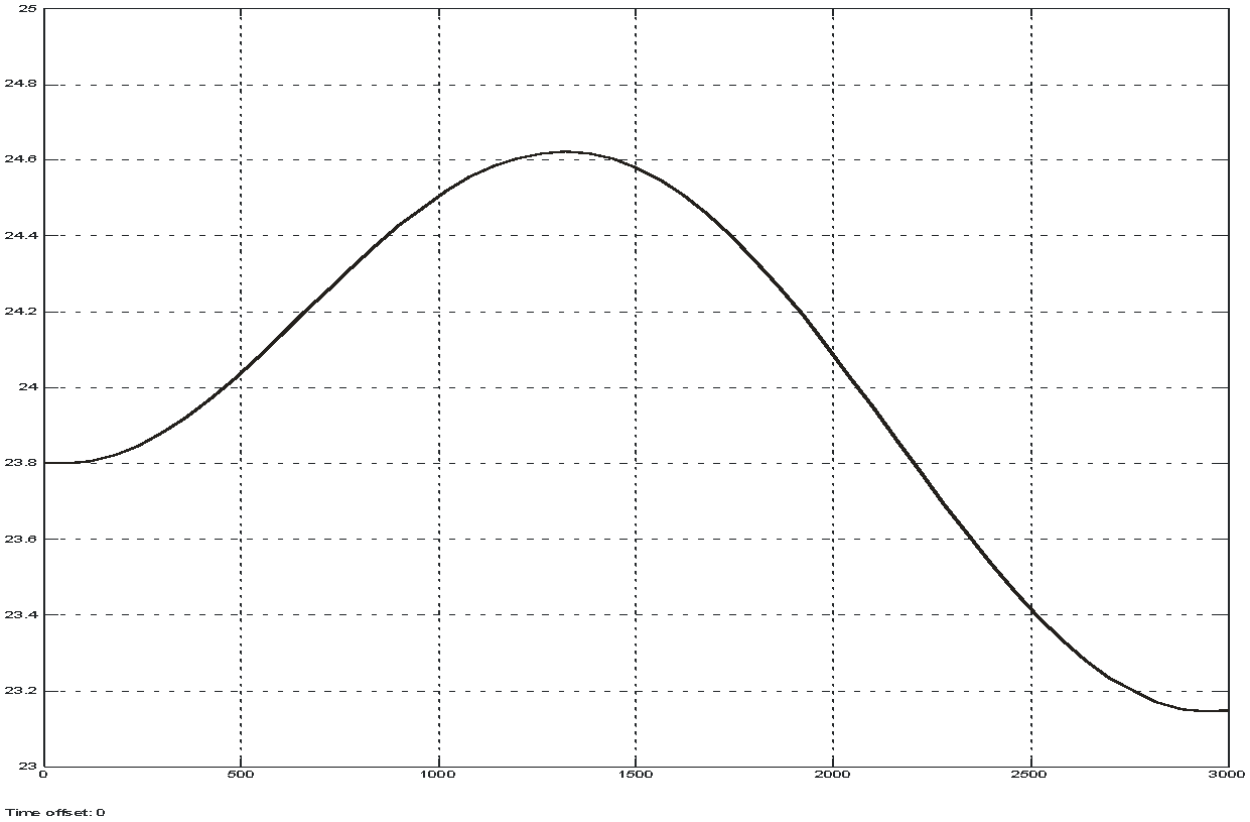


Рис. 2.4 Перехідний процес при подачі на вхід - синусоїди

Будуємо (рис.2.5) амплітудно-частотну характеристику (АЧХ) ОУ (інерційної ланки першого порядку). Для цього подаємо на вхід ОУ синусоїдальний вплив. За допомогою зміни півперіоду знаходимо значення амплітуди за графіком. Робимо кілька вимірів, і будуємо АЧХ. На графіку (рис.2.5) показана залежність частоти від амплітуди.

Таблиця 2

Взаємозалежність частот та амплітуд

Частота	0,05	0,025	0,016	0,0125	0,01	0,0083	0,0071
Амплітуда	0,36	0,56	0,76	0,8	0,9	1	1,1

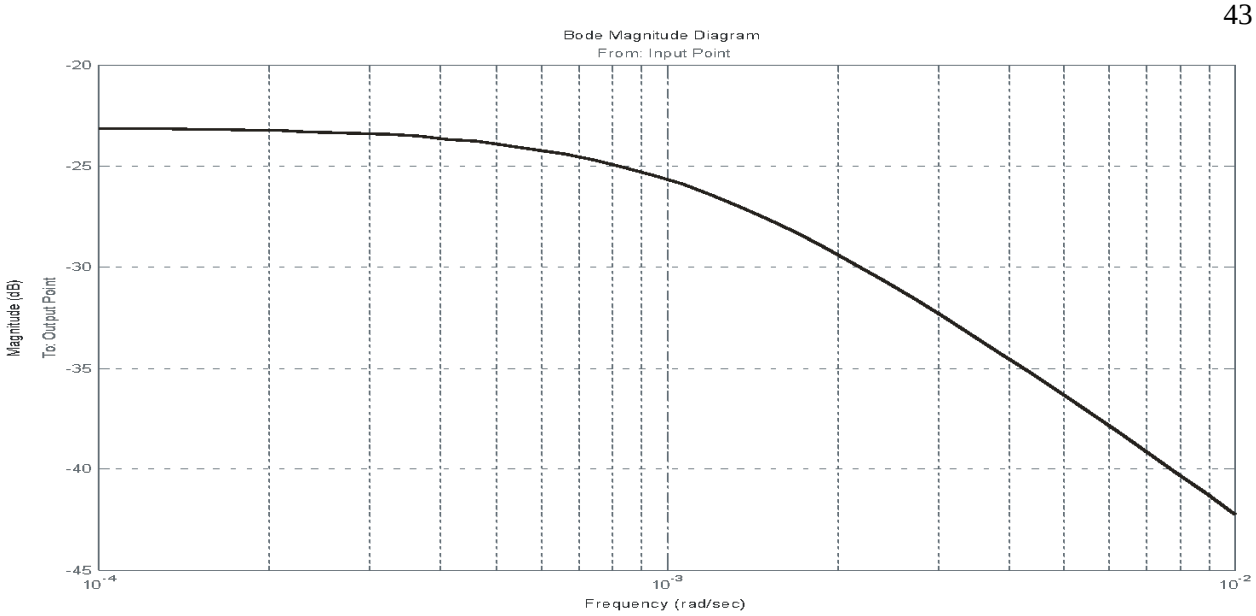


Рис. 2.5 Амплітудно - частотна характеристика

Настроюємо ПІ [2] - регулятора на найкращу якість перехідного процесу: для базового об'єкта, що характеризується п'ятьма заданими параметрами - K1, R1, T1, T3, R3 виконуємо настроювання ПІ - регулятора. Для цього підбираємо K0, L0, R0 (табл.1) і будуємо систему під найкращу якість перехідного процесу [6] .

Таблиця 3

Моделювання часу реакції ПІ регулювання

№	K1	T1	R1	T3	R3	K0	L0	R0	$T_{рег}$	$G_{пер}$	$K_{зат.}$	$T_{соб.}$	$V_{соб}$
1	1,22	15,5	7,5	0	0	0,885	0,105	0	69	20	2,5	58	0,04
2	1,22	15,5	7,5	0	0	0,895	0,095	0	71	16	4	48	0,055
3	1,22	15,5	7,5	0	0	0,905	0,075	0	47	8	2,6	47	0,056
4	1,22	15,5	7,5	0	0	0,937	0,0665	0	43	7,5	-	-	-
5	1,22	15,5	7,5	0	0	0,817	0,056	0	27	-	-	-	-

Трег - час регулювання (хв.);

Gпер - перерегулювання, % (Gпер = в);

Кзат - коефіцієнт загасання, Кзат=в/о;

Тсоб - період власних коливань, хв.;

Vсоб. - частота власних коливань, Vсоб =2/ Tсоб.

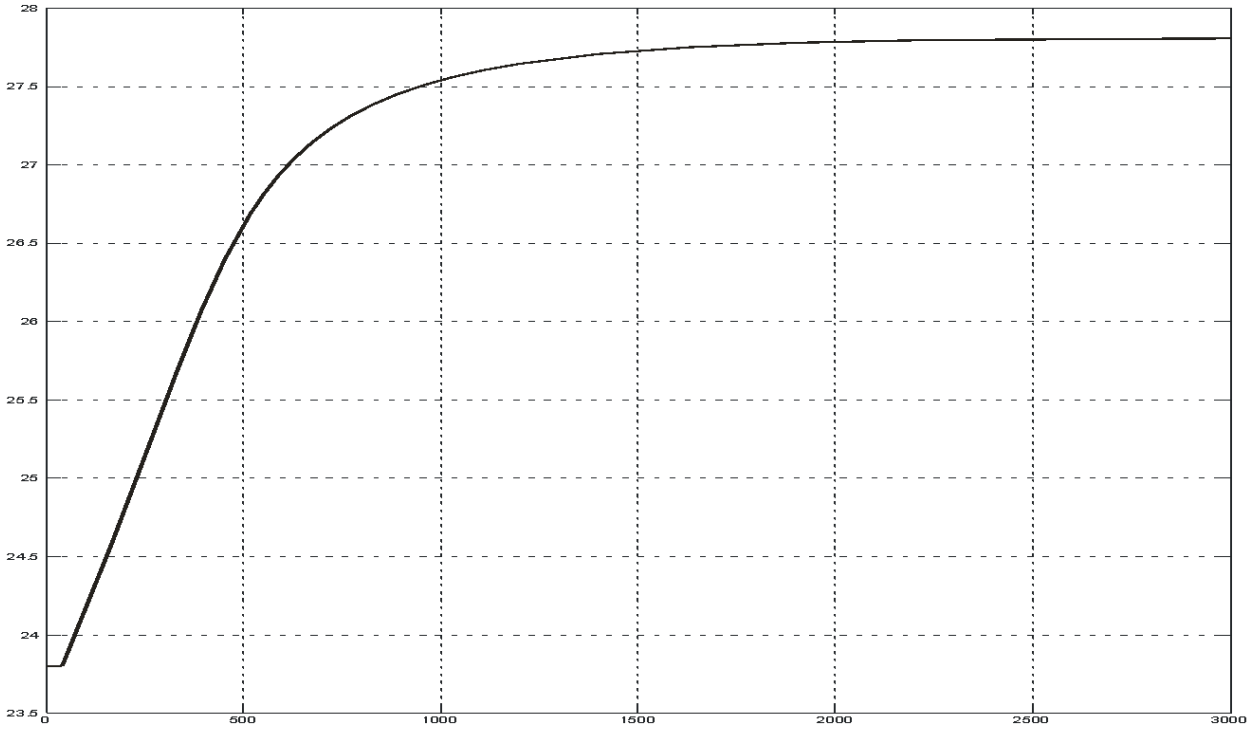


Рис. 2.6 Перехідний процес системи з ПІ-регулятором

Аналізуємо 2 варіанти K1, T1, R1 при певних найкращих настроюваннях ПІ регулятора, результати заносимо в таблицю (табл.4) [5].

- перший варіант - умовно сприятливий об'єкт - параметри об'єкта керування на 30% нижче номіналу;
- другий варіант - умовно несприятливий об'єкт - параметри об'єкта керування на 30% вище номіналу.

Таблиця 4

Результати настроювання ПІ регулятора

№	K1	T1	R1	T3	R3	K0	L0	R0	$T_{рег}$	$G_{пер}$	$K_{зат.}$	$T_{соб.}$	$V_{соб}$
1	0,854	10,85	5,25	0	0	0,817	0,056	0	72	16	4	60	0,1
2	1,586	20,15	9,75	0	0	0,817	0,056	0	74	-	-	-	-

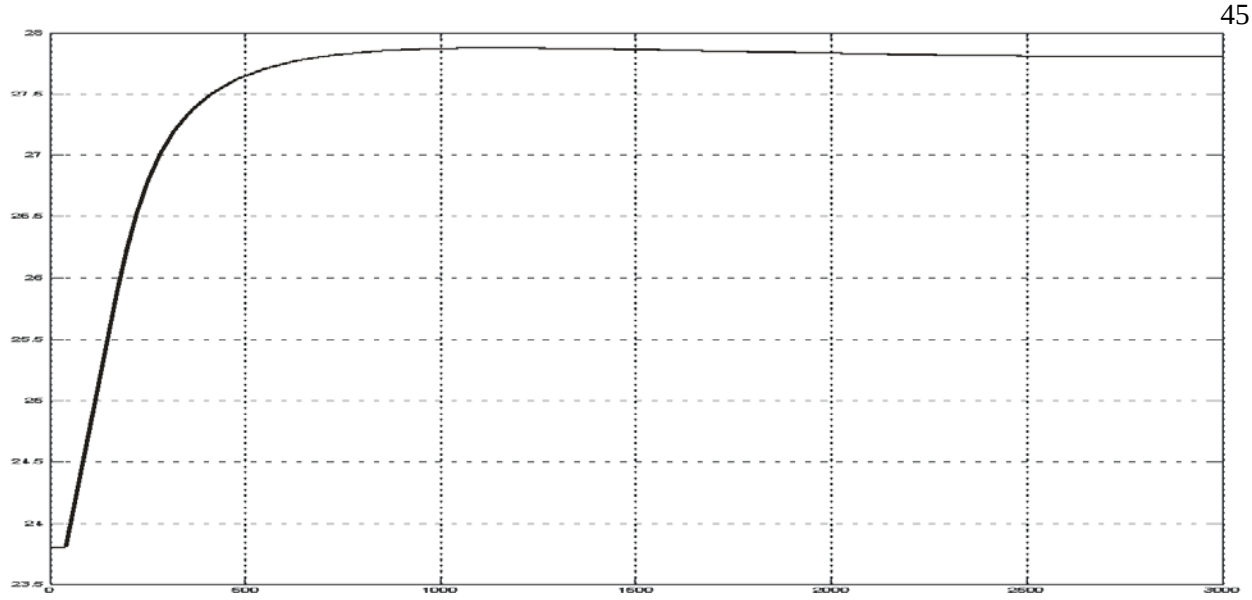


Рис. 2.7 Перехідний процес системи з робастним регулятор*ом*

Висновки розділу 2

1. В даному розділі проведений математичний аналіз стосовно автоматизації роботи індивідуальних систем опалення, що працюють на рідкому паливі або природному газу. Розраховані часові налаштування для початкового програмування контролера та його часові затримки з подачею при безпосередній участі розрахунків подачі палива в індивідуальних системах опалення, та змодельована його поведінка під час припинення їх подачі.

2. Виведені перехідні характеристики можуть використовуватися для подальшого їх використання програмним середовищем для оптимізації його роботи. Варто зауважити що для цього потрібне безпосереднє підключення контролера до програмного середовища під час технологічного процесу або періодичне підключення з метою використання та оптимізації нової програми через архівні дані.

3. Проведене математичне моделювання зі зміною вихідних даних при зміні вхідних. Визначено, що за допомогою регуляторів та програмних контролерів, при зміні вхідних даних від датчиків можна управляти системою подачі палива котла, та якісно збільшувати її продуктивність [3] .

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ РЕЗЕРВНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

3.1. Обґрунтування вибору технічних засобів

Детально поговоримо про автоматизовану систему управління технологічними процесами (АСУ ТП) [24] . АСУ ТП - це сукупність технічних та програмних засобів та рішень, які беруть безпосередню участь в автоматизованому управління процесами виробництв та відповідають за автоматизацію інших процесів різних сфер життя людини. АСК ТП відповідає за безпосереднє автоматизоване управління процесами в реальному часі з урахуванням зміни поточних вхідних даних та показників системи, це головний фактор що відрізняє їх від систем автоматичного керування(САК), котрі після збору даних передають повний контроль в управлінні людині. АСУ ТП діляться на категорії:

- SCADA - системи;
- DCS - системи;
- PLC.

SCADA - системи відповідають за наглядовий контроль та збір даних в межах технологічних процесів різних ланок з метою їх візуалізації для користувача або диспетчера. Вони широко використовуються на більшості виробництв та автономних домогосподарствах з системою розумного будинку. В SCADA - системах візуально просто відображається інформація про стан об'єкта, значення його параметрів, відбувається візуалізація процесів що автоматизуються, за допомогою графічних елементів, графіків та анімацій. Основними функціями SCADA- систем є:

- Збір інформації про поточні процеси;

- Візуалізація поточних процесів;
- Запис даних процесів до архіву;
- Автоматизація поточних процесів;

Засоби візуалізації відіграють одну з основних ролей в управлінні процесами. Завдяки своїй простоті та інтуітивному розумінні для сприйняття, дають можливість просто відображати навіть найскладніші технологічні процеси [26] . Для розробки програм SCADA використовуються спеціальні середовища розробки, такі як TRECE MODE та CODESYS. З їх допомогою задаються алгоритми подальшої автоматизації, також в них наявні графічні редактори в яких візуалізуються поточні процеси. Графічним редакторам в SCADA - системам притаманна наявність штатних бібліотек з графічними символами та іншими елементами для візуалізації.

На основі перевірки декількох SCADA - систем, керуючись принципами зручності, простоти використання, наявності спеціалістів для роботи з системами та з урахуванням вивчених матеріалів, для розробки людино - машинного інтерфейсу обране середовище TRECE MODE. Основною його перевагою є простота у використанні та поширеність у технологічних процесах, відповідно наявність спеціалістів для їх встановлення та обслуговування. Середовище SCADA розробки TRACE MODE підтримує: більшості операційних систем та мікропроцесорів, дозволяє з'єднання з більшістю промислових та побутових програмних логічних контролерів, реалізує конкретні властивості компонентів за допомогою бібліотечних модулів.

Середовище розробки TRACE MODE 6 дає змогу створити просту, але одночасно серйозну та технічно підкріплену систему візуалізації [29] . Графічний інтерфейс TRECE MODE штатно надає доступ до графічних елементів, які можуть бути безпосередньо пов'язані з відповідними змінними проекту, тобто управління через графічні елементи може впливати на підкріплені до них системи. За допомогою цих можливостей значно

скорочуються витрати на встановлення та використання обладнання для візуалізації, адже для цього підійде звичайний комп'ютер.

В обраній системі автоматизації графічний інтерфейс середовища потрібен тільки при початкових налаштуваннях та встановленню обладнання, та подальших внесеннях змін в алгоритми. Основну роль візуалізації бере на себе програмований логічний контролер. З допомогою засобів мультимедіа якого відбуваються базові дії. На екрані монітора візуалізації відображається:

Екран станів:

- Тип поточної функціональної системи опалення;
- Стан поточної функціональної системи опалення;
- Стан не функціональної системи опалення;
- Інформація про температуру теплоносія функціональної системи та її тиск;
- Стан насоса;
- Стан котла;
- Режим триходових клапанів;
- Стан термостатів;
- Стан газового редуктора(опціонально).

Екран візуалізації системи:

- Безпосередньо візуалізація системи;
- Інформація про поломку.

Екран управління:

- Кнопка “перемикання на централізовану систему”;
- Кнопка “перемикання на індивідуальну систему”;
- Кнопка “вимкнення індивідуальної системи опалення”.

Кожному з перерахованих параметрів присвоюється відповідний елемент візуалізації, який можна вибрати з штатної бібліотеки. Основні графічні елементи:

- “Кнопка” - при налаштуванні відповідної змінної, на кнопці буде відображатися її стан;

- “Стовпчастий повзунок” та “стрілочний показник” - служить для зображення поточного значення змінною на прямій або круглі шкалі відповідно;
- “Тренд” - представлений у вигляді графіка, служить для відображення значення змінної за певний період часу, тобто включає в себе і історію значень;
- “Циліндр”, “труба”- елементи призначені для візуалізації на них текстів, та при привязанні до них змінних та їх налаштувань можуть виконувати фактичні ролі резервуарів та труб;
- “Насос” - графічний елемент, при привязанні змінної до якого виконує прямі функції перекачування;
- “Клапан” - графічний елемент який у випадку привязки функції виконує свої однойменні функції;

Після створення всіх графічних елементів, для зручності візуального сприйняття проводимо їх логічне групування та відповідну привязку функцій.

DCS- це розподілена система керування, що працює за принципами децентралізації та використовується в основному на безперервних виробничих процесах.

PLC - це програмний логічний контролер призначений для виконання заданих йому функцій в конкретних обставинах. В нашому випадку ПЛК виконує основну роль в системі автоматизованого управління аварійно-резервного перемикання та працює автономно без необхідності в додаткових засобах візуалізації процесів, оскільки оснащений штатними засобами примітивної візуалізації процесів на екрані. Підключається до середовища розробки під час початкового програмування та в разі необхідності для перевірки роботи системи та збора статистичних даних.

3.2 Енерговитрати та енергоефективність будинків та систем опалення

Розберемо індивідуальну систему опалення житлового будинку (рис.3.1). В модифікації коли система включає в себе:

- Котел;
- Модуль безпеки;
- Насос;
- Розширювальний бачок;
- Клапани;
- Модуль управління.

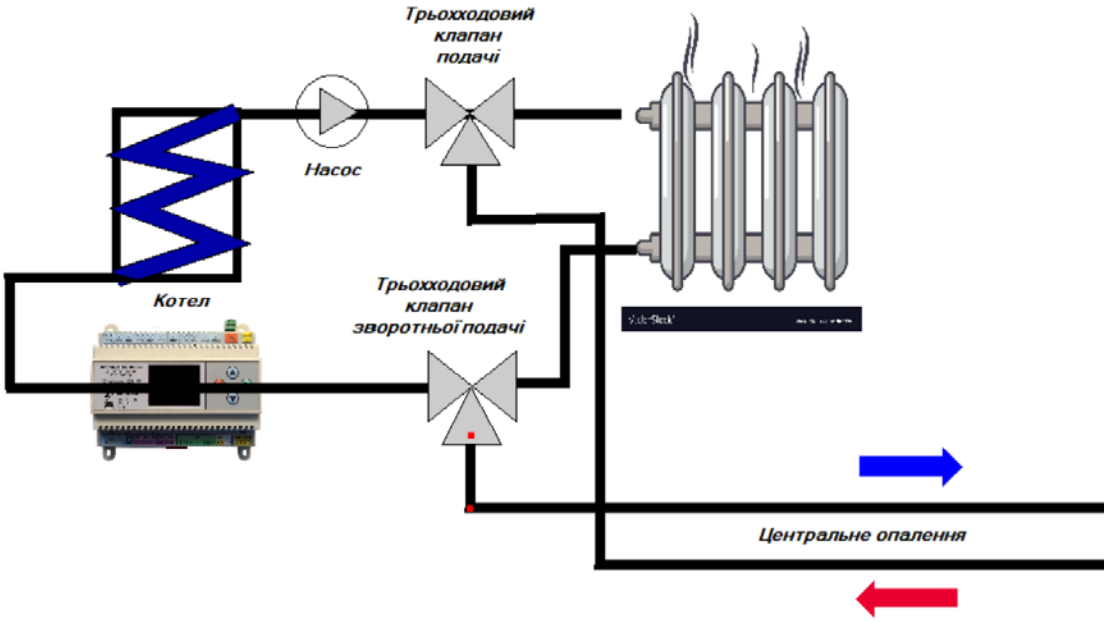


Рис. 3.1 вигляд розглянутої системи індивідуального опалення

Ми обрали за мету розрахувати потрібні потужності та підібрати необхідне обладнання для опалення одноповерхового будинку з зовнішньою ізоляцією в 10 см. товщиною стін 45 см цегляної кладки та загальною площею 150 м^2.

Для початку потрібно розрахувати яку кількість енергії буде поглинати наш будинок, яка його енергоефективність і на основі цих даних займатися підбором обладнання для найбільш точного та енергоефективного результату.

В розрахунках енергозатрат будинку будемо використовувати програму “Veltec”(рис.3.2).

Першим етапом є визначення географічного розташування будинку, та діапазони температур притаманних для опалювального сезону. Розраховуємо на місто Київ, максимальна від'ємна температура яке не тримається довше 5 днів: -18*С, середня температура під час опалювального сезону - 0.6*С, і тривалість опалювального сезону - 176 днів.

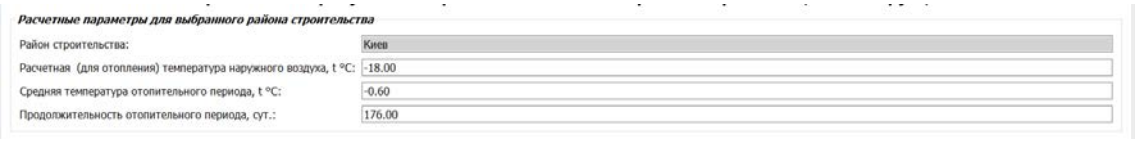


Рис. 3.2 вибір початкових параметрів програми Valtec

Після вводу загальних даних ми переходимо до другого етапу, а саме вводу даних та розрахунок тепловтрат через загороджуючі конструкції, такі як підлога, стіни та дах (рис.3.3).

За основу беремо: товщину зовнішніх несучих стін - 45 сантиметрів цегляної кладки без повітряного зазору з шаром шпаклівки в 3 сантиметри, та утепленням товщиною 10 сантиметрів і плотністю 80 кг/м3, товщина внутрішніх не несучих стін - 20 сантиметрів цегляної кладки з шаром шпаклівки 3 см без утеплення. Підлога, це бетонна стяжка шаром 25 см та утепленням з спіненого каучукового утеплювача плотністю 80 кг/на м³. Стеля, яка служить перегородкою між опалюваним першим поверхом та неопалюваним другим що виступає в ролі горища, з потоком повітря знизу вверх, є бетонна пустотіла плита товщиною 30 сантиметрів, та додаткове тепло утеплення з того ж спіненого каучуку товщиною 10 сантиметрів. Ввівши ці початкові дані ми можемо порівняти нашу енергоефективність окремих елементів з базовими.

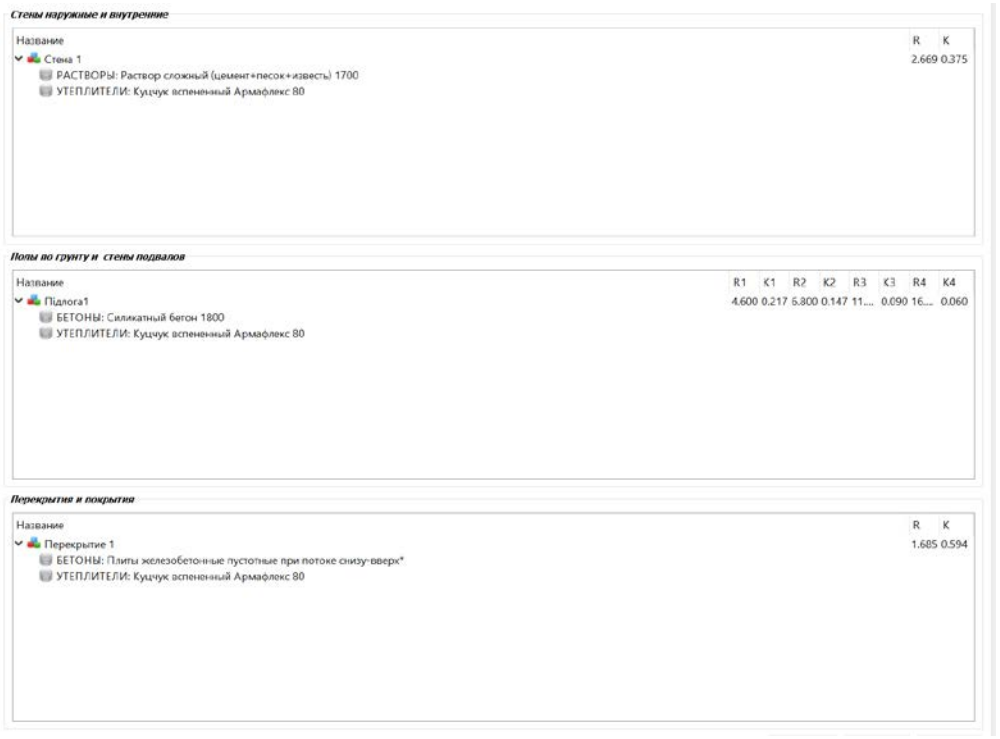


Рис. 3.3введення даних про загороджувальні конструкції будинку

Рис. 3.4 оптимальні показники енергоефективності для окремих елементів конструкції

Дані розрахунки можна проводити не тільки на етапі проектування опалювальної системи для будинку, а й на етапі проектування самого будинку. Так порівнявши показники наших конструкцій з оптимальними ми бачимо що багато з них спорудженні з запасом більше необхідного конструкторського додаткового відхилення що додатково впливає на збільшення вартості проекту, а деякі навпаки не дотягують до оптимальних що призводить до

неефективності енергоспоживання споруди. Наприклад ми бачимо що підлога з розрахунку оптимального енергоспоживання має коефіцієнт 3.92 а в нашому випадку він сягає 4.6 і протилежна ситуація з перекриттями, коли в нас реальний показник сягає 1.68 що більше ніж у 2 рази не дотягує до норми і несе за собою великі енерговтрати (рис.3.4).

Переходимо до уточнення даних нашого будинку, вписуємо типи кімнат наявних в нашому будинку:

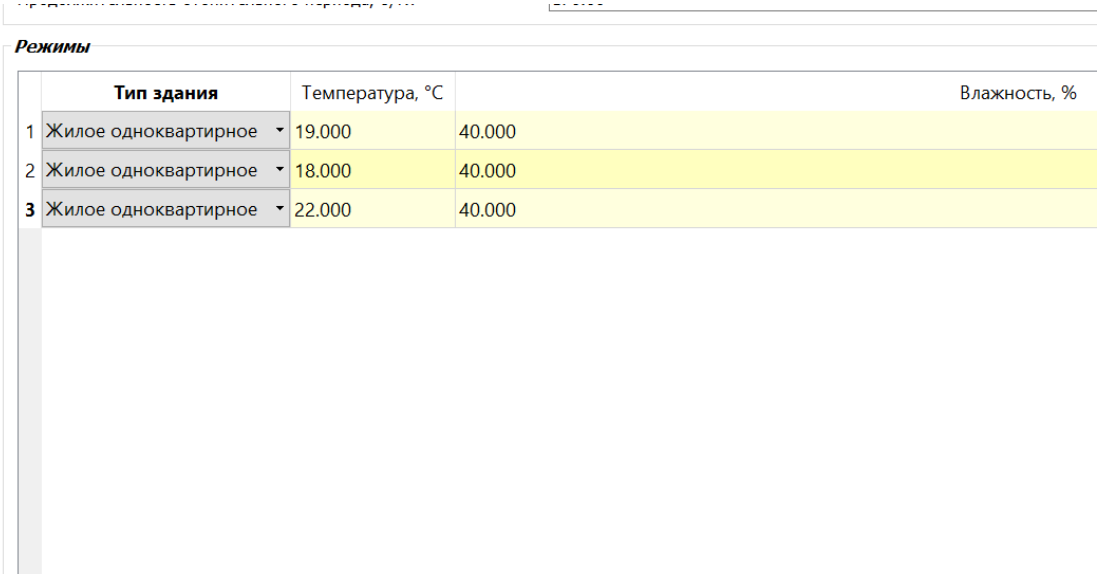


Рис. 3.5 загальний поділ кімнат в будинку

Я виділив 3 основні групи (рис.3.5), загальну вологість в яких прийняв стандарту в 40%. Перша група - це житлові кімнати, рядок температур заповнюється по принципу найменшого показника оптимальних температур житлової кімнати в період опалювального сезону за державними стандартами, на даний момент це 19*С.

Друга група - це кухня та коридори з мінімальним показником оптимальної температури в 18*С,та вологістю в 40%, і третя - це ванні кімнати та туалети в моєму випадку це суміщені кімнати тому за державним стандартом мінімальна з оптимальних температур сягає 22*С. Переходимо до розподілу груп на окремі компоненти тобто на окремі кімнати та приміщення відповідно до займаної ними площі будинку.

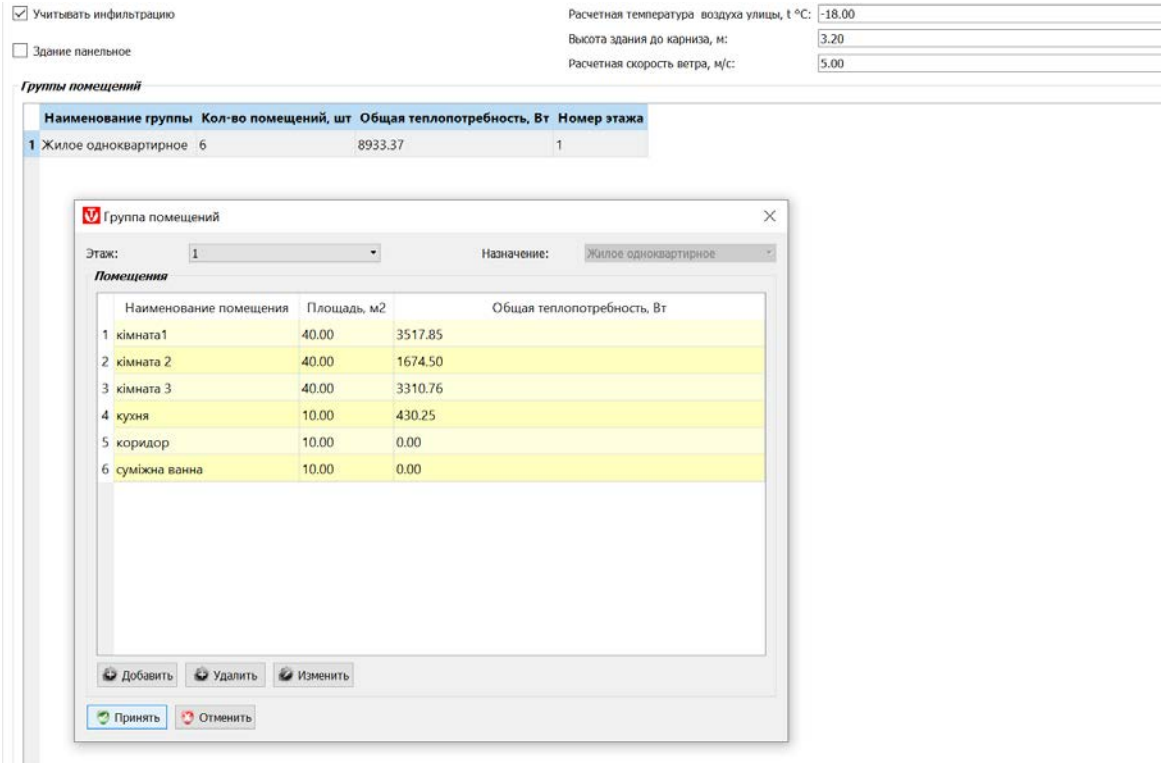


Рис. 3.6 розподіл приміщень по квадратурі та їх кількості

Для зручності розрахунків візьмемо три спальні кімнати по 40 м² та кухню, ванну кімнату і коридор площами по 10 м² кожна відповідно (рис.3.6),(рис.3.7).

Після розподілу переходимо до введення повних детальних даних цих приміщень включаючи температуру, вологість, площу стін, стелі та підлоги їх площі та товщини. Беремо до уваги такий важливий показник як інфільтрація повітря.

Інфільтрація - це процес надходження і виведення повітря що відбувається через щілини вікон, кватирки, спеціальні прорізи (провітрювання). За державними будівельними нормами на 1 м² площі кімнати потрібно 3м кубічні повітря в годину тобто на нашу кімнату площею 40м2 знадобиться 120 м³ повітря в годину. Тепер переведемо кількість потрібного повітря в енергію яку необхідно затратити на його нагрівання: 120: 3600*1.2 (плотність повітря) * 17.4 (різниця температур) = 699W(Ватт)

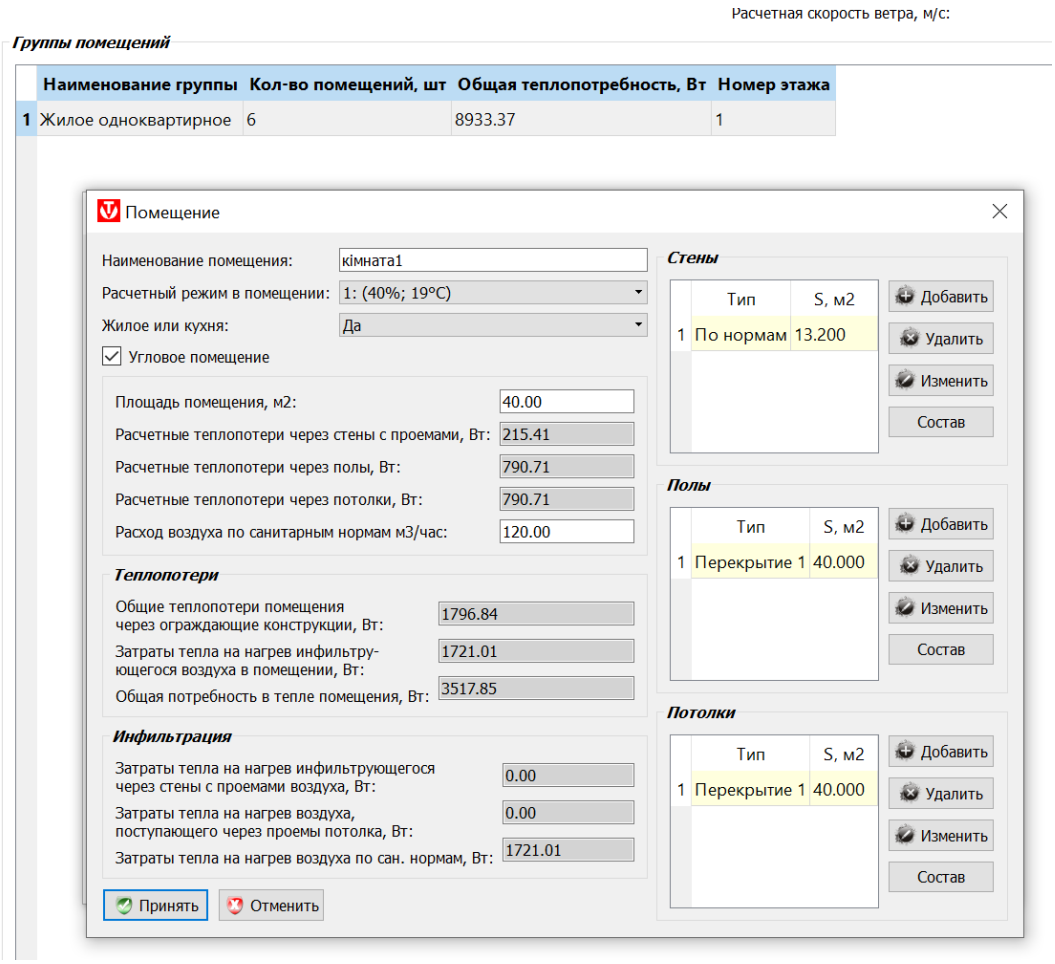


Рис. 3.7 проектування характеристик приміщень

Провівши ці розрахунки та ввівши дані в програму ми отримали показник реальних енергозатрат нашого будинку, з урахуванням усіх факторів що впливають на нього [27] . Єдине що не враховано в кінцевому результаті це інфільтрація тобто фактично в розрахунку на площу це додаткові 2.65Kw. Загальні потреби будинку складають 11500W. Виходячи з інформації яку нам вийшло вирахувати для нашого будинку прийнято буде обрати малопотужні газові котли або газові котли середньої потужності побутового використання потужністю до 24kw. [28]

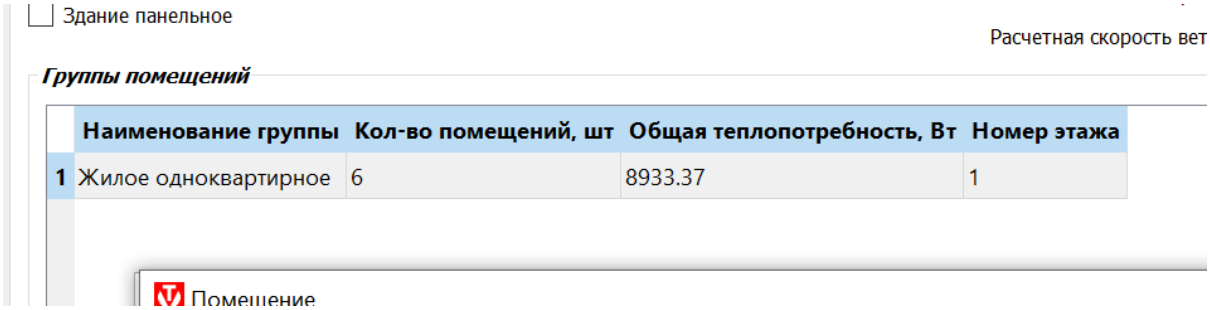


Рис. 3.8 планові енерговитрати будинку

На даний момент на ринку існує безліч пропозицій від різних виробників, ми зупинимось на моделі від німецького виробника Bosch а саме, WBN 6000-24C RN, потужністю саме 24kw. Незважаючи на трохи вищу ціну від аналогів у своєму сегменті ця модель характеризуються високою надійністю, наявністю штатних терморегуляторів та рядом таких інших характеристик:

- Номінальне теплове навантаження щодо гарячої води 8-26.7 кВт;
- Витрата природного газу за максимальної потужності: 2.8 м3/год;
- Допустимий тиск природного газу: 10.5-16 мбар;
- Загальний об'єм розширювального бака: 8 л;
- Діапазон температур у системі опалення: 40-85°C;
- Максимально допустимий тиск: 3 бари;
- Діапазон температур під час приготування гарячої витратної води: 40-60°C;
- Максимальний тиск води: 10 барів;
- Максимальна продуктивність: 11.4 л/хв;
- Мінімальний робочий тиск води: 0.3 бара;
- Рівень шуму: до 38 дБ;
- Наявність дисплею з індикацією робочих параметрів, зі стандартними кодами помилок полегшує налаштування та сервісне обслуговування;
- Можливість переходу на роботу на зрідженому газі;
- Керування роботою за допомогою кімнатних регуляторів OpenThermTM;
- Вбудований триступеневий циркуляційний насос з відведенням повітря;

- Наявність вбудованого циркуляційного насоса, датчик температури подаваємої води,манометр та датчик тискую.

В якості термостатів будемо використовувати 2 моделі Bosch opentherm cr10 та cr50.

3.3. Вирішення проблеми методом простої автоматизації

Вибрані нами термостати “Bosch” мають необхідне реле для контролю за кімнатною температурою, та виводять помилки на екран або передають інформацію про них на центральну консоль, в даному випадку ми будемо використовувати провідний блок комутації “Auraton 4D PRO” [20] , з триходовими клапанами які використовуються як автоматичний кран щоб відкривати або закривати окремі радіатори або окремі частини нашої тепломережі по сигналу термостату [32] . Саме для цього потрібен запас потужності котла, адже наше обладнання створює температурне обмеження для теплоносія в 70*C. Перейдемо до самого блоку Auraton 4D PRO. Це блок комутації який має 4 вхідні та вихідні зонні порти, до яких з одного боку підключаються термостати а з іншого триходові клапани (рис.3.9). В один порт якого підключається 4 сервопривода або додаткове реле, як буде в нашому випадку порт для підключення до електромережі, порт для підключення додаткового насосу та без потенційні контакти які ми приєднаємо до самого котла.

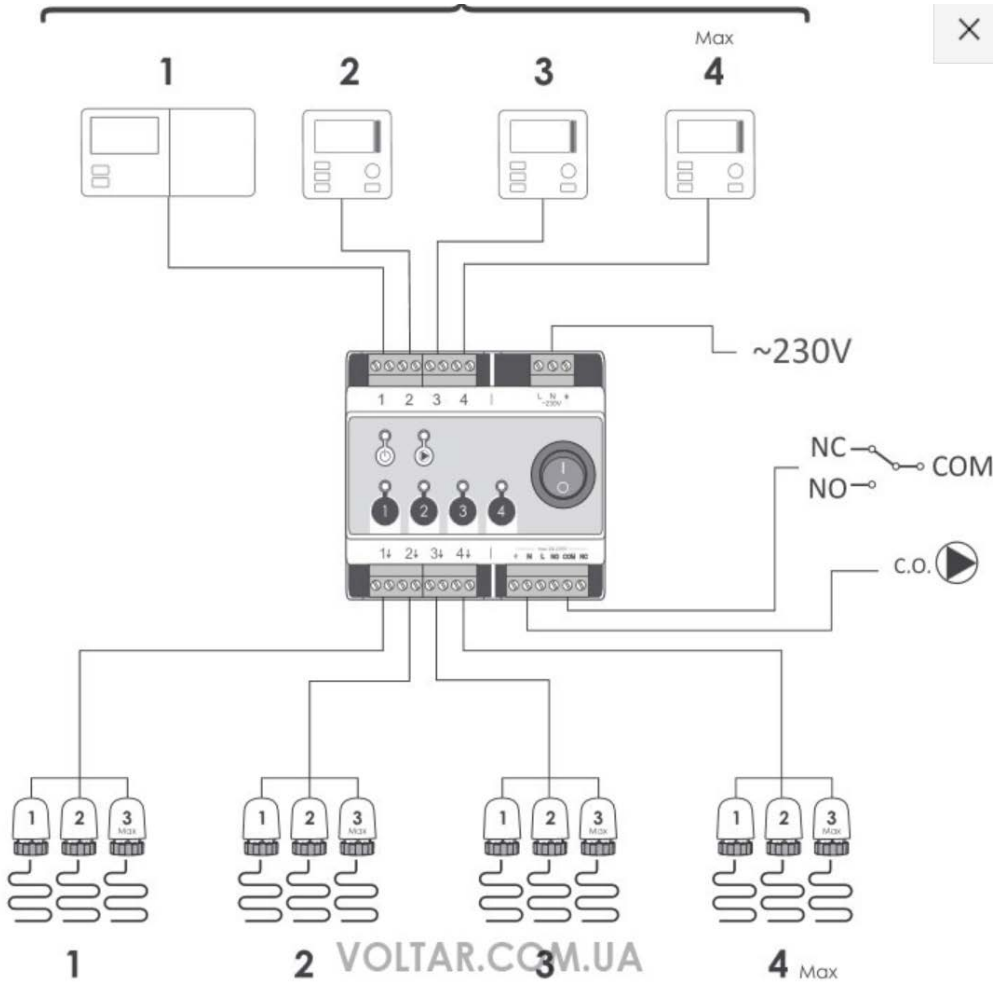


Рис. 3.9 схема підключень контактів до нашого комутатора версії

Цей пристрій в базові версії працює за простою схемою якщо на зону приходить сигнал від термостата то паралельно підключений сервопривід або клапан включається і подає сигнал на котел та запускає за наявності додатковий насос. Відповідно навпаки, якщо всі сервоприводи розєднані то виключається насос і вимикає котел [35] .

Опис принципу роботи простої системи без запрограмованого блоку-підключаємо наш провідний блок комутації відповідно до схеми зображеної на рисунку 3.9., де порт “NO” та “NC” з'єднуємо з гніздом на платі нашого котла, а в верхніх портах є по два виходи для підключення наших термостатів (полярність при підключенні не має значення), підключаємо перший в зону номер один на вихід з якої підключаємо трьохходовий клапан подачі та

зворотньої подачі (для зручності та гарантованої сумісності та злагодженої роботи будемо використовувати вже розглядаємі нами клапани “Afriso AZV 643” який стоїть підключений для відкриття кранів які паралельно підключені до зони 1 в двох екземплярах. Відповідно зона 1 в нас повністю використана (термостат на вхід та клапани на вихід, додатково при сигналі на зону відбудеться запуск або зупинка насосу). В другу зону підключаємо імпульсне реле, для зручності можна використати найпростіше - “Schneider Electric RESI9 16A” для зворотнього ручного перемикання системи на індивідуальну, вихідні порти зони 2 з'єднуємо з триходовими клапанами.

Відповідно, коли з котлом відбувається якась певна поломка або незбіг даних з термостатом той буде подавати сигнал на зону блока комутації, який в свою чергу виключить котел з насосом та перекриє триходові клапани на центральне опалення [33] . Далі по нашій системі починає циркулювати гарячий теплоносій з централізованої енергосистеми не доходячи до котла та насоса, циркулюючи виключно по запланованій ділянці труб та радіаторів. Після виявлення поломки та проведеного ремонту достатньо переключи режим імпульсного реле.

Плюсами такого рішення є:

- Відносна дешевизна;
- Висока надійність.

До мінусів відносяться:

- Недосконала автоматизація зворотнього процесу, де запуск доведеться проводити вручну.

3.4 Метод вирішення досконалою системою з допомогою програмного контролера.

Опис принципу роботи системи з запрограмованим блоком:
В даному випадку ми обійдемося без системного комутатора та замінимо його на програмний логічний контролер Saturn CAT - 500.

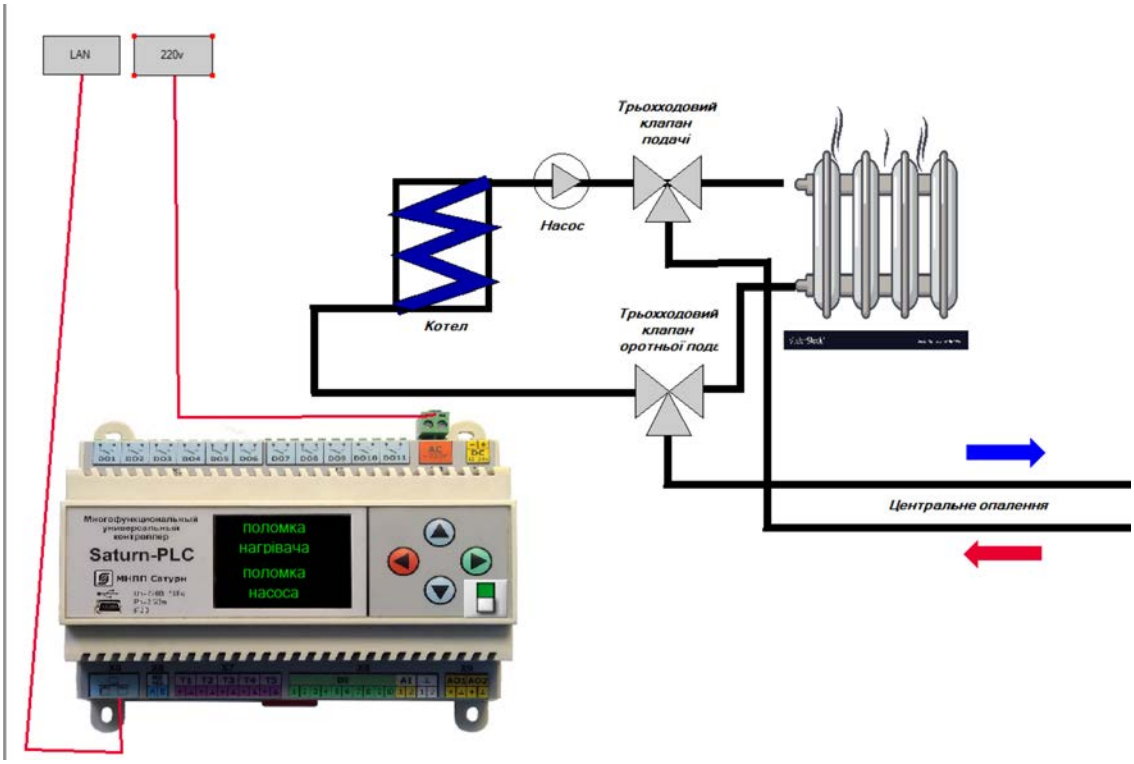


Рис. 3.10 схема підключення контролера до електромережі та мережі зв'язку

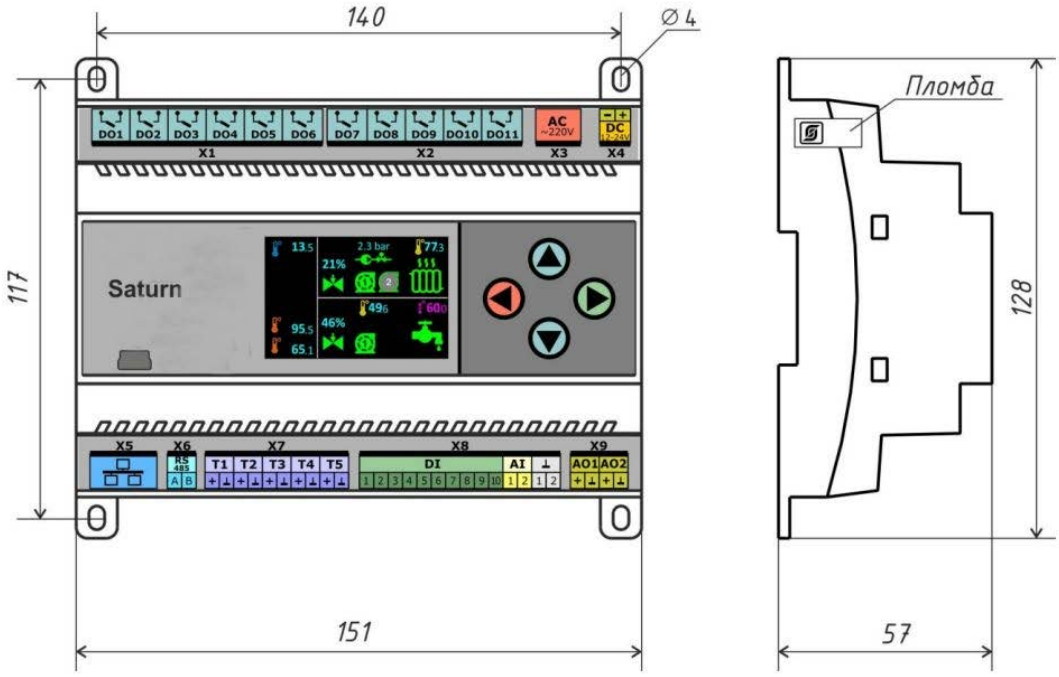


Рис. 3.11 габаритні розміри апаратного контролера

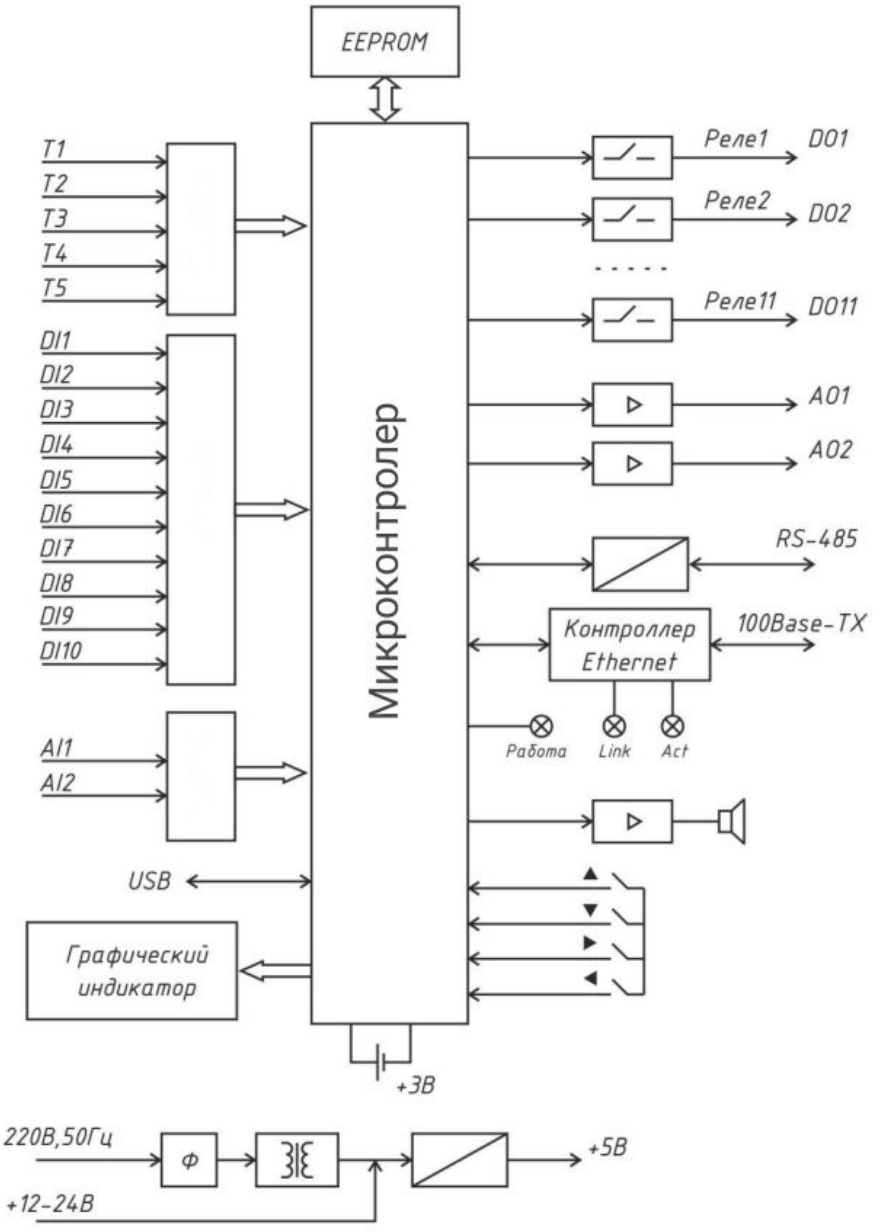


Рис. 3.12 структурна схема контролера

Отже в конфігурації нашої системи в поєднанні з програмним контролером ми не використовуємо комутатор, від попередньої моделі беремо тільки триходові клапани [34] . Підключаємо аналоговий порт x9(рис.3.12) до входу термостата на платі котла, в порти x3 підключаємо електромережу з напругою 220v 50гц(рис.3.10), варто наголосити що в контролера є резервний

акумулятор. В порти x7 підключаємо наші термостати, та триходові клапани підключаються до портів x8. Тут процес відбувається так - від котла, термостату або іншого джерела сигналу яке попередньо було підключене в порт x7, та проведена відповідна привязка в середовищі розробки на контролер приходить сигнал про помилку, перевантаження системи або припинення енергопостачання (додаток 2). При виявленні помилки згідно заданих логічних алгоритмів та записів бібліотеки середовища розробки TRECE MODE, контролер подає сигнал на клапани від єднавши котел з насосом від загальної системи циркуляції енергоносія попередньо вимкнувши їх, та переключившись на теплоносій з центральної енергосистеми. Важливо пам'ятати що у випадках коли контролер відповідальний не тільки за аварійно - резервне перемикання, а й за інші процеси чи навіть систему подачі варто використовувати додаткові засоби візуалізації процесів. В такому випадку штатних засобів мультимедіа буде недостатньо.

Головною перевагою використання контролера CAT - 500 є те, що контролер може поставлятися в вільно програмованому варіанті та спеціалізованому. Для попереднього (базового) підключення контролера до комп'ютера з метою його програмування та початкових налаштувань використовується протокол Modbus TCP. Так через диференційований порт передачі даних 10/100 BaseT Internet під номером X5 за допомогою кабеля підключаємо контролер до маршрутизатора локальної мережі по заданій IP адреси.

В нашому випадку ми розглядаємо контролер CAT - 500 з попередньо запрограмованою під опалення та гаряче водопостачання спеціальною версією контролера (рис 1.3). Отже розглянемо склад бібліотеки в середовищі розробки. Почнемо з групи : “джерела та приймачі” де створено 8 компонентів, а саме:

-Modbus TCP T al - призначена для читання даних по аналоговим входам (рис. 3.13)

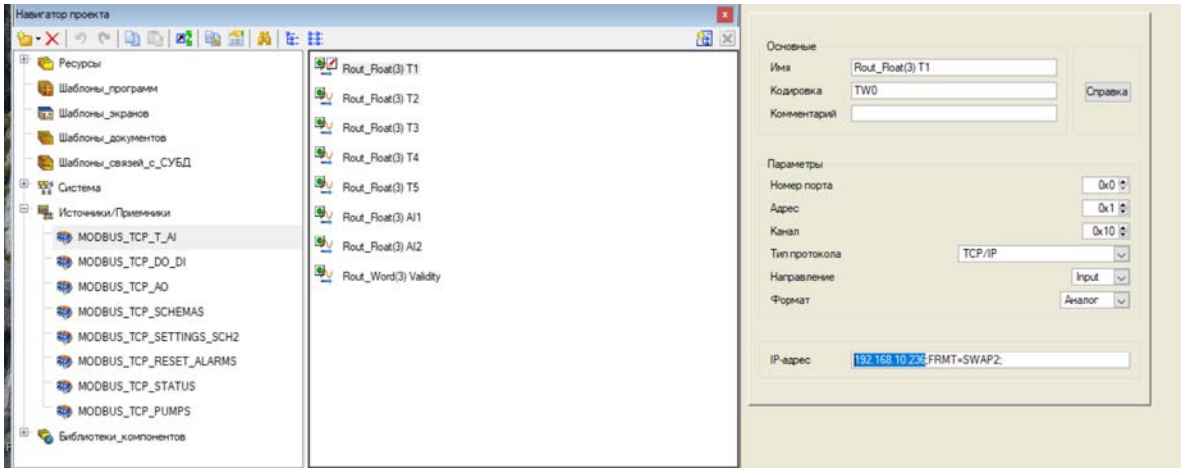


Рис. 3.13 параметри аналогового входу призначеного для зчитування температури T1

Звертаю увагу в рядку IP адреси в кінці є текст FRMT= SWAP2 (рис.3.13), це ключ для переформатування байтів з системи прийняття інформації компанії “INTEL”.

-Modbus TCP DO DI (рис.3.14) - група призначена для зчитування інформації по дискретним входам та виходам.

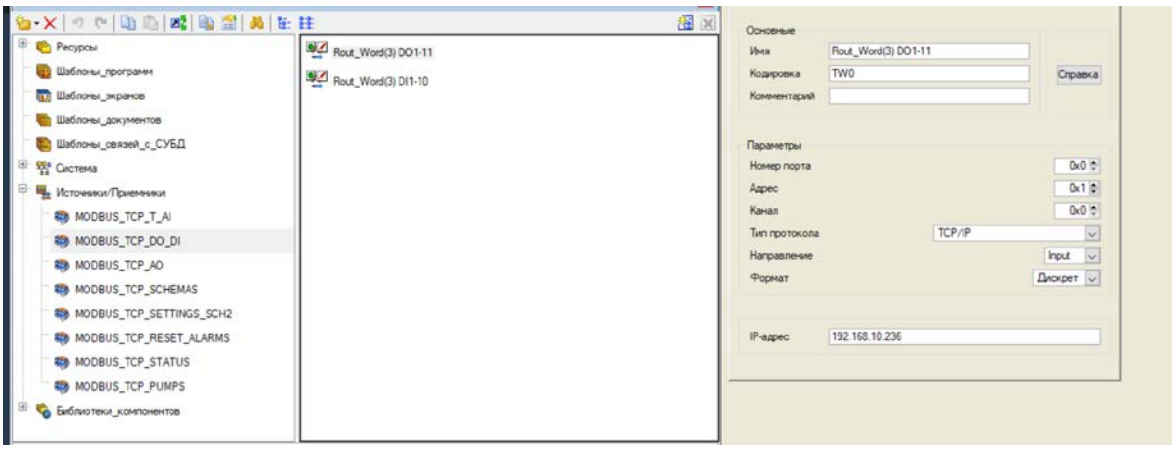


Рис. 3.14 параметри компонента Rout_Word(3) DO1 - 11 призначеного для зчитування дискретних сигналів

Варто помітити що перетасовка байтів в дискретних сигналах на відміну від аналогових відбувається не спеціальним ключем шифрування а

програмою, яка зображена на рис.3.21. Група Modbus TCP AO (рис.3.15) - призначена для читання аналогових виходів та для контролю за внутрішньою батареєю живлення.

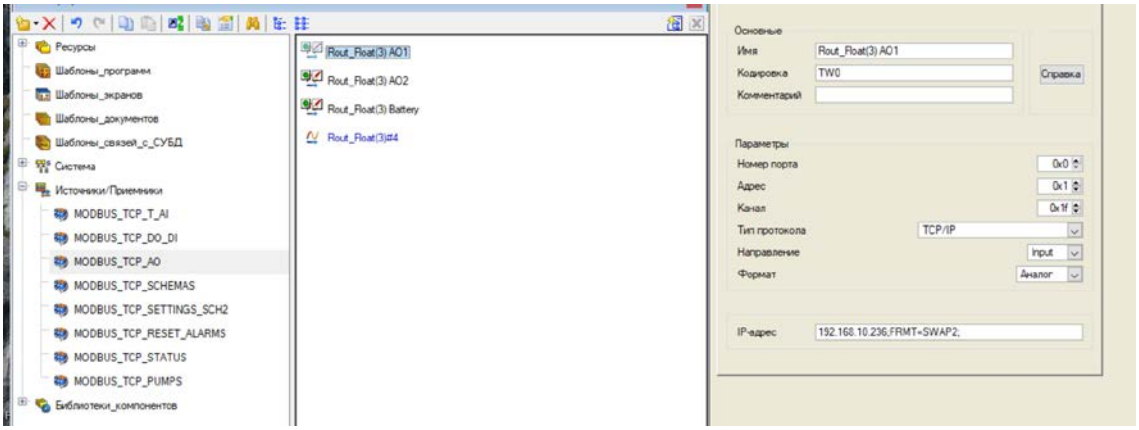


Рис. 3.15 група Група Modbus TCP AO та характеристики компонента Rout Float(3) AO1

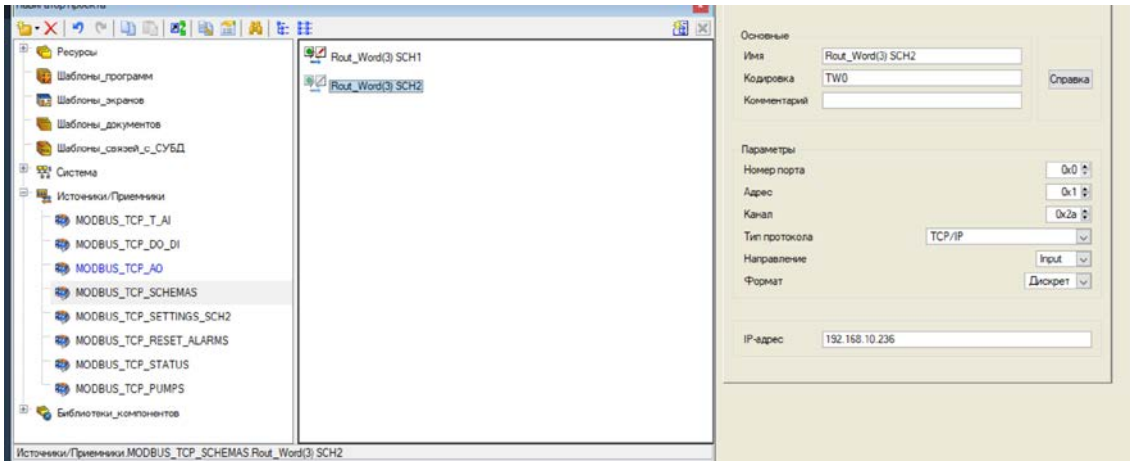


Рис. 3.16 канал Modbus TCP Schemas

Даний канал (рис.3.16) призначений для читання схеми роботи контролера зібраної в каналах

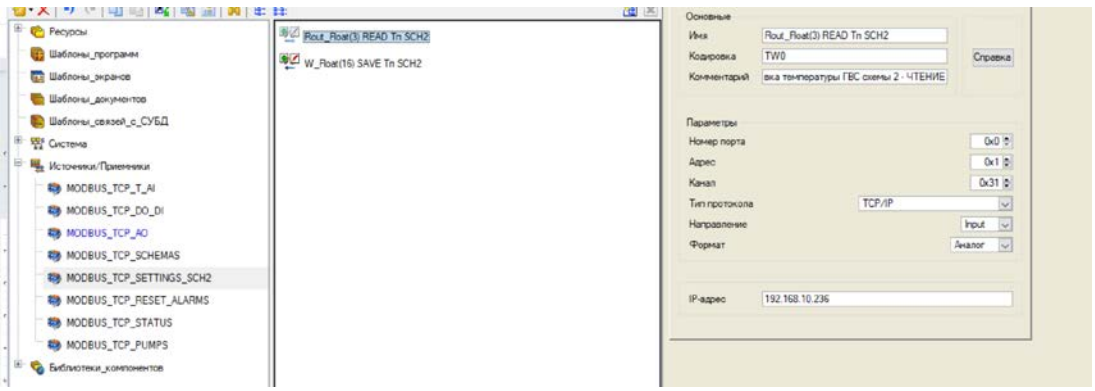


Рис. 3.17 група Modbus TCP Setting SCH2

Група (рис.3.17) призначена для розрахунку температури подачі гарячої води при використанні котла паралельно для системи гарячого водопостачання будинку.

Рис. 3.18 група Modbus TCP Reset alarms

Дана група має два компоненти: “error” і “W_Word(16) RESET ALARMS” (рис.3.18). Перший призначений для підключення діагностики у вигляді монітора. Другий компонент призначений для скидання системи та її перезапуску при конкретному виді помилки.

Групи Modbus TCP Status та Modbus TCP Pumps призначені для донесення інформації про стан схем в каналах та стан насосів у системі. В подальшому всі групи з вкладки джерела та приймачі копіюємо в папку система де завчасно створюємо вузол RTM.

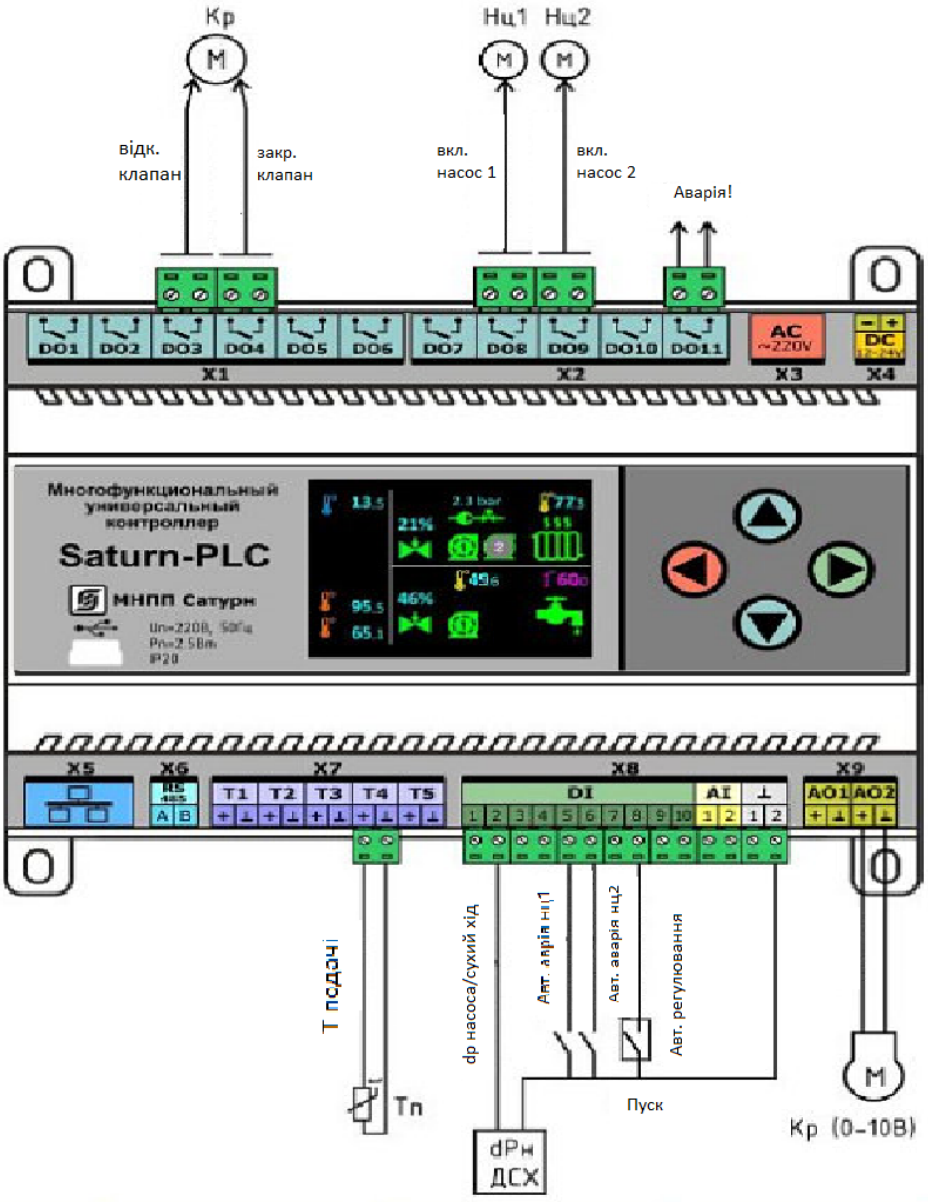


Рис. 3.19 схема підключення контролера з компонентами системи по зовнішньому контуру

Отже перейдемо до програмного середовища розробки Scada Trace Mode, створюємо вузол RTM та додаємо групи яким надаємо відповідні значення.

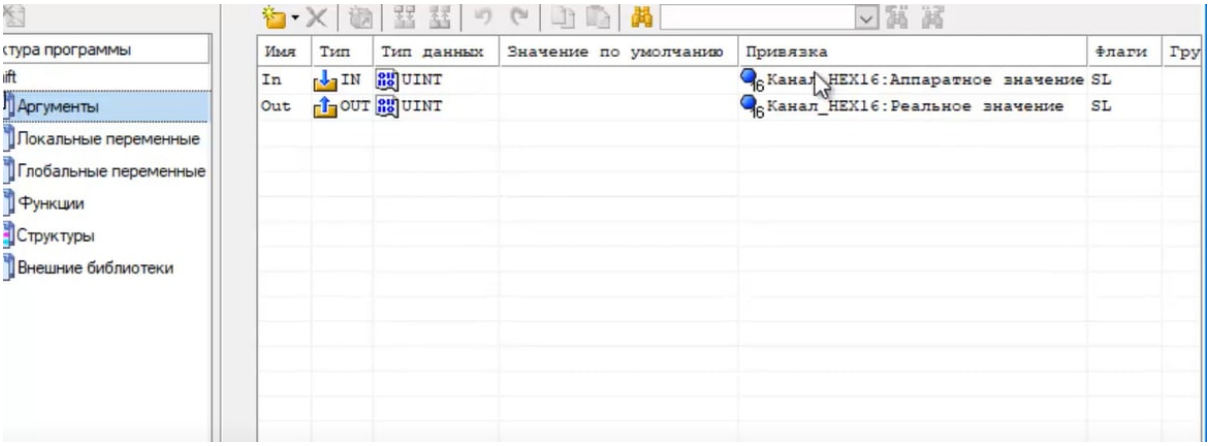


Рис. 3.20 аргументи які ссилаються на реальні дані насосів, клапанів та інших компонентів

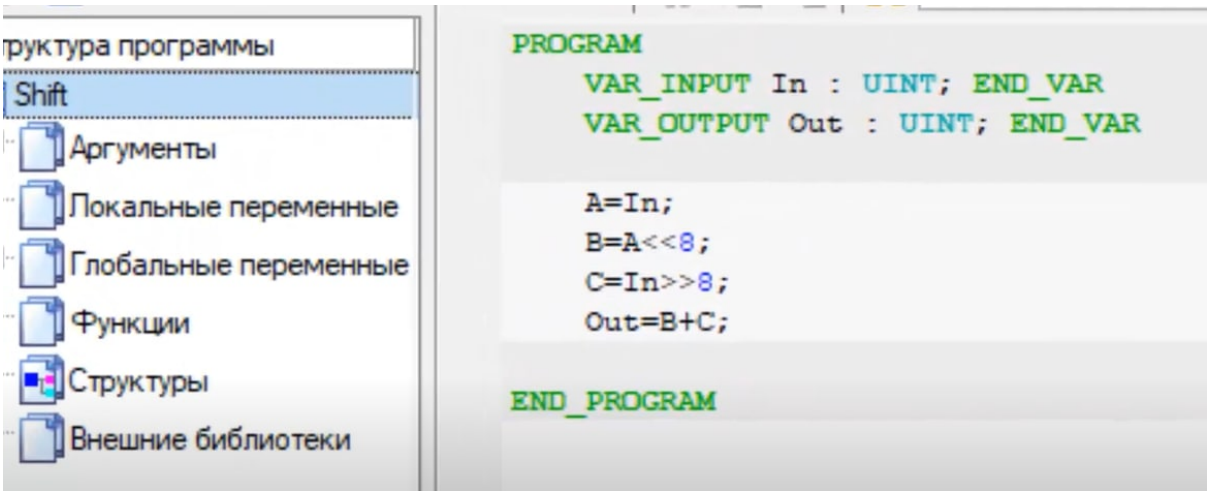


Рис. 3.21 програма мовою “ST” для переконфігурації дискретних бітів та для оптимізації входу і виходу дискретних портів.

```
PROGRAM
    VAR_INPUT AutoMode_In : BOOL; END_VAR
    VAR_OUTPUT AutoMode_C : BOOL; END_VAR
    VAR_INPUT ManualMode_In : BOOL; END_VAR
    VAR_OUTPUT ManualMode_C : BOOL; END_VAR

    //
    if AutoMode_In and isAutoModeFirstStart then
        AutoMode = true;
        isAutoModeFirstStart = false;
    elsif AutoMode_In and !isAutoModeFirstStart then
        AutoMode = false;
        isAutoModeFirstStart = true;
    end_if;

    //
    if ManualMode_In and isManualModeFirstStart then
        ManualMode = true;
        isManualModeFirstStart = false;
    elsif ManualMode_In and !isManualModeFirstStart then
        ManualMode = false;
        isManualModeFirstStart = true;
    end_if;

    if !AutoMode and !ManualMode then// 0 0
        AutoMode_C = false;
        ManualMode_C = false;
    elsif !AutoMode and ManualMode then// 0 1
        ManualMode_C = true;
        isLastManualModeState = true;
    elsif AutoMode and !ManualMode then // 1 0
        AutoMode_C = true;
        isLastAutoModeState = true;
    elsif AutoMode and ManualMode then  // 1 1
        if isLastManualModeState then
            ManualMode = false;
            ManualMode_C = false;
            isLastManualModeState = false;
        end_if;
        if isLastAutoModeState then
            AutoMode = false;
            AutoMode_C = false;
```

Рис. 3.22 частина алгоритму переключення системи

```
    if !AutoMode and !ManualMode then// 0 0
        AutoMode_C = false;
        ManualMode_C = false;
    elsif !AutoMode and ManualMode then// 0 1
        ManualMode_C = true;
        isLastManualModeState = true;
    elsif AutoMode and !ManualMode then // 1 0
        AutoMode_C = true;
        isLastAutoModeState = true;
    elsif AutoMode and ManualMode then  // 1 1
        if isLastManualModeState then
            ManualMode = false;
            ManualMode_C = false;
            isLastManualModeState = false;
        end_if;
        if isLastAutoModeState then
            AutoMode = false;
            AutoMode_C = false;
            isLastAutoModeState = false;
        end_if;
    end_if;

END PROGRAM
```

Рис. 3.23 частина алгоритму переключення системи

Вписуємо відповідні критичні величини та вибираємо типи помилок та дія контролера при них, як на рис.3.24. Написавши відповідні алгоритми (рис.3.22), (рис.3.23), (рис.3.24), задавши критичні параметри, виконавши прив'язку до компонентів системи, запускаємо проект, та переходимо в режим тестування, в варіанті що відображається дана робота використовуються привязка до віртуальних аналогових сигналів та інших вводних нами даних.

Запустивши проект вмикаємо сам контролер, на екрані якого ми можемо бачити текст “поломка нагрівача ” та ”поломка насоса” який буде відображатися при відповідних помилках. Запустивши нашу схему, відобразиться процес вмикання насосу, котла та перемикання наших

трьохходових клапанів для роботи по замкнутому кругу автономного опалення.

Комментарии

```
PROGRAM
    VAR_INPUT PLC : USINT; END_VAR
    VAR_INPUT KotelAl : USINT; END_VAR
    VAR_OUTPUT Kotel : USINT; END_VAR
    VAR_OUTPUT Pump : USINT; END_VAR
    VAR_INPUT PumpAl : USINT; END_VAR
    VAR_OUTPUT ValveP : REAL; END_VAR
    VAR_OUTPUT ValveP2 : USINT; END_VAR

    if PLC and not KotelAl and not PumpAl then
        Kotel := 1;
        Pump := 2;
        ValveP := 100;
        ValveP2 := 0;
    else
        Kotel := 0;
        Pump := 0;
        ValveP := 50;
        ValveP2 := 1;
    end_if;
    if PumpAl then
        Pump := 2;
    elsif not PumpAl and not PLC or KotelAl then
        Pump := 0;
    elsif not PumpAl and PLC then
        Pump := 1;
    end_if;
```

Рис. 3.24 задання критичних параметрів

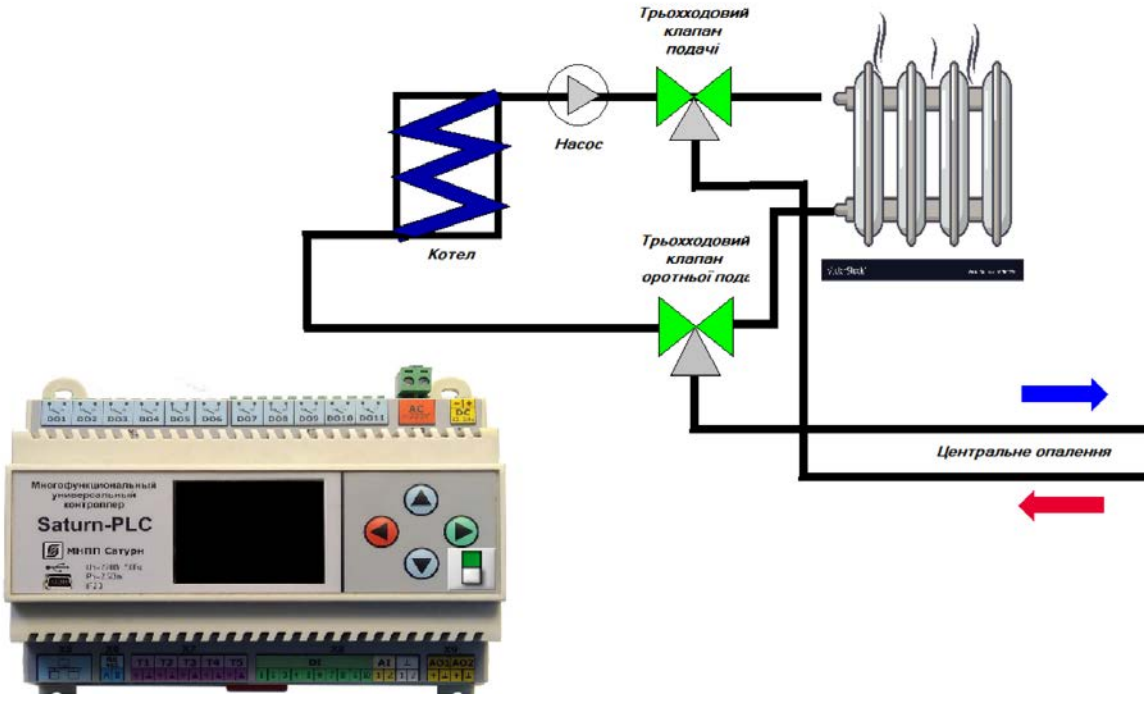


Рис 3.25 робота контролера при справній системі

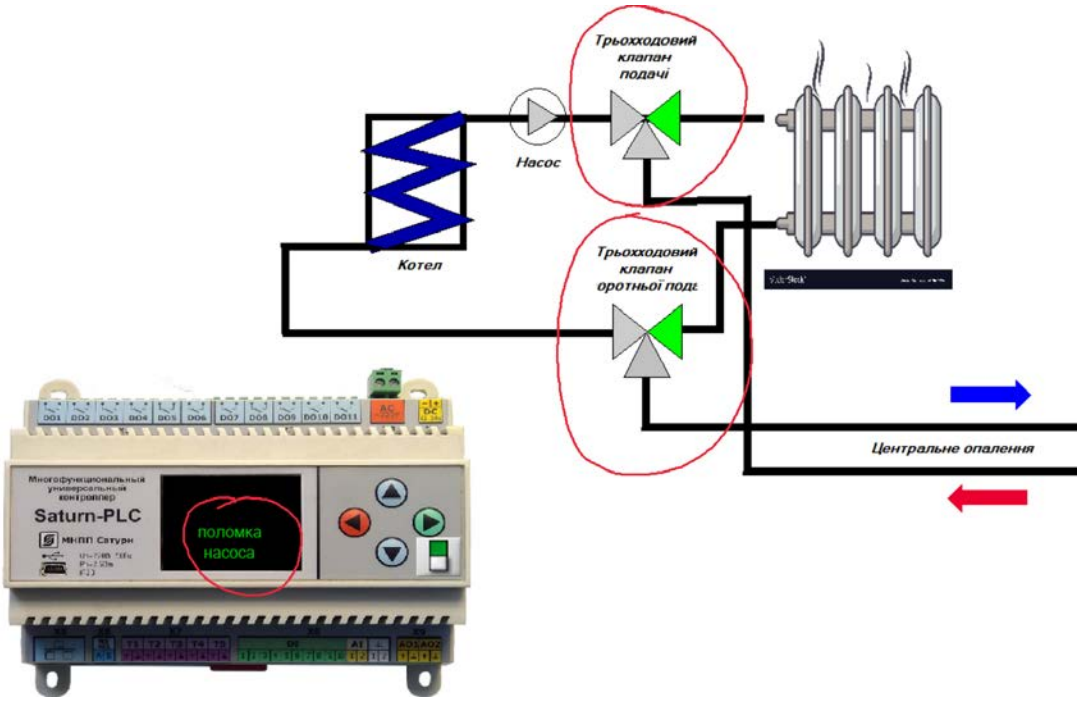


Рис. 3.26 робота контролера при аварійні ситуації

Як видно з рис.3.26 - при виникненні помилки контролер подає сигнал на триходові клапани та перемикає їх в інше положення, паралельно з цим вимикаючи індивідуальну систему опалення.

3.5 Додаткові аспекти двосистемного підходу.

Варто додати що ми розглядаємо та моделюємо наш проект виключно з технічної та програмної точки зору. До уваги не беруться юридичні особливості реалізації цих замислів на окремих територіях чи державах, не враховуються їх законодавчі обставини для можливості функціонування двох систем водопостачання в одному будинку чи самостійне відключення від однієї з них недоступна. Це технічний проект з моделювання системи автоматизації не бере до уваги законодавчу базу жодної з країн.

В Україні дане питання регулюється законом про «Про житлово-комунальні послуги» 2017 року який вступив в силу 1 травня 2019 року та який

забороняє користуватися двома системами опалення індивідуально [1] . Більше того він строго регулює порядок переходу з централізованого опалення на індивідуальне, як не дивно цей процес доступний не для всіх та має окремо обговорюватись зі всіма співмешканцями житлового багатоквартирного будинку та самою енергетичною компанією. Наразі в Україні міста починають повністю відмовлятися від централізованого опалення та переходять на індивідуальне або автономне опалення в залежності від потреб мешканців.

Висновки до розділу 3.

1. В розділі аргументований аналіз та проведений розбір існуючих SCADA-СИСТЕМ, та аргументований вибір технічних засобів для конкретної системи автоматизованого управління в середовищі програмної розробки TRECE MODE.
2. Проведені розрахунки з енергоефективності та потреби теплової енергії вибраного житлового будинку з метою подальшої економічно раціональної покупки необхідного обладнання для індивідуальної системи опалення.
3. Відображено програмну складову системи в середовищі програмної розробки TRECE MODE, написані програми для перетасовки байтів (рис.3.21), що необхідно програмному логічному контролеру для сприйняття вхідної аналогової інформації, написані стандартні алгоритми для злагодженої роботи контролера в різних умовних середовищах, прив'язані аргументи до відповідних візуальних компонентів графічного редактора.
4. Розроблено просту систему автоматичного керування за допомогою блока комутації Auraton 4d pro.
5. Розроблено оптимальну систему автоматизованого управління систем індивідуального опалення з функцією аварійно резервного перемикання на систему централізованого опалення з програмним логічним контролером Saturn CAT - 500. Та проведені інженерно-проектувальні роботи

з метою вибору найдоцільнішого типу опалення та розташування компонентів в системі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений збір інформації аналітичних та статистичних даних, для розрахунків з енергоефективності систем опалення різних типів та енергоощадності конкретних будівель з метою вибору раціонально-доцільного обладнання.

2. Проведений аналіз та детальний розбір різних типів та систем опалення, їх характеристик та якісних властивостей. Проаналізовані їх моделі моделі поведінки в поєднання і з програмними логічними контролерами та іншими системами автоматизації.

3. Створена модель аварійно - резервного перемикання між різними типами опалення, в основі з програмним логічним контролером Saturn CAT - 500, яка може відповідати за контроль над індивідуальною системою опалення, а саме контролює температуру, тиск у системі, в разі необхідності відповідає за автоматизоване управління системи подачі палива та яка здатна враховувати вхідні сигнали термостату, котла, насоса та інших датчиків індивідуальної системи опалення для прийняття логічних рішень згідно заданого алгоритму для перемикання на централізовану систему опалення, яка виступає резервною, та циркулює свій теплоносій по суміжні системи по вибрані ділянці з нагріваючими елементами не стикаючись з котлом та іншими елементами індивідуальної системи опалення. Та у випадку отримання вхідного сигналу про можливість відновлення функціонування індивідуальної системи опалення згідно заданих логічних алгоритмів здійснює відповідні вихідні сигнали на елементи виконання у системі.

4. Методом математичного моделювання знайдено області допустимих значень параметрів регуляторів та проведено дослідження якісних показників динамічних процесів за вихідним параметром. Дослідження показали, що застосування позаштатних контролерів дозволяє знизити рівень споживання енергоносіїв для роботи котла на 10% за рахунок скорочення часу подачі.

5. Порівнюючи систему аварійно - резервного перемикання здатної

поєднювати два різні типи опалення, вона виходить економічно вигідною в обслуговуванні та встановленні обладнання в порінянні з забезпеченням індивідуальної системи резервними елементами живлення та додаткового накопичення енергоресурсів для її функціонування та покупкою резервних котлів. До того вона дає широкий запас можливостей для подальшої автоматизації процесів опалення та гарячого теплопостачання з метою персоналізації під потреби споживачів для досягнення їх бажаного рівня комфорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про житлово-комунальні послуги : Закон України від 09.11.2017 р. № 2189-VIII : станом на 1 трав. 2021 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text (дата звернення: 17.11.2022).

2. Brunetkin O.I., Gusak A.V. Determination of the range of change of the convective heat transfer coefficient during the burning of alternative types of gaseous fuel. Proceedings of the Odessa Polytechnic University. 2017. Vol. 2 (46). P. 79-84.

3. Brunetkin O.I., Gorban S.O. Heat transfer optimization of heat exchange surfaces of boiler equipment with decrease in consumption of combustion products. Proceeding of the Odessa Polytechnic University. 2017. Vol. 3 (53). P. 32-36.

4. Гудвин, Г.К. Проектирование систем управления. / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребе, М.Э. Сальгадо; пер. с англ. А.М. Епанешникова – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. – 911 с.

5. Денисов, А.А. Теория больших систем управления: учеб. пособие для вузов / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников – Ленинград: Энергоиздат, Ленингр.отд- ние, 2015. – 288 с.

6. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; Пер. с англ. Б.И. Копылов. – Москва: Лабораторий базовых знаний, 2016. – 832 с.

7. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования / Г.Ф.Зайцев. – 2-е изд., перераб. и доп. - Киев: Выща шк. Головное изд-во, 2018. - 431 с.

8. Зотов, М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления / М.Г. Зотов. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. – 375 с.

9. Иванова, А.А. Управление режимами вторичного охлаждения МНЛЗ / А.А. Иванова // Доклады XV международной конференции по автоматическому управлению «Автоматика – 2008». - Одесса, 2020. – С.221-

224.

10. Індивідуальний тепловий пункт. [Електронний ресурс] Схеми та сучасні рішення / AW-Therm.com.ua. URL: https://aw-therm.com.ua/individualnij-teplovij-punkt-shemi-ta-rishennya/ (дата звернення: 17.11.2022).

11. Опалення в двоповерховому будинку. [Електронний ресурс] Верхня і нижня розводка, однотрубна і двотрубна система, особливості монтажу - Корисний порадник. Корисний порадник. URL: https://poradnuk.com/remont/opalennya-v-dvopoverxovomu-budinku-verxnya-i-nizhnya-rozvodka-odnotrubna-i-dvotrubna-sistema-osoblivosti-montazhu.htm (дата звернення: 17.11.2022).

12. Система індивідуального опалення [Електронний ресурс] – Вікіпедія. URL: http://surl.li/dobzs (дата звернення: 17.11.2022).

13. Мэтьюз, Д. Численные методы. Использование MATLAB / Д. Мэтьюз, К. Финк. - 3-е издание: пер. с англ. – Москва: Изд. дом Вильямс, 2019. -720 с.

14. Нелинейная теория управления: динамика, управление, оптимизация. Под. ред. В.М. Матросова, С.Н. Васильева, А.И. Москаленко. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018. – 352 с.

15. Олссон, Г. Цифровые системы автоматизации и управления / Г. Олссон, Д. Пиани. – Санкт Петербург: Невский Диалект, 2018. – 557 с.

16. Перельмутер, В.М. Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox и Robust Control Toolbox / В.М. Перельмутер - Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2019. – 224 с.

17. Подчукаев, В.А. Теория автоматического управления (аналитические методы): учеб. для вузов. / В.А. Подчукаев. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018.– 392 с.

18. Ткаченко, В.Н. Математическое моделирование, идентификация и управление технологическими процессами тепловой обработки материалов. Серия «Задачи и методы: математика, механика, кибернетика» / В.Н.

Ткаченко. – Киев: Наукова думка, 2018. - Том 13. – 440 с.

19. Чернышев, Н.Н. Синтез математической модели системы автоматического управления / Н.Н. Чернышев // Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні технології», гол. ред. В.Ф. Євдокимов. – Київ: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, 2019. – Випуск 65. – С. 195-202.

20. Prostobank Consulting. [Електронний ресурс] Індивідуальне опалення. URL: http://surl.li/dobzt (дата звернення: 17.11.2022).

21. Проводной блок коммутации Auraton 4D PRO. [Електронний ресурс] - Отопительная техника, водоснабжение и Водоотведение, кондиционеры и комплектующие. URL:https://voltar.com.ua/shop/auraton-4d-pro-4-zonnyi-provodnoi-blok-kommutatsii.html/ (дата звернення: 17.11.2022)

22. Управление отоплением и горячим водоснабжением. [Електронний ресурс] (ГВС) в ПЛК CAT-500: SCADA система для АСУ ТП. SCADA. URL: http://www.adastra.ru/products/drivers/CAT/ (дата звернення: 17.11.2022).

23. Автоматизована система керування технологічним процесом. [Електронний ресурс] – Вікіпедія. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Автоматизована_система_керування_технологічним_процесом (дата звернення: 17.11.2022).

24. Kim, Minsung. Control of mold level in continuous casting based on a disturbance observer / Minsung Kim, SungWoong Moon, Changheum Na, Dukman Lee, Yeongsub Kueon, Jin S. Lee // Journal of Process Control, 2018. – Vol 21, Issue 7 - P. 1022– 1029.

25. Rajendra. T1, Rachappa Kadli2, Anil Kumar. S. Development and Implementation of Nozzle Clogging Index at Continuous Caster to Improve Length of Casting / International Journal of Recent Development in Engineering and Technology Volume 5, Issue 6, June 2019.- P. 10-14

26. Thomas B.G. Continuous Casting. The Encyclopedia of Materials: Science and Technology / B.G. Thomas. – Oxford (United Kingdom): Elsevier Science Ltd, 2019. – 506 p.

27. Ильинский, Н.Ф. Общий курс электропривода / Н.Ф. Ильинский, В.Ф. Казаченко. М.: Энергоиздат, 1992. 544 с.

28. А. Ш. Шейнбліт Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для техникумов. – М.:Высш. Шк., 1991. – 432 с.: ил.

29. Анурьев В.И. – Справочник конструктора – машиностроителя в 3-х томах – М.:Машиностроение .-1979. 6. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин : [учеб. для втузов] / И. И. Артоболевский – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с. – ISBN 5-02-013810-X.

30. Правила виконання кінематичних схем. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи кінематики. (Стандарт кафедри)/ Упор. Б. В. Орловський, В. О. Пищиков, Арабінова Н.С. - .: КНУТД. – 2003. -32 с.

31. Сологуб А.В. Solid Works 2007: технология трехмерного моделирования /А.В. Сологуб, З.А. Сабирова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 352 с

32. Арменский Е.В. Фалк Г.Б. Электромеханические устройства автоматики: Учебное пособие / Московский государственный институт электроники и математики. М., 2002.Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2005. – 408 с.

33. Корнеев В., Киселев А. Современные микропроцессоры., БХВ-Петербург 2012. 448 с. 8. Розодюк М. П., Козак М. О. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни "Дослідження крокового двигуна". – Вінниця: ВНТУ, 37 с.

34. Белов М.П. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации / М.П. Белов, О.И. Зементов, А.Е. Козярукидр., под ред. В.А. Новикова, Л.М. Чернигова. М.: Издат. центр «Академия», 2006. 368 с.

35. Дьяков В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию. М.: Высшая школа, 2000. 180 с.

36. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат 55 Arduino/Freeduino. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 256 с. ил - (Электроника).

37. Організація виробництва: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів/ Володимир Онищенко, Олександр Редкін, Анатолій Старовірець, Віра Чевганова,. - К.: Лібра, 2005. - 334 с.

38. Конвейеры: Справочник / Р.А. Волков, А.Н. Гнутов, и др. под общ. ред. Ю.А. Пертена. Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1984. 367 с.

39. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів за спеціальністю «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування». – К.:Видавничо-поліграфічний дім «Формат». – 2007. – 320с.,іл..154.

40. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин : [учеб. для втузов] / И. И. Артоболевский – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с. – ISBN 5-02-013810-X. 54. ГОСТ 8908-81 Нормальные углы;

41. Винахідницька діяльність Київського національного університету технологій та дизайну за 2013 р. [Текст] : в 2 т. / [І. М. Грищенко, В. В. Каплун, Г. Ю. Павленко, Н. Д. Пруднікова, І. В. Скопінцева, О. О. Коваленко]. - К. : КНУТД, 2014 - . Т. 1. - 2014. - 340 с. -). –

42. Maksimov M.V., Lozhechnikov V.F., Dobrovolskaya N.S., Bondarenko A.V. Mathematical model of non-certified burning fuels. East European journal of advanced technologies. 2014. Vol. 2. Issue 8.(68). P. 44- 52.

43. Власов, К.П. Теория автоматического управления: Учеб. пособие / К.П.Власов, А.С.Анашкин. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), 2015. - 103 с

44. Волкова, В.Н. Теория систем / В.Н. Волкова, А.А. Денисов – Москва: «Высшая школа», 2018. – 511с.

45. Выскуб, В.Г. Методы анализа и синтеза сложных автоматических систем / В.Г Выскуб, С.В. Колодезев, А.Н. Тихонов, П.И. Чинаев. – Москва: Машиностроение, 2019. – 303 с.

46. Медведев, В.С. Control System Toolbox. MATLAB 5 для студентов / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин [ред.] и др. – Москва: ДИАЛОГ-

МИФИ, 2015. – 278 с.

47. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х томах. Под ред. Н.Д. Егупова. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 748 с.

48. Мещеряков, В.В. Задачи по математике с MATLAB SIMULINK / В.В.Мещеряков. – Москва: ДИАЛОГ-МИФИ, 2018. – 528 с.

49. Astrem K.J., Murray R.M. Feedback systems: an introduction for scientists and engineers, Published by Princeton University Press, 2018. – P. 409.

50. Camisani-Calzolari F., Craig Ian., Pistorius C. Mould Temperature Control in Continuous Casting for the Reduction of Surface Defects. ISIJ International, Vol. 44 (2020), No.8. - P. 1393–1402.

51. **C**ukierski, K. Flow control with local electromagnetic braking in continuous casting of steel slabs / K. Cukierski, B. G. Thomas // Metall. Mat. Trans., 2017. – B. 39. – No 1. - P. 94-107.

52. Girase N. U., Basu S., Choudhary S. K. Development of indices for quantification of nozzle clogging during continuous slab casting. Journal Ironmaking & Steelmaking Processes, Products and Applications. - 2019. - Volume 34. - Issue 6. – P. 506-512

ДОДАТОК 1

УДК 681.5

АВТОМАТИЗАЦІЯ АВАРІЙНО - РЕЗЕРВНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ

Ю.О. Лебеденко, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну
П.Т. Пограничний, магістр
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: автоматизована система опалення, мікроконтролер, автоматизація.

Велика частина житлових будинків та інших приміщень в світі та Україні опалюється за допомогою індивідуальних та автономних систем опалення. Які працюють на різних джерелах енергії: природному газі, твердих горючих матеріалах, рідких горючих матеріалах, біогазу та електроенергії. В теперішніх умовах з перебоями постачання енергоносіїв в Україні не завжди можливо, встановлювати додаткове обладнання для належного функціонування індивідуальних систем опалення. У випадках коли це можливо, для прикладу покупка генераторів чи газових балонів це не завжди зручно та дорого. Я пропоную автоматизовану систему енергопостачання яка поєднує в собі в одне ціле індивідуальну та централізовані системи опалення [1]. Для її коректної роботи в Україні зараз, потрібне вдосконалення законодавчої бази, ми розглянемо теоретичну складову.

Об'єктом дослідження є системи автономного, індивідуального та централізованого типу. Предметом дослідження виступає процес аварійно-резервного перемикання між різними типами опалення.

Проектування розглядаєься на двотрубні індивідуальні та централізовані системі з використанням трьохходових клапанів “Afriso AZV643”[2]. Для автоматизації підійде більшість сучасних програмних контролерів в яких наявні аналогові та цифрові порти. Ми вибрали контролер моделі “Saturn cat-500” з використанням програмного середовища “Trece mode”, з початковим підключенням по протоколу “Modbus TCP” через порт “10/100 BaseT Internet”.

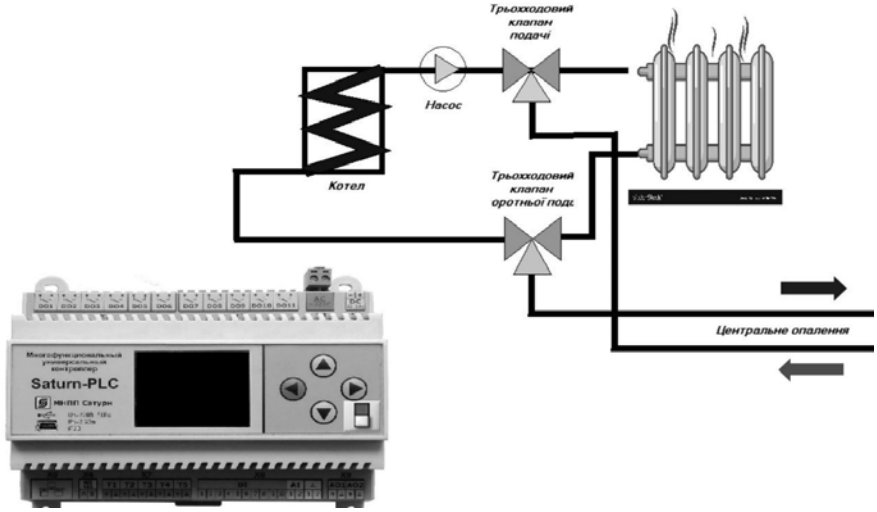


Рисунок 1 Візуальна схема поєднання двох систем опалення

Контролер програмується так, що за звичних умов та обставин по системі циркулює теплоносій з індивідуальної системи опалення по замкнутому кругу, ніяк не стикаючись з елементами централізованої системи опалення за допомогою перекритих трьохходових клапанів. В випадках настання спеціальних умов, та надходження на контролер відповідних сигналів від котла, насоса чи додатково встановлених термостатів, таких як зупинка постачання природного газу що унеможливлює роботу котла, чи електроенергії яка потрібна для роботи насоса та часто інших елементів системи контролер, який має внутрішню резервну батарею, продовжує працювати та відповідно до заданого алгоритму з урахуванням особливостей проблеми може подавати сигнал на триходові клапани, змінюючи положення їх напрямку роботи для циркуляції по вибраній ділянці теплопроводу енергоносія з централізованої системи опалення, паралельно вимикаючи всі елементи індивідуальної. Таким чином як видно на рисунку 2, в системі починає циркулювати центральний теплоносій по ділянці з радіаторами, та іншими нагріваючими елементами ніяк не взаємодіючи з насосом та котлом індивідуальної системи, що дає можливість у разі потреби проводити їх обслуговування та ремонт.

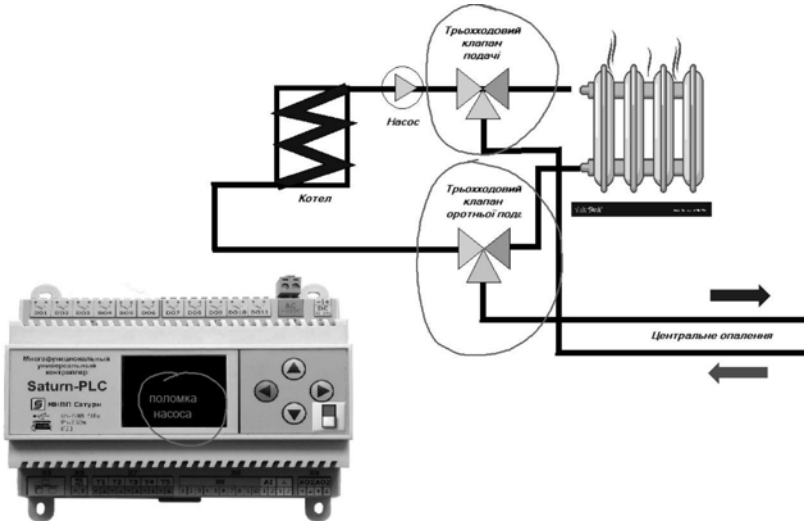


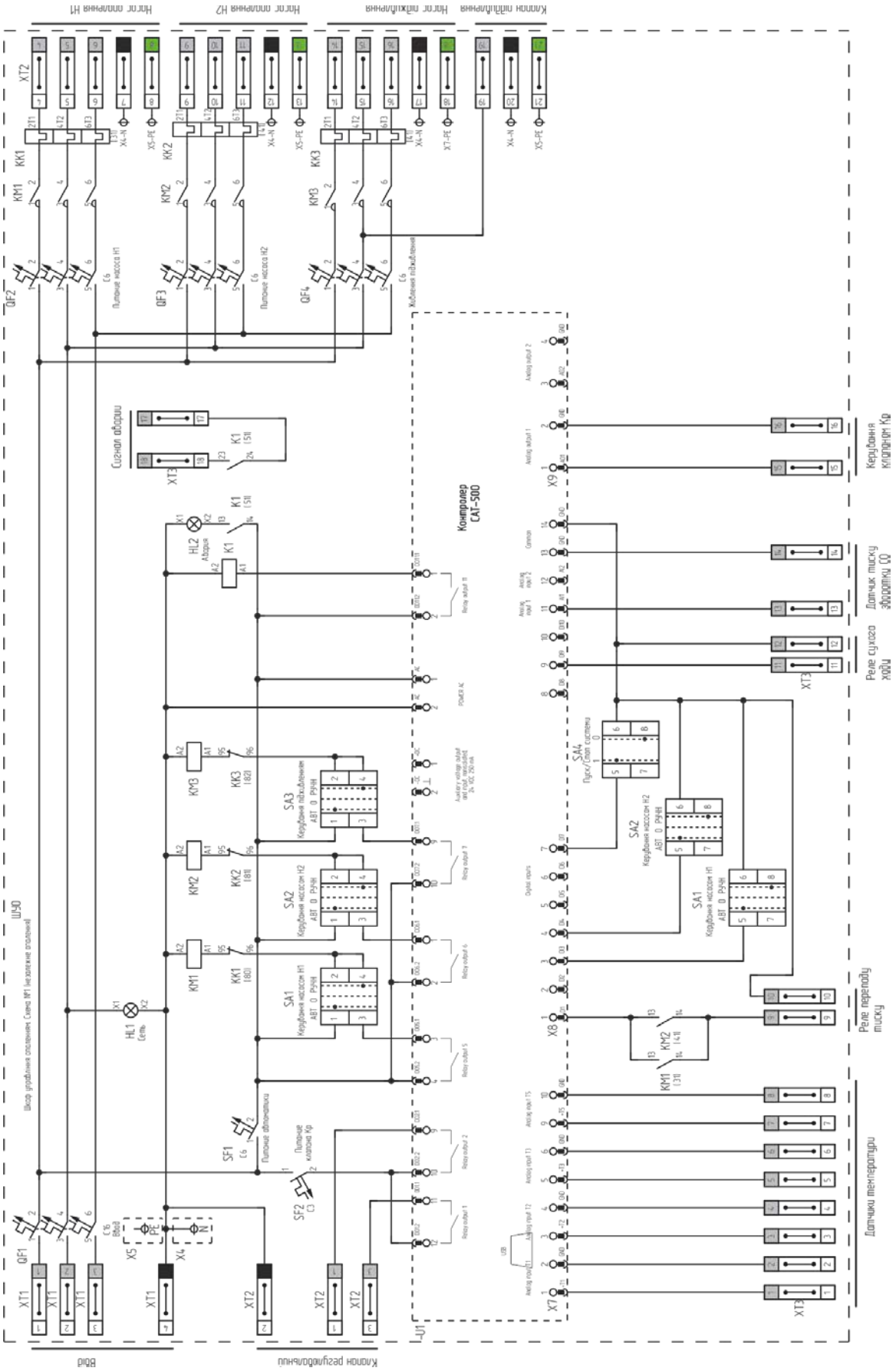
Рисунок 2 робота контролера під час поломки насоса

Список використаних джерел

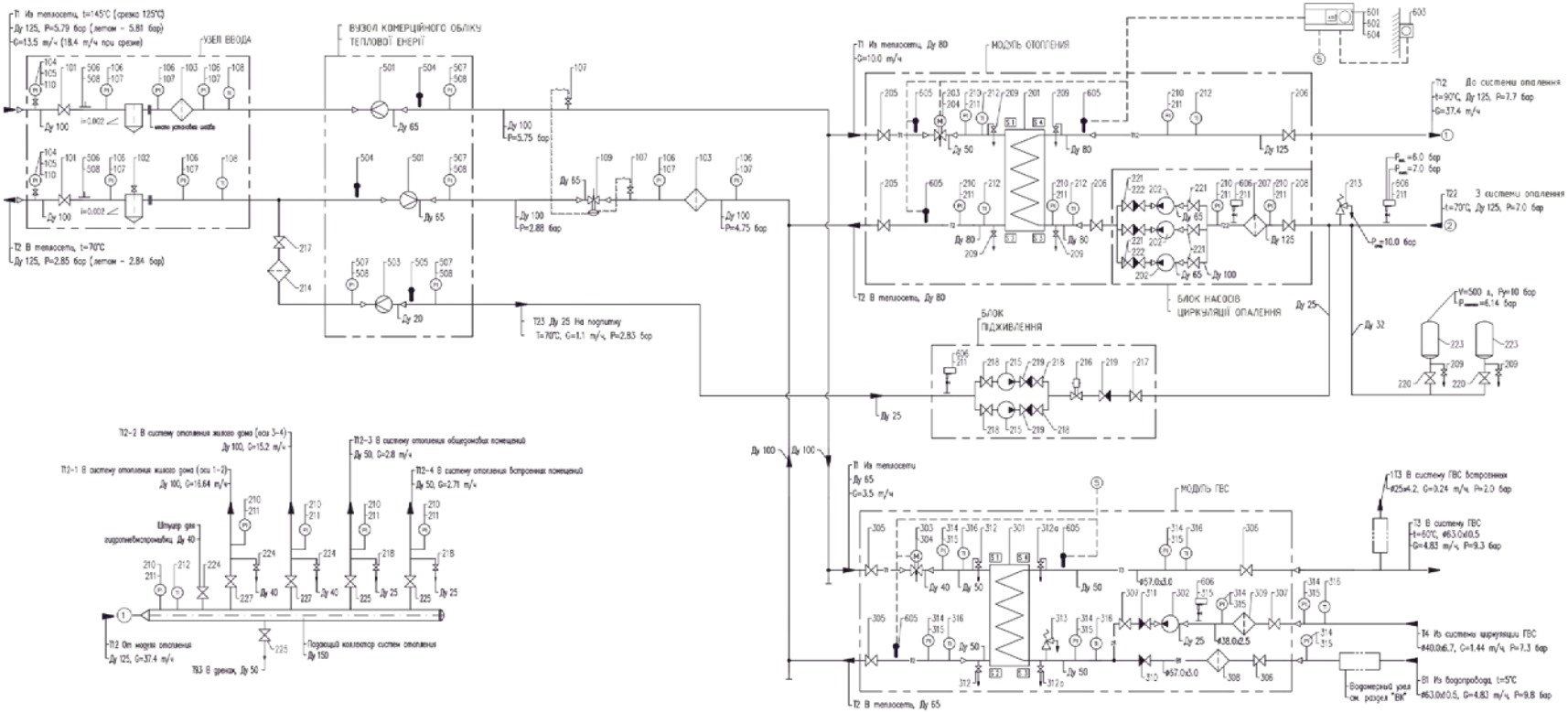
1. Нікольський В.В, Полунін М.М. Методичні вказівки з дисципліни «Автоматизація систем опалення та вентиляції» / В.О. Макаров - Одеса: Вид-во ОДАБА, 2014 . С. 9-14

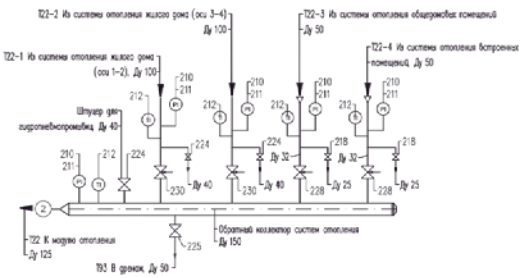
2. Нікольський В.В, Полунін М.М. Методика підбору триходового регулюючого органу для систем опалення. / В.О. Макаров - Одеса: Вид-во ОДАБА, 2014 . С. 4-9

ДОДАТОК 2



ДОДАТОК 3





ЕКСПЛІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

МАРКА ПОЗ.	ПОЗНАЧЕННЯ, КОД	НАЙМЕНУВАННЯ	КОЛ.	ПРИМ.
109	RDT-1.1-65-50	Клапан регулирующий RDT, Ду 65, Kvs=50.0 м3/ч, Pрег=0,2...1,6 бар	1	
201	Э_180427-ВС1Н	Теплообменник отопления TB3-BFG, 61 пластина	1	
202	96402316	Насос циркуляционный UPS 65-180, Ду 65, 3 х 380 В, P=3 х 1.55 кВт	3	
203/204	TRV-50-40-101	Клапан регулирующий TRV, Ду 50, Kvs=40.0 м3/ч, с эл.приводом TSL-1600 (тип 101)	1/1	
213	ПРП095-05-032-10	Клапан предохранительный ПРЕГРИН 095, G 1 1/4-Rp 1 1/4, ВР, латунь. Pсраб=10 бар	1	
215	9647B872	Насос подпитки отопления CR 1-9, 3 х 380 В, 0.55 кВт	2	
216	032U162431	Клапан соленоидный EV250B 22B, Rp 1, латунь	1	
223	7306900	Бак для горячей воды Refix DE, V=500 л., Ду 32, вертикальный, Py=10 бар, t=70°C	2	
301	Э_180427-ВС2Н	Теплообменник ГВС M6-FG, 27 пластин	1	
302	96806865	Насос циркуляционный ГВС CM-G 3-3, 1 х 230 В, N=0.5 кВт	1	
303/304	TRV-40-25-101	Клапан регулирующий TRV, Ду 40, Kvs=25.0 м3/ч, с эл.приводом TSL-1600 (тип 101)	1/1	
313	ПРП095-05-020-12	Клапан предохранительный ПРЕГРИН 095, G 3/4-Rp 3/4, ВР, латунь. Pсраб=12 бар	1	
601/602	087H3040/087H3803	Регулятор температуры двухканальный ECL Comfort 310 с ключом A368 (+компл. крепежа)	1	

1. Суммарная тепловая нагрузка на ИТП – 1,0125 Гкал/ч
2. Тепловая нагрузка на отопление – 0,7475 Гкал/ч
3. Тепловая нагрузка на ГВС – 0,2650 Гкал/ч
4. Позиции смотри в спецификации оборудования