МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут

Кафедра Електричної інженерії та автоматизації

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Форма навчання заочна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

Гринь Олександр Іванович

(прізвище, ім’я, по батькові здобувача)

на тему *Автоматизація металургійного виробництва. Система автоматизації електрокотельні*

(повна назва теми)

за матеріалами

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник к.т.н., доцент _____ Батарєєв В.В.

(наук. ступінь, вчене звання) (підпис (прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від _____ 20___р. № _____

Завідувач кафедри _____

(підпис)

_____ Є.О. Модло

Наук. ступень, вчене звання *Ініціали, прізвище*

Кривий Ріг – 2026

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Електричної інженерії і автоматизації

Рівень вищої освіти *бакалавр*
Спеціальність *151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *Електричної інженерії і автоматизації*
В.о. зав каф.
_____ Модло Є.О.
(підпис) (посада, вчене звання , прізвище ініціали)
«_____» _____ 2026__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ(КИ)

Гринь Олександр Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра Автоматизація металургійного виробництва. Система автоматизації електрокотельні».
керівник кваліфікаційної роботи к.т.н., доцент Батарєєв В.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «06»04.2026 р. № 240-ст
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 01.06.2026
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: *статті, патенти, промислові дослідження*
Об'єкт розробки і дослідження – Система автоматизації електрокотельні
Характер навантаження – за характером впливу на систему автоматизації, навантаження електрокотельні відноситься до активного інерційного навантаження з перемінним споживанням енергії.
Тип системи автоматизації: належить до типу багаторівневих автоматизованих систем керування (АСК), що поєднують функції автоматичного регулювання технологічних параметрів, диспетчерського моніторингу та протиаварійного захисту.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
4.1 Аналітична частина;
4.2 Основна частина.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1 Схема розміщення обладнання
2 Принципова електрична схема
3 Схема автоматизації
4 Функціональна схема
5 Алгорим роботи автоматизованої котельні
6 Схема автоматизації котельної

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітична частина	к.т.н.,доц. Батарєєв В.В.		
2 Основна частина	к.т.н.,доц. Батарєєв В.В.		

7. Дата видачі завдання «06» ____04_____ 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	29.04.2026	
2.	Основна частина	06.05.2026	
3.	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2026	
4.	Виконання графічної частини	25.05.2026	
5.	Подання роботи до кафедри	01.06.2026	
6.	Захист роботи в ЕК	19.06.2026	

Студент _____ *Гринь О.І.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ *Батарєєв В.В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				Документація		
А3		1	ВРБ.151.240–ст.03.К1	Схема розміщення обладнання	1	
А3		1	ВРБ.151.240–ст.03.Е1	Принципова електрична схема	1	
А3		1	ВРБ.151.240–ст.03.Е2	Схема автоматизації	1	
А3		1	ВРБ.151.240–ст.03.Е3	Функціональна схема	1	
А3		1	ВРБ.151.240–ст.03.Е01	Алгоритм роботи	1	
А3		1	ВРБ.151.240–ст.03.Е02	Схема автоматизації котельної	1	
А4		1	ВРБ.151.240–ст.03.ПЗ	Пояснювальна записка	60	

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВРБ. 151. 240–ст. 03. ВД		
Розробив		Гринь О.І.			Автоматизація металургійного виробництва. Система автоматизації електрокотельні. Відомість диплому	Літ. Б	Аркуш 1 / Аркушів 1
Перевірив		Батареєв В.В.					
Н.контр.		Модла Е.О.				НТІ ДУЕТ кафедра ЕІА гр. ЗАВ-23ск	
Затвердив		Модла Е.О.					

Копіював Формат А4

РЕФЕРАТ

Гринь О. І. «Автоматизація металургійного виробництва. Система автоматизації електрокотельні» – Бакалаврська робота. – Кривий Ріг, 2026. 52 с., 20 рис., 9 табл., 15 джерел.

Об'єктом розробки є система автоматичного керування процесом генерації теплової енергії в електричній котельні, яка включає комплекс програмно-апаратних засобів та алгоритмів для стабілізації технологічних параметрів теплоносія. Метою випускної кваліфікаційної роботи є створення комп'ютерної динамічної моделі процесу керування електрокотельнею в межах наявної системи автоматизації для оптимізації її роботи шляхом моделювання умов експлуатації та аварійних ситуацій. Мета дослідження та апаратура - аналіз існуючої системи регулювання та її удосконалення. Одночасно здійснюється заміна морально фізично застарілих технічних засобів виміру та регулювання на сучасні цифрові на базі мікропроцесорної техніки.

В роботі розроблено комплексну систему автоматизації електрокотельні, що включає силову частину, шафи керування та багаторівневу структуру управління на базі програмованих логічних контролерів (ПЛК). Здійснено проектування гідравлічної та принципової електричної схем, а також розроблено логічні алгоритми циклічного керування насосним обладнанням та тепловими контурами. За результатами моделювання в середовищі SimInTech налаштовано ПІД-регулятори для стабілізації температури та тиску теплоносія, що підтвердило стійкість системи керування. Впровадження розробленого рішення забезпечує інтелектуальний моніторинг технологічних процесів, підвищує рівень безпеки та значно покращує енергоефективність теплопостачання.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОКОТЕЛЬНІ, КЕРУВАННЯ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, ДАТЧИКИ РІВНЯ, ТЕМПЕРАТУРИ, ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА 9
1.1 Характеристика об'єкту автоматизації, опис технологічного процесу, огляд існуючих рішень та розробка основних вимог до системи 9
1.1.1 Загальна характеристика електричних котелень 9
1.1.2 Конструктивні особливості електрокотельної 9
1.2 Аналіз принципової електричної схеми електрокотельної 13
1.3 Конструкція електрокотла 14
1.3.1 Функціональні особливості 16
1.4 Класифікація електрокотелень 16
1.4.1 ТЕН-ові електрокотли 16
1.4.2 Індукційні електрокотли 18
1.5 Технологічний процес електрокотельні 19
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА 22
2.1 Завдання та переваги АСУ ТП електрокотельні 22
2.2 Обґрунтування вибору засобів автоматизації 23
2.2.1 Перетворювач частоти HYUNDAI N700E-004HF 24
2.2.2 Датчик тиску Rosemount 3051C 26
2.2.3 Температурний перетворювач ТП101-К 28
2.2.4 Програмований логічний контролер (ПЛК) Simatic S7-300 29
2.2.5 Операторська панель OP77A 31
2.2.6 Модульна станція вводу-виводу ET 200S (ET 200M) для мереж PROFIBUS 33
2.3 Регулювання електрокотлів, що функціонують за закритою схемою 35
2.4 Параметри контролю та регулювання 40
2.5 Параметри аварійної сигналізації 40
2.6 Моделювання процесів функціонування електрокотельні 41
2.6.1 Теплогидравлічний розрахунок 41

2.7 Комп'ютерна модель із застосуванням програми SimInTech 44
2.8 Моделювання функціонування системи 45
2.9 Заходи із охорони праці та безпеки 53
2.9.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників 53
2.9.2 Засоби зниження дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників 54
2.9.3 Пожежна безпека 55
ВИСНОВКИ 58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 59
ДОДАТКИ 61

ВСТУП

Сьогодні основними видами енергії, які споживає людство, є електрична та теплова. Значна частина паливно енергетичних ресурсів йде саме на обігрів приміщень, що робить теплопостачання ключовим сектором енергетики. Найбільш раціональним способом подачі тепла вважається теплофікація, яка дозволяє суттєво економити паливо. Суть такого підходу полягає у використанні відпрацьованого тепла електростанцій для потреб споживачів, замість спалювання додаткового палива у звичайних котельнях.

Розвиток сучасного виробництва неможливий без автоматизації. Вона поступово замінює людину там, де раніше були потрібні постійний нагляд та ручне управління, передаючи ці функції надійним приладам та контролерам. Впровадження таких технологій у системи теплопостачання має велике практичне значення.

У цій роботі розглядається автоматизація управління електрокотельнею. Завдяки сучасним інструментам автоматизації з’являється можливість ефективно відстежувати та коригувати всі параметри теплової системи в реальному часі. Актуальність теми зумовлена потребою мінімізувати вплив людського фактора на роботу обладнання. Моделювання процесів управління допомагає уникнути помилок оператора та забезпечити стабільну роботу котельні без непередбачуваних аварій.

Головна мета даної випускної роботи полягає у розробці комп’ютерної динамічної моделі, яка описує процес управління електрокотельнею. Це необхідно для вдосконалення наявної системи автоматизації. Моделювання дозволить випробувати різні умови експлуатації та відпрацювати алгоритми дій під час аварійних ситуацій, що підвищить надійність роботи об’єкта.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика об'єкту автоматизації, опис технологічного процесу, огляд існуючих рішень та розробка основних вимог до системи

1.1.1 Загальна характеристика електричних котелень

Електричні котельні є ефективним рішенням для забезпечення потреб у гарячому водопостачанні та опаленні об’єктів житлового чи промислового призначення. Гнучкість таких систем дозволяє адаптувати їх під різні за масштабом приміщення, в тому числі для будівель, загальна площа яких досягає 30 000 м². Кінцеві показники теплової продуктивності та потужності котельної установки безпосередньо визначаються технічними характеристиками та кількісним складом котлів, що входять до її структури. Наприклад, для невеликих житлових будинків або комерційних об’єктів, площа яких не перевищує 1250 м², доцільно застосовувати універсальні котли з потужністю в межах 35-125 кВт. У випадках, коли йдеться про великі промислові комплекси площею до 10 000 м², доцільно встановлювати промислове котельне обладнання, потужність якого становить від 150 до 1000 кВт. Найбільш масштабні завдання з опалення споруд площею до 30 000 м² вирішуються шляхом впровадження потужних електрокотелень, здатних генерувати до 3000 кВт теплової енергії. Перевагою електричних котлів є їхня здатність функціонувати як основне, так і як мобільне або резервне джерело теплової енергії. Така гнучкість у використанні забезпечується завдяки високому рівню автономності даного обладнання.

1.1.2 Конструктивні особливості електрокотельної

Фундаментом системи електрокотельної є електричні котли, оснащені контролерами з функцією погодозалежного регулювання. Важливою

характеристикою таких установок є багаторівнева система безпеки, яка забезпечує захист як кожного окремого нагрівального елемента (ТЕНа), так і всього котла в цілому. Окрім безпосередньо котлового обладнання, технологічна схема котельної (рис. 1.1) включає низку додаткових вузлів: насосна група, мережеві насоси, що забезпечують стабільну циркуляцію теплоносія в контурі. Система накопичення: бак-акумулятор для вирівнювання температурних режимів та накопичення запасу енергії. Блоки керування: спеціалізовані шафи управління насосами (ШУН) та окрема шафа автоматики, яка відповідає за роботу електрокотлів. Електротехнічна частина: ввідно-розподільчий пристрій, призначений для прийняття та розподілу електроенергії по контурах. Засоби моніторингу: комплекс контрольно-вимірювальних приладів, зокрема термоманометри та лічильники електроенергії для обліку показників роботи системи. На рисунку 1.1 наведено компонування технологічного обладнання електрокотельної. Конструкція передбачає раціональне розміщення головних вузлів, включаючи електричні котли, вузли циркуляційних насосів, шафи автоматики та керування (ШАК), а також ввідно-розподільчий пристрій (ВРП). Система вентиляції, що складається з витяжного вентилятора та припливного каналу, забезпечує необхідний температурний режим у приміщенні, тоді як розміщення кабельних локтів та захисних провідників виконано відповідно до вимог електробезпеки. Для забезпечення стабільного гарячого водопостачання в конструкції електрокотельних передбачено встановлення теплообмінного обладнання або накопичувальних водонагрівачів.

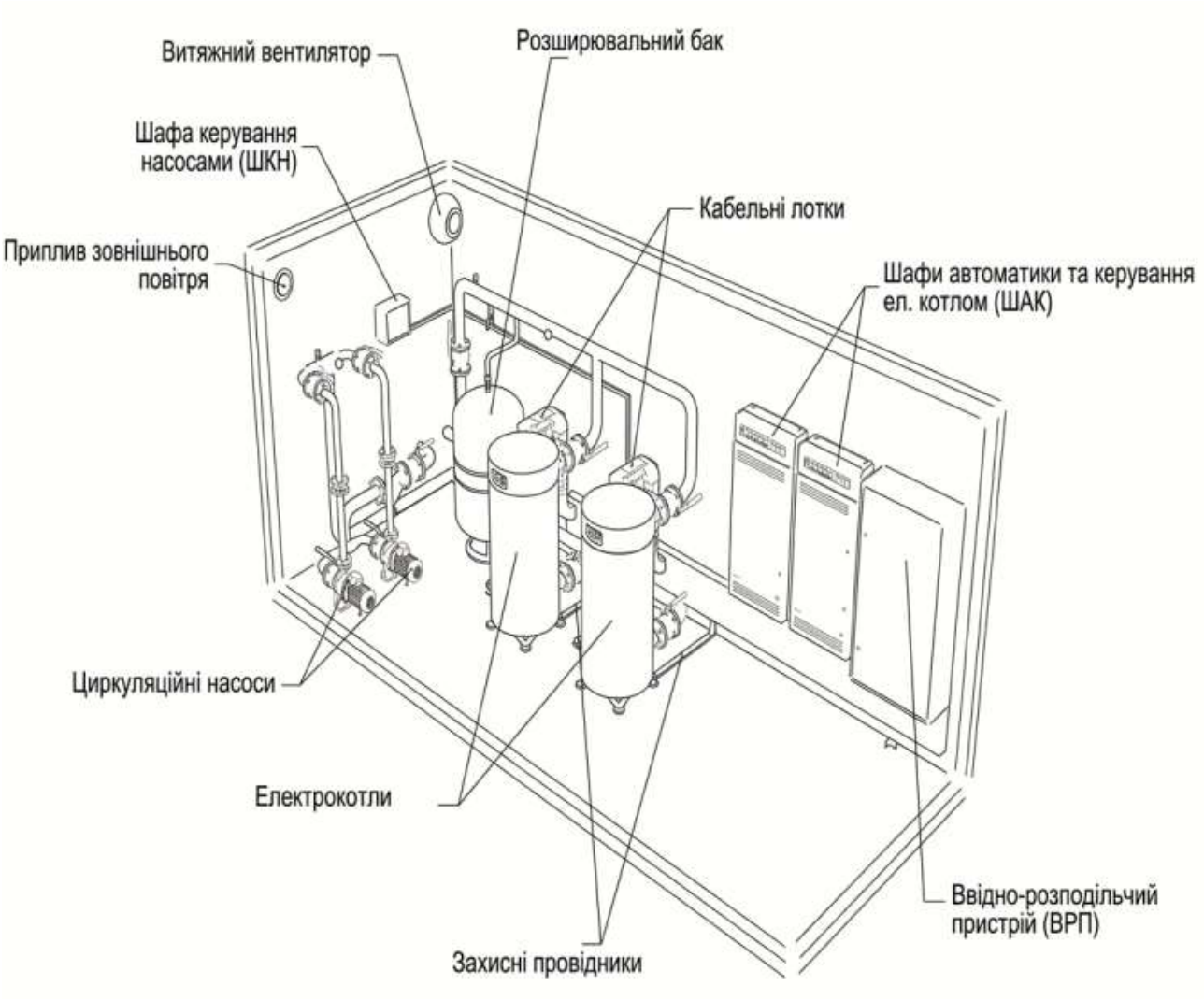


Рис.1.1. Схема розміщення обладнання електрокотельної

Технологічна схема котельної установки (представлена на рисунку 1.2) включає такі основні вузли:

1. швидкодіючий нагрівач води;
2. розподільчий колектор гарячого теплоносія;
3. розподільчий колектор холодної води;
4. фільтр-грязевик;
5. циркуляційні насосні агрегати;
6. бак-акумулятор;
7. діелектрична ізоляційна вставка;
8. основні електричні котли.

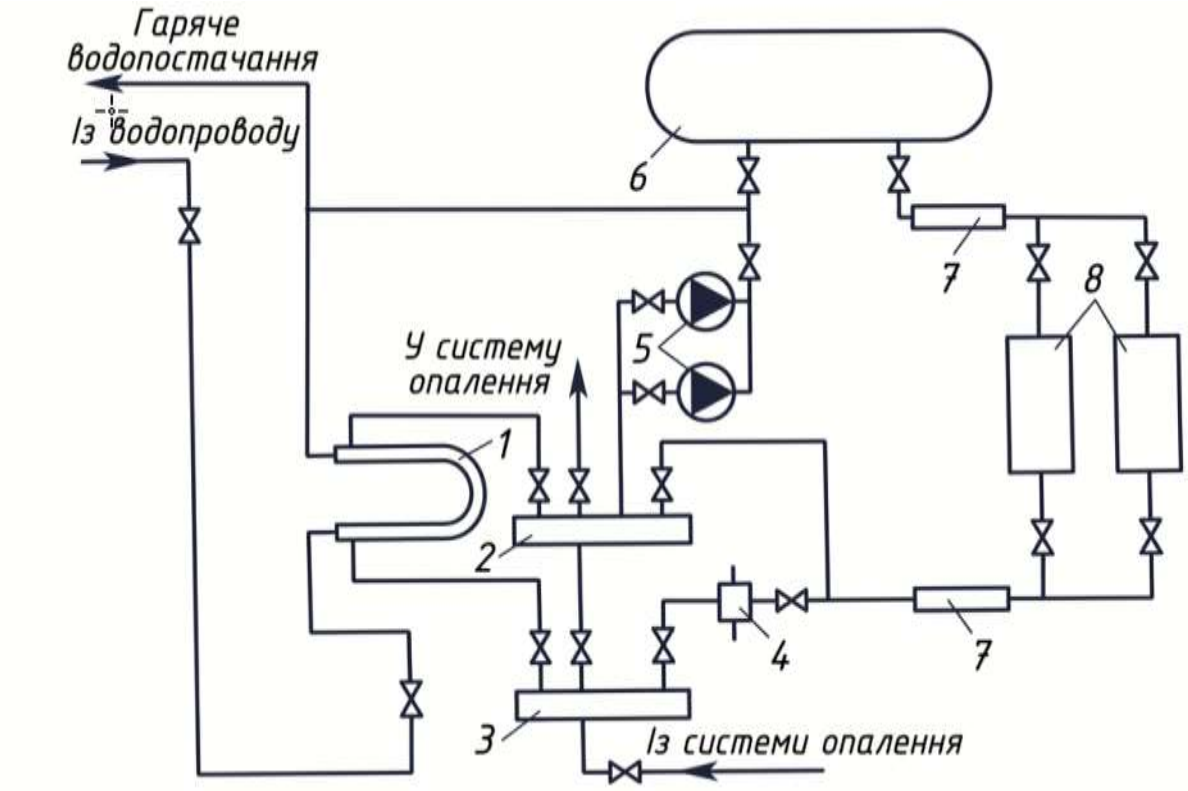


Рис.1.2. Схема розміщення обладнання електрокотельної

Впровадження автоматизованої системи управління електрокотлами дає можливість експлуатувати обладнання в автономному режимі без необхідності цілодобового нагляду оперативного персоналу. Функціонал такої системи охоплює. Регулювання нагріву теплоносія залежно від погодних умов. Плавний запуск та каскадне підключення котлів із автоматичним вибором необхідної кількості робочих нагрівачів. Багаторівневий захист системи від критичного перегріву. Високий рівень надійності, безпеки та ефективності установки досягається за рахунок таких конструктивних рішень: Використання якісної теплоізоляції корпусу котлів. Застосування нагрівальних елементів із нержавіючої сталі. Застосування модульних контакторів, що гарантує низький рівень шуму та тривалий термін експлуатації. Наявність джерела безперебійного живлення (ДБЖ) для ланцюгів керування, доповненого фазовим перемикачем. Постійний моніторинг наявності теплоносія, включаючи гліколеві антифризи, за допомогою спеціалізованих сенсорів. Запобігання виникненню «повітряних

пробок» завдяки інтеграції автоматичних відводчиків повітря. Встановлення запобіжного клапана, що захищає гідравлічну систему від небезпечних стрибків тиску.

1.2 Аналіз принципової електричної схеми електрокотельної

Принципова електрична схема електрокотельної (рис. 1.3) відображає логіку взаємодії між вузлами живлення, автоматикою управління та виконавчими механізмами, що забезпечують перетворення електричної енергії на теплову.

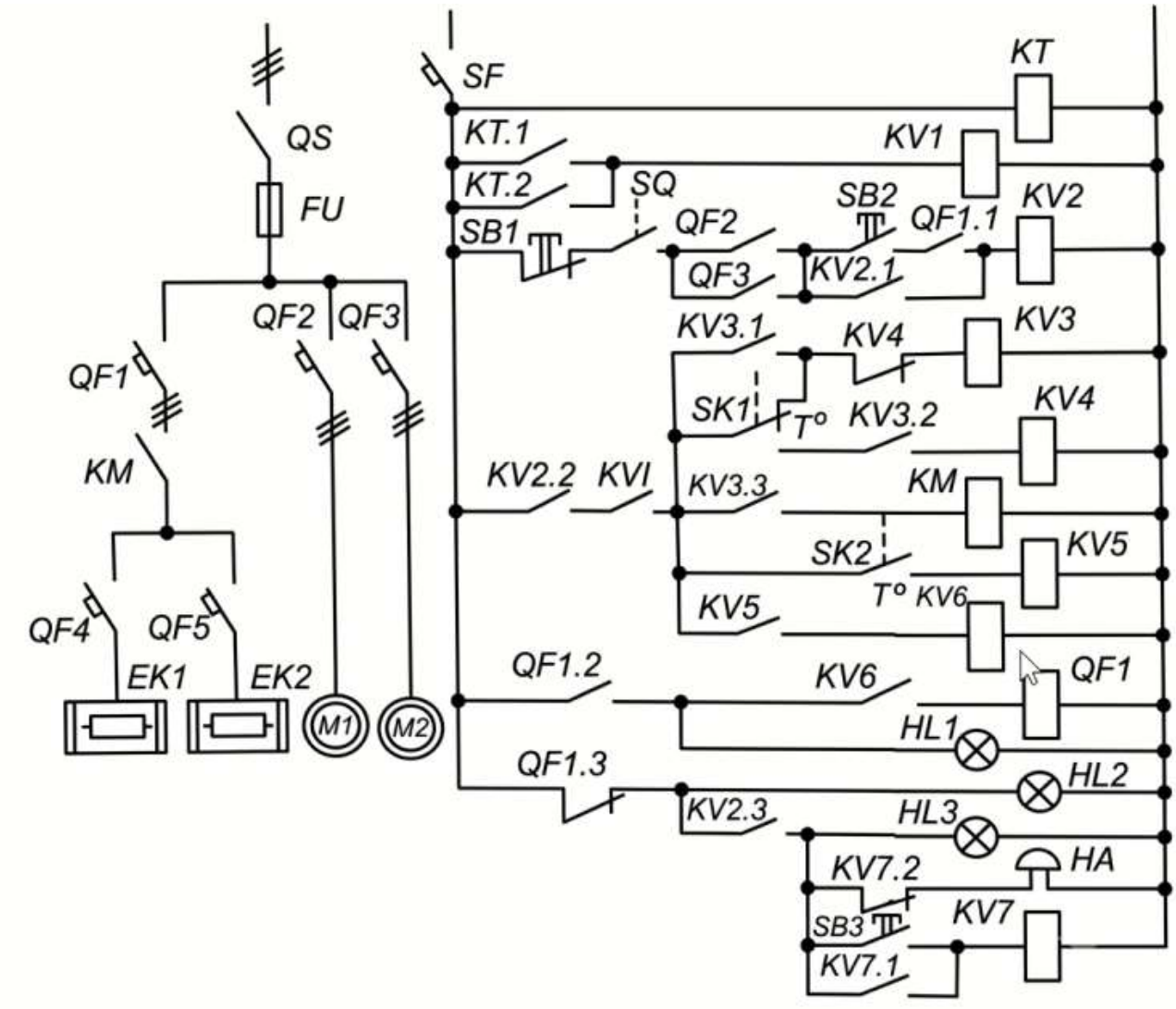


Рис.1.3. Електрична схема електрокотельної

Живлення подається на схему за допомогою перемикача QS. Насоси (основний та резервний) підключаються за допомогою автоматичних вимикачів QF2 та QF3, а котли - QF4, QF5 та контактором KM. Котли можуть вмикатися у визначений час, що визначається реле часу CT, яке має дві програми. Температура води в баку контролюється реле температури SK1. Верхній контакт SK1 вмикається, коли температура води нижче норми, нижній - при досягненні максимального значення. В аварійному режимі, коли температура води на 3-4°C вища, ніж верхня уставка реле SK1, реле SK2 активується. Блокуючий контакт SQ запобігає запуску котлів, коли двері огорожі не зачинені. Котли вмикаються, коли один із контактів реле часу KT замкнений. Попередньо (після ввімкнення QF2 або QF3) запускається насос, вмикаються автоматичні вимикачі QF4, QF5 та QF1. Кнопка SB2 живить котушку реле KV2, яке через проміжне реле KV3 вмикає контактор KM силового кола котла. Коли температура піднімається вище мінімуму, верхній контакт SK1 розмикається, але живлення на реле KV3 подається через власний контакт KV3.1. Коли досягається максимальне значення температури, нижній контакт SK1 замикається, отримує живлення від реле KV4 і через контакт KV3.3 проміжне реле KV3 знімає напругу з контакту KM, що призводить до відключення котлів. В аварійному режимі, якщо коло не працює, контакт SK2 замикається, отримує живлення реле KV5, активує реле KV6 своїм контактом, яке подає напругу на котушку незалежного розчіплювача QF1, перериваючи подачу живлення котлів. Блок контактів QF1.3 вмикає аварійне освітлення (HL2) та звукову сигналізацію HA. Силова схема керування залишається релейно-контакторною, а керуючі кола та алгоритми реалізуються за допомогою контролерів.

1.3 Конструкція електрокотла

Основним елементом електрокотла є міцний сталевий корпус (бак), обладнаний патрубками для підключення до подавального та зворотного трубопроводів системи опалення. Всередині корпусу розміщені нагрівальні

пристрої, тип яких визначає спосіб передачі теплової енергії теплоносію. Залежно від принципу роботи, в електрокотлах використовують:

ТЕНи (трубчасті електронагрівачі): класичні нагрівальні елементи, що забезпечують пряму передачу тепла за рахунок проходження струму через резистивний провідник.

Електродні системи: нагрівання здійснюється безпосередньо в об'ємі рідини шляхом проходження змінного струму через теплоносій, що має певну електропровідність.

Індукційні нагрівачі: перетворення енергії відбувається за допомогою індукційних котушок, які створюють електромагнітне поле, що розігріває металевий контур або феромагнітний сердечник (рис. 1.4).

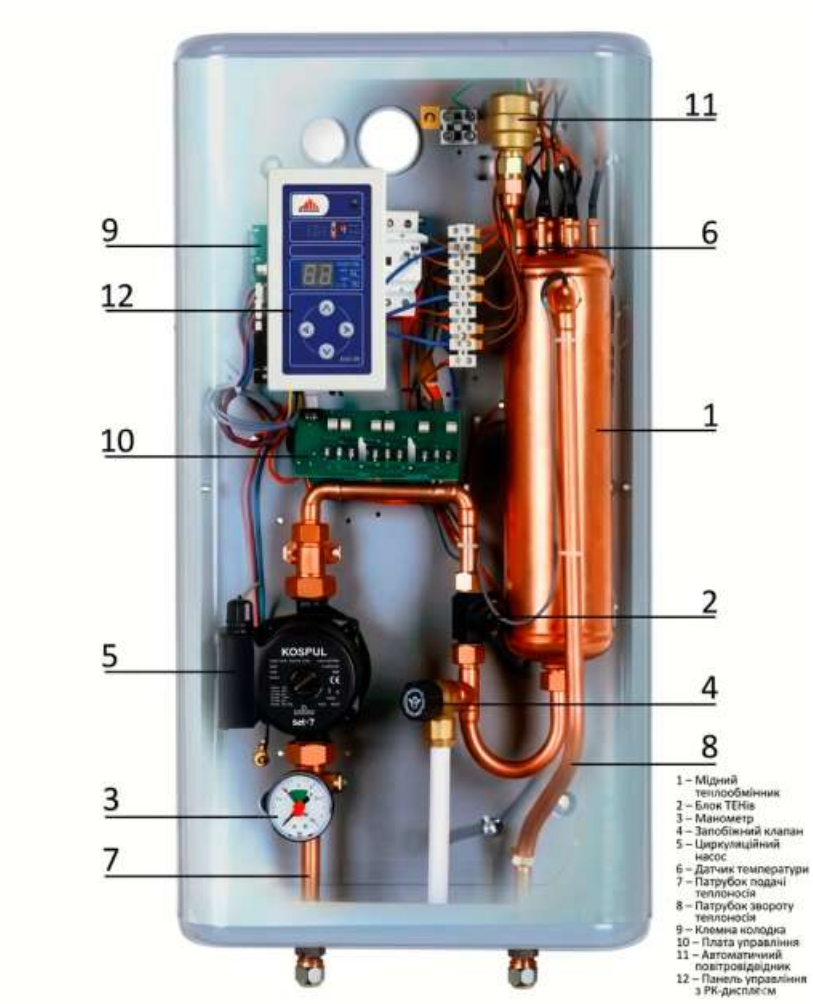


Рис.1.4. Констрікція електрокотла

1.3.1 Функціональні особливості

Робочий цикл обладнання базується на нагріванні теплоносія, що циркулює через розширювальний бак (де відбувається безпосередня передача енергії) та розподіляється опалювальним контуром до радіаторів. До ключових переваг електрокотлів належать високий коефіцієнт корисної дії (наближений до 100%), безшумність, простота експлуатації, екологічність та безпека. Водночас ефективність їх застосування часто обмежується станом вітчизняних електромереж. Додатковими факторами, що впливають на вибір обладнання, є постійне зростання тарифів на електроенергію, ризик нестабільної напруги та перебої з енергопостачанням, які знижують термін експлуатації та надійність електронних компонентів системи.

1.4 Класифікація електрокотелень

Залежно від методу генерації тепла, сучасні електрокотли поділяються на три основні категорії: ТЕН-ові (з використанням трубчастих електронагрівачів); електродні; індукційні. На об'єкті електрокотельні впроваджено саме ТЕН-ові котли.

1.4.1 ТЕН-ові електрокотли

У конструкції цього типу нагрівальний вузол складається з трубчастих елементів (ТЕН), які за фізичною суттю є провідниками з високим питомим опором. Теплова енергія, що виділяється при проходженні крізь них електричного струму, передається теплоносію. Подібний принцип нагріву широко застосовується в побутових приладах (електрочайниках та кип’ятильниках). Особливості експлуатації:

Утворення накипу: Використання жорсткої води призводить до накопичення відкладень на поверхні ТЕНів та стінках теплообмінника, що

потребує використання спеціальних присадок, попереднього кип'ятіння, дистиляції або застосування фільтрів для доведення жорсткості води до нормативних значень 7–10 мг-екв/л.

Ризик перегріву: У разі витоку теплоносія оголений нагрівальний елемент швидко перегрівається та виходить із ладу, що може створити небезпеку займання. Це вимагає відповідального підходу до вибору обладнання та встановлення сучасних систем автоматизації.

Конструктивний склад на прикладі котла Proterm «Скат» (еквітермальне регулювання, рис. 1.5): ТЕНи; Розширювальний бак; Циркуляційний насос; Теплообмінник; Відвідник повітря; Відвідник повітря теплообмінника; Гідрогрупа; Запобіжний клапан; Датчик тиску; Теплоізоляція.

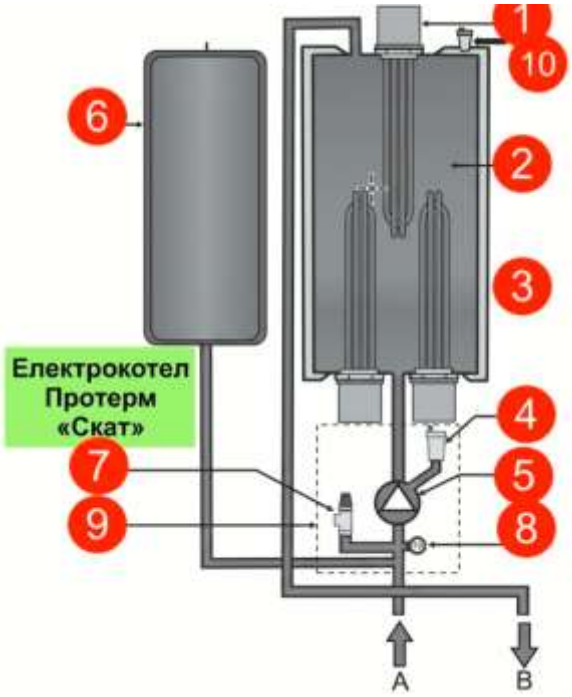


Рис. 1.5. Конструкція ТЕН-котла

Теплоносій (вода) із системи опалення надходить до котла (стрілка А), де здійснюється його нагрів за допомогою трьох встановлених електронагрівальних елементів. У процесі нагрівання вода піднімається до бака, після чого спрямовується до зворотного трубопроводу (лінія В) опалювальної системи.

Даний котел може бути інтегрований із системою «тепла підлога», за умови підключення аварійного термостата для контролю температури теплоносія.

Гідравлічний вузол приладу включає двошвидкісний мережевий насос, що забезпечує необхідну циркуляцію теплоносія. Система захисту котла передбачає:

Захист теплоносія від замерзання.

Захист від замерзання бака непрямого нагріву.

Захист насоса від блокування (заклинювання).

Запобіжний клапан із налаштуванням на 3 бари.

Електричний котел потребує підключення через окрему лінію електроживлення з індивідуальним автоматичним вимикачем.

Вибір характеристик електричної мережі (переріз провідників та номінальний струм автоматичних вимикачів) здійснюється з урахуванням розрахункових потужностей та вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Рекомендовані параметри зведені до таблиці 1.2.

Таблиця 1.1

Рекомендовані параметри запобіжників та перерізи провідників

Потужність котла, кВт	Кількість та потужність нагрівальних елементів	Сила струму в однофазній системі (А)	Номінальний струм запобіжника (А)	Переріз проводу – Cu (мм²)
6	2 * 3 кВт	9,5 (28*)	10 (32*)	1,5 (6*)
9	3 кВт + 6 кВт	14 (39*)	16 (50*)	1,5 (10*)
12	2 * 6 кВт	18,5	20	2,5
14	2 * 7 кВт	23	25	2,5
18	3 * 6 кВт	27,5	32	4
21	3 * 7 кВт	32	40	4
24	4 * 6 кВт	36,5	40	6
28	4 * 7 кВт	43	50	

1.4.2 Індукційні електрокотли

Принцип дії цього типу обладнання ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Змінне магнітне поле, що створюється індукційною котушкою, наводить вихрові струми у феромагнітному осерді, роль якого в котлі виконує металева труба з циркулюючим теплоносієм. Внаслідок цього метал нагрівається і передає тепло воді.

Конструктивні особливості: Котел може комплектуватися кількома нагрівальними модулями. Типова конструкція агрегату, що складається з трьох індукційних нагрівачів, включає такі елементи:

Індукційна котушка (первинна обмотка);

Металевий теплообмінний корпус (вторинна обмотка / феромагнітний елемент);

Вхідний та вихідний патрубки для підключення до контуру опалення;

Клемна група, розміщена в захисному металевому боксі.

Експлуатаційні нюанси: Незважаючи на високу надійність, індукційні котли мають специфічні недоліки:

Накип: Утворення вапняних відкладень на внутрішніх поверхнях теплообмінника;

Системи захисту: Необхідність інтеграції датчиків контролю рівня теплоносія для запобігання перегріву при витоку рідини.

1.6 Технологічний процес електрокотельні

Автономна електрокотельня функціонує як модульна установка, що забезпечує закрите теплопостачання житлових та промислових об’єктів. Система працює в повністю автоматичному режимі, не потребуючи постійної присутності персоналу, а управління та моніторинг здійснюються дистанційно через виносний диспетчерський пульт.

Опис технологічного циклу:

Рух теплоносія: Мережева вода, що повертається із системи опалення із температурою 70 °C, проходить крізь відстійник до насосного обладнання, яке подає її на електрокотли.

Процес нагрівання: В електродних котлах нагрів води здійснюється за рахунок проходження струму безпосередньо через теплоносій, у результаті чого температура досягає 95 °C, після чого вода подається у прямий трубопровід опалювальної системи.

Замкненість системи: Після проходження контуру опалення вода знову надходить до насосів для подальшого нагріву.

Підживлення та тиск: Для компенсації втрат води в системі використовується підживлювальний насос, а стабільність статичного тиску в зоні всмоктування підтримується автоматичним регулятором.

Автоматичне керування та регулювання: Регулювання температури на виході з котла є ключовим завданням автоматизації, оскільки цей параметр має підтримуватися на заданому рівні протягом усього робочого циклу. Основним збурювальним впливом, що потребує компенсації, є зміна витрати теплоносія через котел.

Алгоритм регулювання: Теплова потужність коригується на основі даних від датчиків температури теплоносія та навколишнього середовища.

Обробка сигналу: Мікропроцесорний контролер отримує та аналізує вхідні сигнали, порівнюючи їх із встановленими уставками.

Виконавчий механізм: Сигнал керування перетворюється на електричний імпульс, що приводить у дію ротор електродвигуна. Через шпиндель та сальникове ущільнення передається рух на контролер потужності, виконаний у вигляді набору діелектричних екранів. Вертикальне переміщення цих екранів відносно електродів змінює їх активну площу, що дозволяє регулювати потужність котла у діапазоні від 25 до 100%.

Система аварійного захисту**:** Якщо алгоритми автоматичного регулювання не здатні утримати технологічні параметри в межах норми через виникнення позаштатних ситуацій, активується система аварійного захисту. Використовувані пристрої (автоматичні вимикачі, запобіжники тощо) миттєво знеструмлюють обладнання за таких умов: Перевищення температури теплоносія понад 100 °C. Виникнення багатофазних або однофазних коротких замикань. Перевищення допустимого максимального струму на понад 5% від номінального. Асиметрія струмів навантаження понад 25 %.

Висновки до розділу 1

За результатами аналізу, проведеного у першому розділі, визначено перелік ключових завдань, необхідних для досягнення мети дипломної роботи: Систематизація технічних засобів: здійснити детальний опис сучасних технологічних засобів автоматизації, що використовуються в електрокотельних. Аналіз режимів управління: провести порівняльний аналіз функціонування системи управління електрокотельні в ручному та автоматичному режимах експлуатації. Моделювання системи: розробити комп'ютерну динамічну модель автоматизованої системи електрокотельні у середовищі SimInTech для подальшого дослідження її характеристик.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Завдання та переваги АСУ ТП електрокотельні

Автоматизація - це впровадження технічних засобів, які забезпечують виконання виробничих процесів під дистанційним наглядом, мінімізуючи безпосереднє втручання людини. Це дозволяє нарощувати обсяги виробництва, оптимізувати витрати, підвищувати якість та безпеку праці. У сучасних умовах роль оператора трансформується від безпосереднього керування до налаштування, моніторингу та технічного обслуговування систем.

Впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) є ключовим інструментом енергозбереження в системах тепло- та водопостачання, вентиляції тощо. Економічна ефективність досягається через точне регулювання параметрів, облік енергоресурсів та скорочення часу реагування на позаштатні ситуації. Зокрема, каскадне керування дозволяє оптимізувати роботу групи котлів відповідно до фактичного теплоспоживання, забезпечуючи значну економію паливно-енергетичних ресурсів.

Основні завдання автоматизації котельні:

Автоматизація пуско-налагоджувальних та зупинних операцій, включаючи аварійне вимкнення.

Динамічне регулювання потужності та каскадне керування обладнанням.

Автоматичне введення в роботу резервних одиниць у разі відмови основних.

Моніторинг параметрів теплоносія та захист від перевантажень.

Інформаційне забезпечення персоналу через АРМ (автоматизоване робоче місце) оператора.

Реалізація алгоритмів енергоефективності.

Диспетчеризація та контроль

Диспетчерське управління забезпечує координацію роботи всіх вузлів котельного комплексу, що підвищує надійність системи та спрощує прийняття управлінських рішень. Функціонал диспетчеризації включає:

Стабілізацію заданих показників тиску та температури теплоносія.

Збір, архівацію та статистичний аналіз даних про роботу мережі.

Оптимізацію графіка роботи насосних агрегатів на основі даних про витрати води.

Раціональний розподіл енергоресурсів та скорочення часу на прийняття рішень під час аварій.

Для дистанційного керування використовується спеціалізоване ПЗ, що надає оператору доступ до архіву даних та інструментів налаштування. Теплотехнічний контроль реалізується за допомогою автоматизованих вимірювальних приладів, розміщених на щитах керування для зручності доступу.

Технологічна безпека та організація праці

Технологічні блокування забезпечують чітку послідовність операцій, виключаючи людські помилки під час обслуговування, тоді як сигналізація (світлова та звукова) миттєво інформує про відхилення параметрів від норми. Експлуатація електрокотелень повинна суворо відповідати нормативно-правовим актам та державним стандартам. Обов'язковим є ведення технічної документації (інструкцій, паспортів обладнання, режимних карт), оперативних журналів та книг ремонтів, а також облік роботи кожного окремого агрегату за допомогою звітних систем.

2.2 Обґрунтування вибору засобів автоматизації

Вибір методів та технічних засобів вимірювання є критично важливим етапом для отримання достовірної та повної інформації про стан технологічного процесу. Ефективність автоматизації залежить від дотримання балансу між технічною доцільністю та економічною обґрунтованістю обраних рішень.

При проектуванні системи управління керуються такими критеріями: Відповідність технічних характеристик пристроїв специфіці об'єкта управління та обраній архітектурі системи. Перевага уніфікованим та серійним зразкам обладнання, що значно спрощує подальше технічне обслуговування та забезпечення запасними частинами. Оскільки виробничі процеси електрокотельні не належать до категорій вибухо- чи пожежонебезпечних, пріоритет надається електричним засобам автоматизації. Порівняно з пневматичними аналогами, електричні пристрої забезпечують вищу швидкодію та точність регулювання. Надійність джерел енергії для електричних систем управління, відсутність жорстких обмежень щодо дистанції між контролером та виконавчим механізмом, а також простота математичної обробки та сумування сигналів роблять електричні системи найбільш ефективними. Об'єктом впровадження обраної системи автоматизації є електрокотельня.

2.2.1 Перетворювач частоти HYUNDAI N700E-004HF

Для вирішення завдань автоматизації технологічного процесу передбачається встановлення частотних перетворювачів серії HYUNDAI N700E-004HF (рис. 2.1) для кожного з мережевих насосів. Додатково система комплектується датчиками тиску та температури, що дозволяють здійснювати зворотний зв’язок. Алгоритм функціонування насосної групи наступний: холодна вода надходить до мережевих насосів, які здійснюють її подачу до блоку електрокотлів. У процесі проходження крізь нагрівальний вузол теплоносій доводиться до температури 130 °C, після чого спрямовується до зовнішніх контурів систем опалення та гарячого водопостачання.

Завдяки впровадженню частотно-регульованого приводу (ЧРП) забезпечується плавний запуск двигунів насосів, що мінімізує механічне зношення гідравлічного обладнання та запобігає виникненню гідроударів у системі. Параметри роботи насосної групи коригуються автоматично залежно від поточного споживання теплової енергії, що дозволяє суттєво знизити витрати

електроенергії на власні потреби котельні. Такий підхід до управління гідравлічними режимами гарантує стабільну підтримку заданого температурного графіка та високу точність регулювання тиску в магістральних трубопроводах.



Рис. 2.1. Перетворювач частоти HYUNDAI N700E-004HF

Стабілізація тиску та компенсація витрат теплоносія

Підтримання стабільного тиску в контурі при динамічних змінах витрати теплоносія забезпечується спільним функціонуванням мережевих та підживлювальних насосних агрегатів. Останні відповідають за автоматичне заповнення системи водою для компенсації дефіциту. Дані про поточний рівень тиску в магістралі подачі надходять від датчика, встановленого на виході з електрокотельні. Система керування насосним обладнанням передбачає два режими роботи - автоматичний та ручний, перемикання між якими здійснюється через операторську панель управління.

В автоматичному режимі процес регулювання реалізується за допомогою мікропроцесорного контролера та модулів вводу-виводу. На основі аналізу сигналу від датчика тиску, контролер формує керуючі команди для частотного перетворювача HYUNDAI N700E-004HF, який безпосередньо впливає на швидкість обертання двигуна обраного насосного агрегату (№ 1 або № 2). Алгоритм управління дозволяє гнучко конфігурувати роботу системи: як почергову експлуатацію (із переведенням одного з насосів у режим очікування), так і одночасну роботу обох агрегатів. Контролер виконує функції головного пристрою, здійснюючи налаштування продуктивності частотного приводу та визначаючи необхідну потужність насосної групи відповідно до заданих технологічних умов.

Ручне керування є допоміжним режимом, використання якого обмежене випадками виходу з ладу автоматизованої системи управління або виникненням аварійних ситуацій [13].

2.2.2 Датчик тиску Rosemount 3051C

Для моніторингу гідравлічних параметрів у системі опалення як базовий вимірювальний пристрій обрано датчик тиску Rosemount 3051C (рис. 2.2).

Технічна реалізація цього приладу базується на використанні ємнісної комірки в сенсорному модулі, що дозволяє з високою точністю вимірювати перепад тиску, а також значення надлишкового та абсолютного тиску. Робочий

діапазон пристрою є досить широким, охоплюючи верхні межі вимірювань від 0,025 до 27580 кПа, що робить його універсальним рішенням для контролю технологічних процесів у котельні «Лівобережна». Застосування даного обладнання гарантує стабільну передачу сигналів до контролера, забезпечуючи надійне функціонування контуру автоматичного регулювання.



Рис. 2.2. Датчик тиску Rosemount 3051 виконання Coplanar™

Параметри датчика:

Точність: ± 0,075 %;

Діапазон вимірювання перепаду тиску: 0,5 – 2000 psi (в одиницях inH_2O);

Діапазон вимірювання тиску: 0,5 – 2000 psi (в одиницях inH_2O);

Діапазон вимірювання абсолютного тиску: 0,167 – 4000 psia [14].

Примітка: inH_2O (дюйми водяного стовпа) та psi/psia (фунти на квадратний дюйм) - це стандартні одиниці вимірювання, що використовуються у технічній

документації виробника Rosemount. При використанні цих даних у дипломній роботі ви можете додатково вказати їх еквіваленти у системі СІ (наприклад, кПа), якщо цього вимагають методичні вказівки вашого навчального закладу.

2.2.3 Температурний перетворювач ТП101-К

Для моніторингу термічних режимів у системі автоматизації котельні застосовуються датчики моделі ТП101-К (рис. 2.3).

Принцип дії та конструкція: Робота приладу ґрунтується на властивості платинового чутливого елемента ТП100 змінювати свій електричний опір залежно від температури середовища, в яке занурений зонд. Конструктивно датчик виконаний у вигляді герметичного вимірювального зонда з високоякісної нержавіючої сталі, всередині якого розміщено вимірювальний елемент та вбудована плата перетворення. Цей модуль забезпечує формування стандартизованого аналогового вихідного сигналу постійного струму в діапазоні 4-20 мА.

Комплектація включає стандартний двопровідний кабель довжиною 5 метрів, герметично приєднаний до корпусу зонда, що забезпечує надійність з’єднань. Вільні кінці кабелю підготовлені для монтажу в клемні з’єднувачі.

Експлуатаційні можливості:

Інтеграція: Пристрій сумісний із широким спектром обладнання: промисловими контролерами, реєстраторами даних, шафами управління та персональними комп’ютерами (через АЦП).

Дистанційність: Можлива довжина лінії зв’язку між датчиком та пристроєм збору даних досягає 500 метрів.

Захист: Конструкція оптимізована для тривалого перебування у водному середовищі, клас захисту корпусу відповідає стандарту IP54.

Використання таких датчиків дозволяє забезпечити високу стабільність вимірювань та стійкість до промислових електромагнітних завад, що є критично важливим для надійної роботи автоматизованої системи управління котельнею.



Рис. 2.3. Датчик температури ТП101-К

Технічні параметри пристрою:

Показник теплової інерції: 90 с.

Максимальна швидкість нагрівання: 80 °С/хв.

Ступінь захисту оболонки: IP54.

Довжина кабельного виводу: 0,5–1 м.

Допустимий діапазон робочих температур на вузлах датчика: від -40 до +200 °С.

2.2.4 Програмований логічний контролер (ПЛК) Simatic S7-300

Для реалізації завдань керування та моніторингу в системі автоматизації котельні обрано промислові контролери серії Simatic S7-300. Дане обладнання оптимізоване для побудови систем автоматизації низького та середнього рівнів

складності, що робить його оптимальним вибором для керування технологічними процесами даного об’єкта.

Використання ПЛК Simatic S7-300 передбачається, зокрема, для інтелектуального управління мережевими насосними агрегатами (рис. 2.4). Завдяки можливості модульного програмування, кожен контролер може бути налаштований на виконання специфічних функцій відповідно до індивідуальних завдань конкретного вузла системи. Така конфігурація дозволяє забезпечити гнучке та надійне керування продуктивністю насосів, що безпосередньо впливає на енергоефективність усієї електрокотельні.



Рис. 2.4. Контролер Simatic S7-300

Переваги контролера Simatic S7-300:

Модульна архітектура: можливість швидкого монтажу модулів на стандартну профільну шину (DIN-рейку).

Оптимізоване охолодження: надійна робота в промислових умовах без ризику перегріву.

Гнучкість вводу/виводу: підтримка як локальних, так і розподілених систем вводу/виводу.

Широкі комунікаційні можливості: підтримка протоколів MPI, PROFIBUS, Industrial Ethernet/PROFINET, AS-i, BACnet та MODBUS TCP.

Функціонал реального часу: підтримка функцій реального часу на рівні операційної системи контролера.

Діагностика: вбудовані засоби операційної системи для обробки апаратних збоїв та програмних помилок.

Апаратні переривання: підтримка швидкої реакції на події на рівні ОС.

Масштабованість: можливість вільного нарощування потужності системи під час її модернізації.

Мережева інтеграція: простота об'єднання компонентів у розподілені структури управління [16].

2.2.5 Операторська панель OP77A

Для організації зручного інтерфейсу взаємодії між персоналом та системою автоматизації передбачено використання панелі оператора Siemens OP77A (рис. 2.5). Цей пристрій є високоефективним інструментом для візуалізації, моніторингу та безпосереднього управління технологічними процесами як у промисловому секторі, так і в системах диспетчеризації інженерних споруд.

Панель забезпечує інтуїтивно зрозумілий доступ до ключових параметрів котельні, дозволяючи оператору в режимі реального часу відстежувати стан роботи котлів, насосних груп та актуальні дані з датчиків. Використання OP77A значно спрощує процес налаштування робочих режимів, дозволяє швидко реагувати на аварійні сигнали та забезпечує повний контроль за ефективністю функціонування обладнання. Завдяки компактності та надійності, дана панель є

оптимальним рішенням для інтеграції в автоматизовані системи середньої складності.

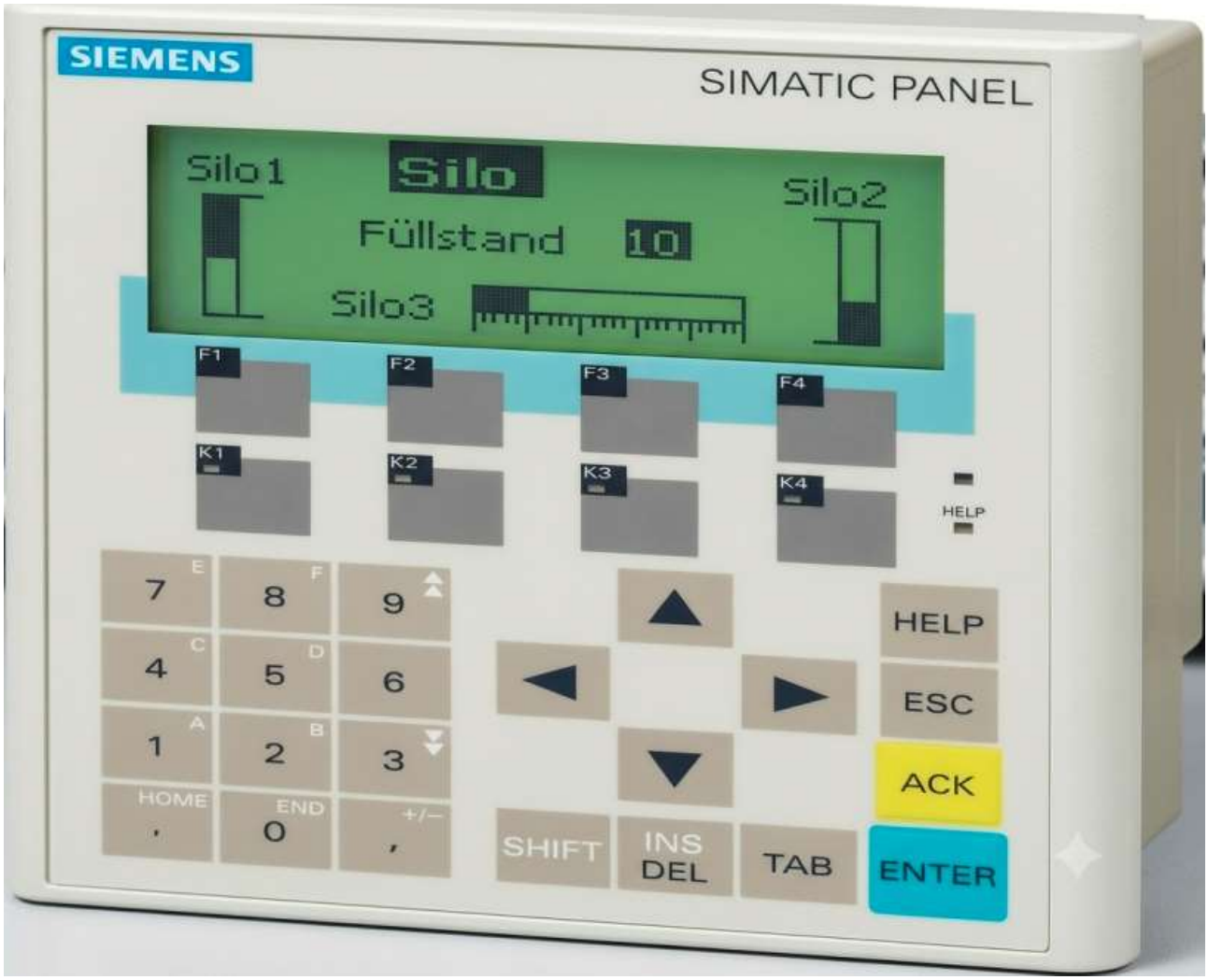


Рис. 2.5. Операторська панель OP77A

Ключові особливості та переваги:

Висока інформативність: застосування висококонтрастного дисплея забезпечує легке зчитування даних навіть при змінному освітленні в приміщенні котельні.

Ергономічність: наявність клавіш великого розміру мінімізує ризик помилкових натискань та спрощує процес керування обладнанням.

Зручність експлуатації: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс значно полегшує налаштування параметрів системи та подальше технічне обслуговування.

Енергонезалежність та довговічність: конструкція панелі передбачає роботу без використання акумуляторів резервного живлення, а вбудований дисплей розрахований на тривалий термін безперебійної служби.

Графічне забезпечення: вбудована бібліотека містить широкий набір візуальних об’єктів, що дозволяє створювати зручні мнемосхеми технологічного процесу [17].

2.2.6 Модульна станція вводу-виводу ET 200S (ET 200M) для мереж PROFIBUS

Для побудови архітектури розподілених систем збору даних та управління в котельні передбачено використання станції вводу-виводу серії ET 200S (рис. 2.6).



Рис.2.6. Модульна станція ET 200S

Дане обладнання адаптоване для роботи у складі мережевих структур на базі промислових протоколів PROFIBUS DP або PROFINET IO. Станція ET 200S розроблена насамперед для інтеграції з ПЛК сімейства SIMATIC S7 або системами на базі WinAC, проте її висока сумісність дозволяє застосовувати її й у поєднанні з контролерами інших виробників, що підтримують функції ведучих пристроїв DP-мереж або контролерів PROFINET IO.

Конструкція станції забезпечує ступінь захисту оболонки IP20, що відповідає стандартам для розміщення в спеціалізованих шафах управління. Використання розподіленої периферії на базі ET 200S дозволяє суттєво зменшити витрати на кабельні мережі та підвищити надійність передачі сигналів між об'єктами автоматизації та центральним вузлом управління.

Переваги станції ET 200S:

Організація периферії: використання архітектури розподіленого вводу-виводу з рівнем захисту оболонки IP20.

Комунікаційні можливості: доступність як стандартних, так і інтелектуальних інтерфейсних модулів, що оснащені власними центральними процесорами для інтеграції станції в мережі PROFIBUS DP та PROFINET IO.

Спектр застосування: ефективне впровадження у складі розподілених систем як загальнотехнічного призначення, так і в спеціалізованих контурах протиаварійного захисту та промислової безпеки.

Попередня обробка даних: можливість локальної обробки сигналів безпосередньо на рівні станції за допомогою інтелектуальних модулів, що сприяє розвантаженню мережі передачі даних.

Модульність: наявність широкого асортименту електронних, силових та технологічних функціональних вузлів.

Адаптивність: висока гнучкість при налаштуванні апаратного забезпечення відповідно до специфічних вимог конкретних технологічних завдань.

Діагностика: вбудовані потужні засоби самодіагностики, які дозволяють оперативно виявляти та усувати несправності, мінімізуючи вимушені простої промислового обладнання.

Обслуговування: підтримка функції «гарячої» заміни модулів без зупинки роботи системи при взаємодії з ПЛК серій S7-400 або S7-1500.

2.3 Регулювання електрокотлів, що функціонують за закритою схемою

Технологічна архітектура такої системи теплопостачання аналогічна відкритій схемі, проте має суттєві відмінності в організації процесу підживлення. Основне призначення підживлювального вузла в закритих системах полягає лише у компенсації незначних витоків теплоносія. Відповідно, баки підживлювальної води мають значно менший робочий об'єм, а в системах теплопостачання малої потужності такі ємності можуть бути відсутні зовсім.

Для забезпечення споживачів гарячою водою в котельнях малої потужності інтегруються спеціальні підігрівачі води для систем ГВП.

Узагальнена схема закритої залежної системи теплопостачання представлена на рисунку 2.7.

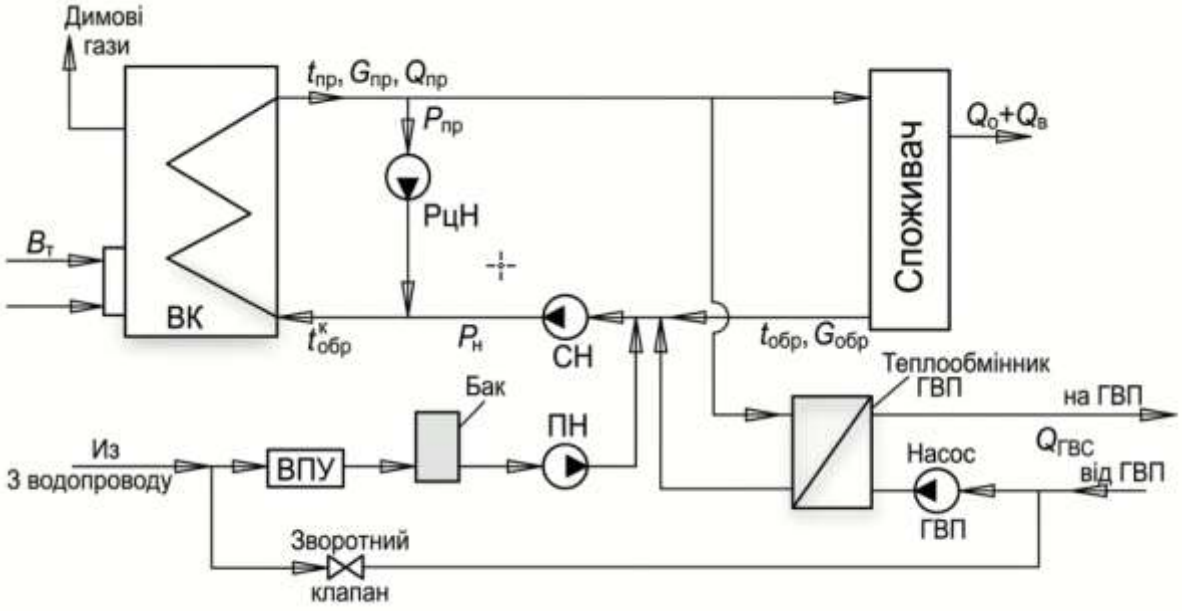


Рис.2.7. Спрощена технологічна схема закритої системи теплопостачання

У сучасних системах автоматизації реалізовано комбінований підхід: силова частина управління базується на класичних релейно-контакторних схемах, тоді як інтелектуальні алгоритми та керуючі ланцюги функціонують на базі програмованих логічних контролерів.

Ключовим завданням електрокотла є задоволення попиту на теплову потужність, яка розраховується як функція від різниці температур прямого (tпр) та зворотного (tобр) потоків теплоносія при заданій витраті (Gпр). Для коректної роботи обладнання передбачено встановлення автоматичних регуляторів, що контролюють температурний режим обох ліній. Підсистема підживлення відповідає за компенсацію мінімальних втрат теплоносія, забезпечуючи поповнення контуру попередньо підготовленою водою (через вузол хімічної водопідготовки - ВПУ) шляхом активації підживлювального насоса. Гідравлічна стабільність системи гарячого водопостачання (ГВП) підтримується за допомогою зворотного клапана, що автоматично спрацьовує при зниженні тиску в мережі ГВП.

Наведена структурна схема наочно демонструє взаємозв'язки між функціональними елементами технологічного комплексу та їхнім цільовим призначенням.

На рисунку 2.8 представлена розгорнута структурна схема автоматизації електрокотельні з акумулятором теплоти. На ній відображено повну номенклатуру датчиків та виконавчих пристроїв, задіяних у контурах регулювання технологічних параметрів. Ця схема слугує базовим кресленням для визначення необхідної конфігурації модулів вводу-виводу контролера та оптимізації архітектури системи управління.

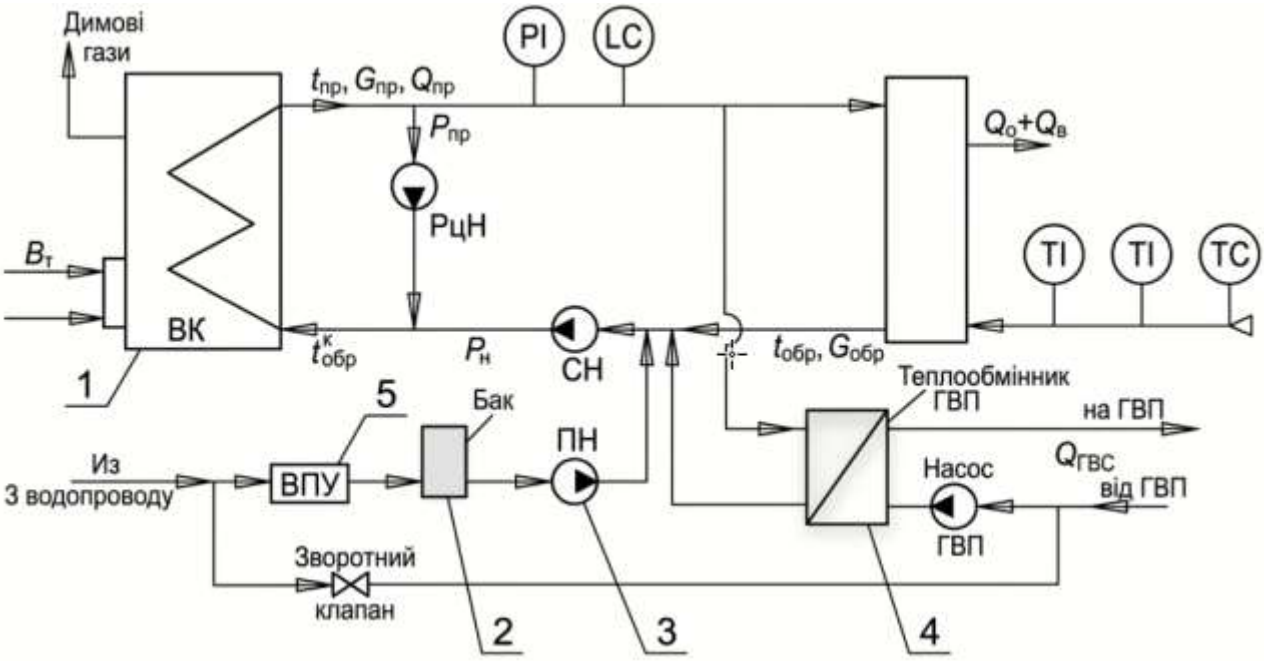


Рис.2.8. Схема автоматизації електрокотельні

Функціонування системи акумуляції теплоти організовано таким чином: нагрітий в електрокотлах теплоносій спрямовується до бака-акумулятора, звідки за допомогою мережевих насосів подається безпосередньо в лінію тепломережі. Паралельно частина нагрітого теплоносія проходить крізь теплообмінник для підігріву холодної водопровідної води, що забезпечує потреби системи гарячого водопостачання (ГВП). За підтримання заданої температури ГВП відповідає контролер (ТС), який регулює інтенсивність потоку води крізь теплообмінний апарат.

Стабільність рівня теплоносія в баку-акумуляторі забезпечується автоматичним регулятором рівня (LC), що контролює подачу підживлювальної води з водопроводу.

Управління режимами роботи котлів здійснюється за допомогою програмного реле, яке функціонує за заздалегідь визначеним часовим графіком. Це дозволяє оптимізувати енергоспоживання шляхом виключення роботи котлів у періоди пікових навантажень на енергомережу. Система передбачає інтелектуальний захист від замерзання: у разі критичного зниження температури

теплоносія в опалювальній мережі контролер ініціює автоматичний запуск котлів.

Крім того, до ланцюгів керування включено спеціальні блокувальні пристрої, які забезпечують безпеку експлуатації:

Припинення роботи котлів у разі порушення циркуляції води (наприклад, при зупинці мережевих насосів).

Автоматична активація резервного насосного агрегату у випадку виходу з ладу основного насоса.

Ось адаптований та перефразований текст для вашої роботи, що відповідає академічним стандартам:

Склад та функціональна схема системи автоматизації електрокотельні

До технічного комплексу автоматизації електрокотельні включено такі ключові елементи:

Електрокотли основне джерело генерації теплової енергії.

Бак-акумулятор резервуар для накопичення та зберігання гарячого теплоносія.

Насосне обладнання агрегати для забезпечення циркуляції теплоносія в контурах.

Теплообмінник ГВП вузол для нагріву водопровідної води, що використовується в системі гарячого водопостачання.

Регулююча арматура (клапани) виконавчі механізми для управління потоками робочих середовищ.

Функціональна схема (рис. 2.9) є ключовим проектно-технічним документом, який визначає архітектуру та принципи функціонування автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУ ТП) об’єкта. Ця схема інтегрує в собі графічне відображення технологічного обладнання, інженерних комунікацій, засобів автоматизації та контрольно-вимірювальних приладів, а також демонструє логічні й фізичні взаємозв’язки між ними.

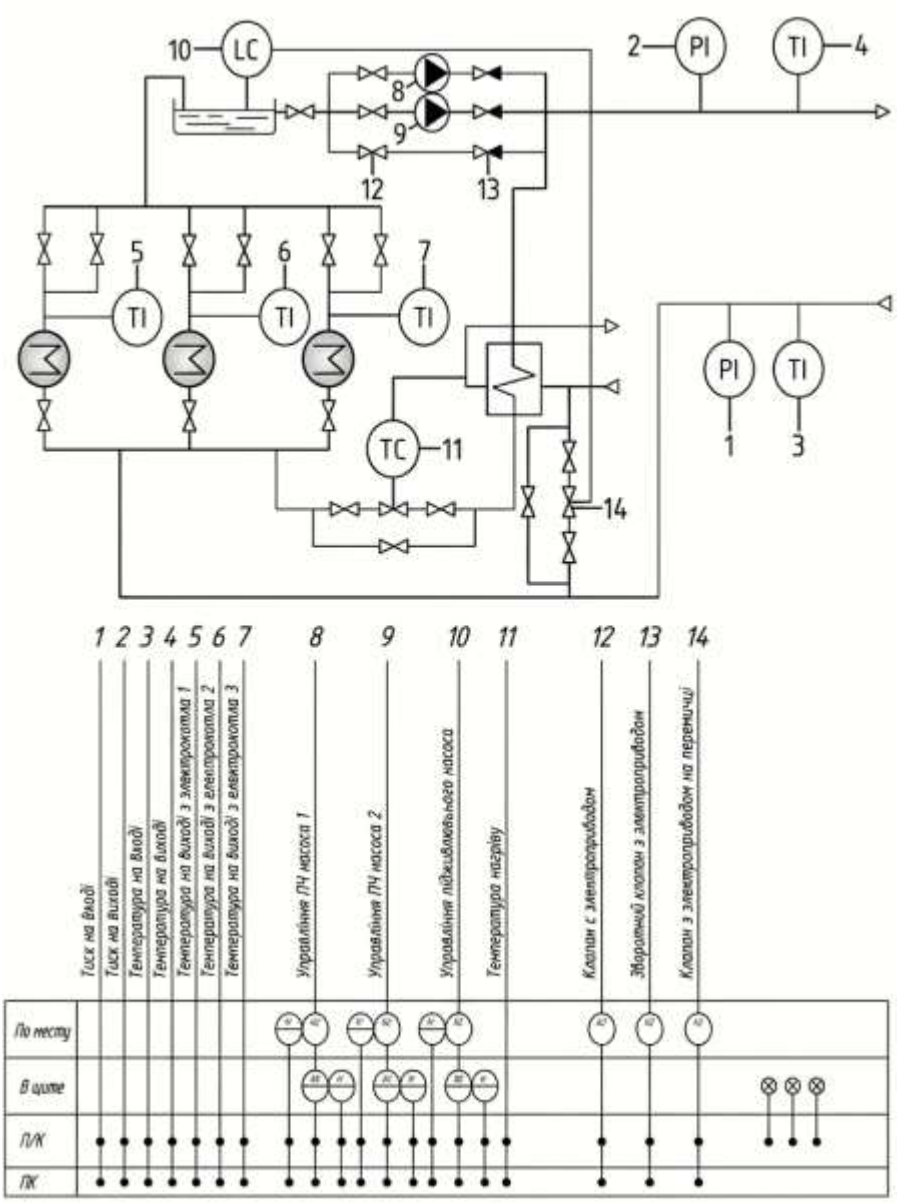


Рис.2.9. Функціональна схема автоматизації електрокотельні

Таблиця 2.1

Прилади за місцем встановлення

Позиція	Найменування	Кількість
1, 2	Датчик тиску Rosemount 3051C	2
3 – 7	Датчик температури ТП101 – К	5
8, 9, 12 – 14	Операторська панель OP77A	1
10	Перетворювач частоти HYUNDAI N700E-004HF	1

2.4 Параметри контролю та регулювання

Перелік параметрів, що підлягають моніторингу або автоматичному регулюванню, зумовлений технологічною доцільністю забезпечення стабільності виробничого процесу. Визначені величини, які безпосередньо впливають на ефективність роботи обладнання, систематизовані у таблицях 2.2, 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.2

Параметри контролю

№	Назва	Значення
1	Тиск води на вході трубопроводу опалення	До 1.6 МПа
2	Тиск води на виході трубопроводу опалення	До 1.6 МПа
3	Тиск води на вході трубопроводу ГВП	До 1.6 МПа
4	Тиск води на виході трубопроводу ГВП	До 1.6 МПа
5	Температура води на вході трубопроводу опалення	0 – 180 °C
6	Температура води на виході трубопроводу опалення	0 – 180 °C
7	Температура води на вході трубопроводу ГВП	0 – 180 °C
8	Температура води на виході трубопроводу ГВП	0 – 180 °C

Таблиця 2.3

Параметри регулювання

№	Назва	Призначення
1	Електродвигун насоса	Підтримання тиску в системі теплопостачання
2	Засувка на подавальному трубопроводі	Подача води по подавальному трубопроводу

2.5 Параметри аварійної сигналізації

Для забезпечення надійної експлуатації системи та своєчасного виявлення відхилень від заданих технологічних режимів передбачено систему аварійної сигналізації. Вона інформує оператора про вихід параметрів за межі встановлених допусків, що дозволяє вчасно вжити заходів для стабілізації процесу. Перелік основних параметрів сигналізації наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Параметри сигналізації

№	Назва параметра	Діапазон спрацювання (сигналізації)
1	Тиск на вході подавального трубопроводу	Менше 0,5 МПа або більше 1,2 МПа
2	Тиск на виході подавального трубопроводу	Менше 0,5 МПа або більше 1,2 МПа
3	Тиск на вході зворотного трубопроводу	Менше 0,4 МПа або більше 1,2 МПа
4	Тиск на виході зворотного трубопроводу	Менше 0,4 МПа або більше 1,2 МПа
5	Температура на вході подавального трубопроводу	Менше 65°С або більше 100°С
6	Температура на виході подавального трубопроводу	Менше 65°С або більше 100°С
7	Температура на вході зворотного трубопроводу	Менше 40°С або більше 100°С
8	Температура на виході зворотного трубопроводу	Менше 40°С або більше 100°С

2.6.Моделювання процесів функціонування електрокотельні

2.6.1 Теплогидравлічний розрахунок

Вихідні параметри для визначення теплових навантажень споживачів базуються на наступних кліматичних та експлуатаційних даних:

Тривалість опалювального сезону становить 5616 годин.

Нормативна температура зовнішнього повітря, що застосовується для розрахунку опалювальних систем, прийнята на рівні -37 °С.

Середньосезонна температура зовнішнього повітря за опалювальний період дорівнює -6,7 °С.

Розрахунок витрат мережевої води базується на температурному графіку 65/100 °С із встановленим технологічним обмеженням максимальної температури теплоносія в подавальному трубопроводі на рівні 100 °С. Розрахунок середньогодинних показників споживання теплової енергії та витрат теплоносія на потреби гарячого водопостачання (ГВП) виконано відповідно до

чинних нормативних вимог, зокрема згідно з положеннями СП 30.13330.2016 «Внутрішній водопровід та каналізація будівель» [35].

Визначення сумарних втрат теплової енергії в магістральних та розподільчих трубопроводах системи теплопостачання здійснюється за розрахунковою формулою.

$$Q^{ht} = \sum Q_i^{ht},$$

$$Q_i^{ht} = k \cdot dT \cdot l = k \cdot (T_{\text{ср}} - T_{\text{нар}}) \cdot l,$$

Q_i^{ht} — тепловтрати окремих ділянок теплопостачання, Вт;

k — лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м·°С);

dT — температурний напір, °С;

$T_{\text{ср}}$ — середня температура води в трубопроводі, °С;

$T_{\text{нар}}$ — температура навколишнього повітря, °С;

l — довжина ділянки трубопроводу, м.

Розрахунок втрат температури в трубопроводах системи тепломережі визначається за формулою:

$$T_3 = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{уч}} \cdot T_2 - Q_i^{ht} \cdot (1/1,163)}{3,6 \cdot Q_{\text{уч}}}$$

$Q_{уч}$ - розрахункова витрата води на ділянці трубопроводу, л/с;

Qi^{ht} - тепловтрати ділянки трубопроводу з урахуванням ізоляції, Вт;

T_2 - початкова температура теплоносія, °С;

(1/1,163) - коефіцієнт перерахунку. 1 ккал/год = 1,163 Вт.

Результати обчислень наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Втрати температури теплоносія в трубопроводах

Температура на виході трубопроводу, Т2 °С	Температура на вході трубопроводу, Т3 °С	Температура зовнішнього повітря, Тнар °С
75	50	0
85	60	0
75	48,5	-10
85	58,5	-10
75	40,15	-20
85	50,25	-20

При русі води трубою виникає опір від тертя об стінки та різноманітні перешкоди. Це явище отримало назву гідравлічного опору трубопроводу. Його чисельне значення знаходиться у прямій пропорційній залежності від швидкості потоку.

Розрахунок втрати тиску на ділянці трубопроводу відомої довжини виконується таким чином:

$$\Delta p = R \cdot L \cdot (1 + K_m),$$

де Δр - втрата тиску в метрах водяного стовпа. Така характеристика застосовна з огляду на те, що змінюється тиск води в її потоці;

R - питомі втрати тиску на 1 м довжини трубопроводу, Па/м;

L - довжина трубопроводу в метрах, м;

K - коефіцієнт додаткових опорів згідно з (СНіП II-34-76) [36].

У таблиці 2.6 представлені значення тисків у трубопроводі, різниця між якими відповідає величині

Таблиця 2.6

Порівняння значень тиску теплоносія в трубопроводі

Тиск на виході трубопроводу P2, МПа	Тиск на вході трубопроводу P3, МПа
1,2	1
1	0,8
0,95	0,75
0,85	0,65
0,7	0,5
0,6	0,4

Порівняння значень тиску теплоносія в трубопроводі показало, що втрати тиску становлять 0,2 МПа.

2.7 Комп'ютерна модель із застосуванням програми SimInTech

При розробці математичних комп'ютерних моделей використовується спеціальне програмне забезпечення для спрощення та автоматизації розробки моделі. Це досягається за допомогою принципу візуального програмування, при якому користувач створює модель пристрою зі стандартної бібліотеки блоків і виконує розрахунки. Водночас, на відміну від класичних методів моделювання, користувачеві не потрібно докладно вивчати мову програмування — достатньо загальних знань, необхідних для роботи на комп'ютері, та знання предметної галузі, у якій він працює. Існує велике розмаїття прикладних програм, що дозволяють реалізувати принцип візуального програмування під час розробки комп'ютерних математичних моделей:

Simulink;

ПК МВТУ;

SimInTech.

Обґрунтування вибору програмного середовища SimInTech

Для проведення комп'ютерного моделювання було обрано програмний комплекс SimInTech. Ключовим фактором такого вибору стала значна функціональна потужність інструментарію в поєднанні з доступністю програмного продукту.

SimInTech - це спеціалізована платформа, призначена для автоматизації розрахунків, які використовуються під час симуляції явищ та різнопланових процесів у складних технічних комплексах. Об'єктом моделювання в цьому середовищі може виступати довільна система, окремий технічний пристрій або технологічний процес, чия динаміка описується системою диференціально-алгебраїчних рівнянь за допомогою методів структурного моделювання.

Програмне середовище базується на принципах модельно-орієнтованого проектування, що дозволяє інтегрувати розробку технологічних систем із побудовою комплексних моделей. Такий підхід забезпечує гнучкість процесу: на кожному етапі проектування з'являється можливість поступового уточнення окремих блоків моделі для досягнення вищого рівня відповідності реальним показникам [7].

2.8 Моделювання функціонування системи

Для забезпечення виходу котельні на сталий робочий режим система повинна послідовно виконати встановлений алгоритм роботи. Після завершення пускових процедур здійснюється безперервний моніторинг базових технологічних величин, які підтримують оптимальне функціонування об’єкта, зокрема тиску та температури води в тепломережі.

Ключові завдання та функціональні можливості автоматизованої системи охоплюють:

1. реалізацію процесу підігріву теплоносія та його подальшу циркуляцію в мережі;
2. автоматичне виконання алгоритму запуску та перехід у штатний робочий режим;
3. оперативний контроль критичних параметрів для забезпечення надійності та працездатності системи.

На рисунку 2.10 відображено блок-схему алгоритму роботи комп'ютерної моделі автоматизації електрокотельні. Процес розпочинається з активації циклу нагріву

води. Після досягнення цільових температурних значень теплоносій подається в магістральну мережу. Замкнений цикл забезпечується зворотним трубопроводом, через який вода повертається до насосної групи, після чого знову спрямовується до котлів. Під час аналізу параметрів гарячої води підживлювальний насос перекачує обсяг води, якого не вистачає для підтримання балансу в системі. Статичний тиск на всмоктуванні насосів контролюється та підтримується регулятором тиску.

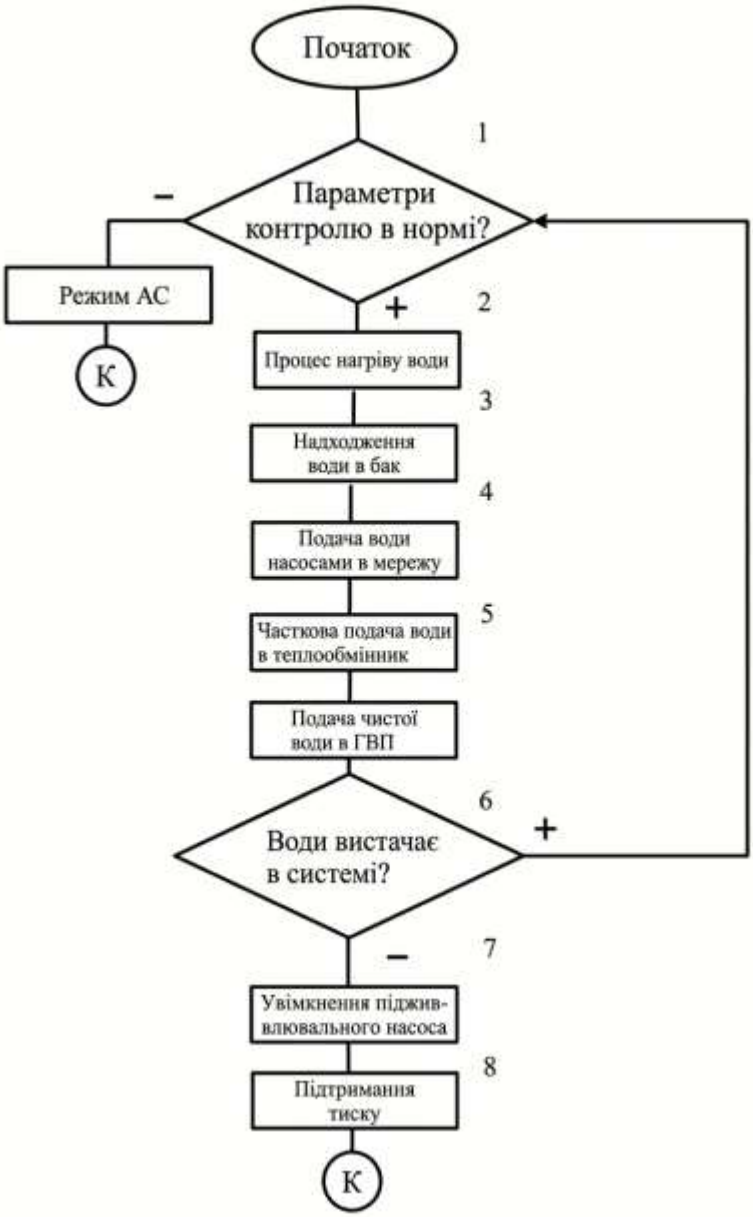


Рис. 2.10. Алгоритм роботи автоматизованої електрокотельні

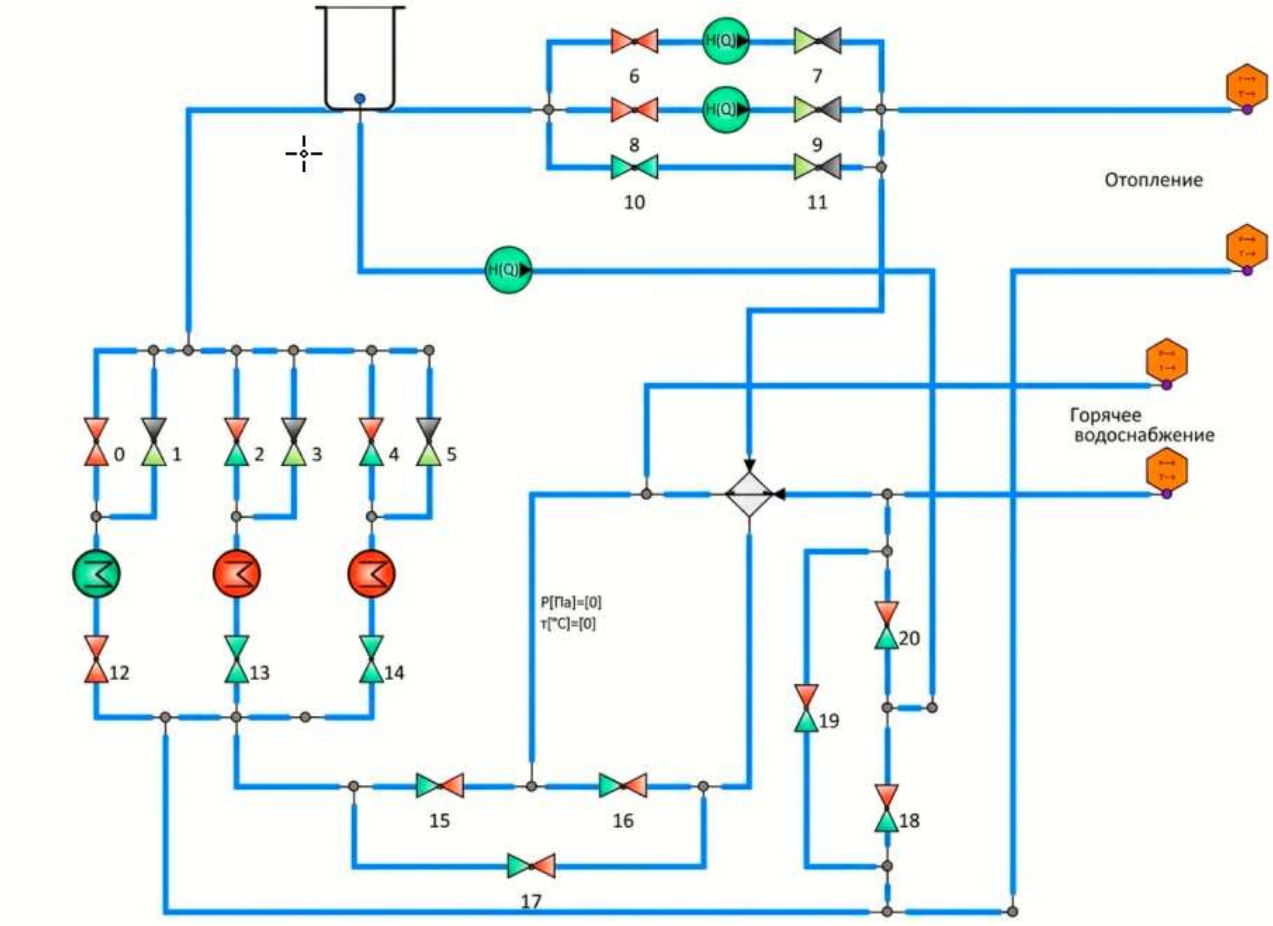


Рис.2.11. Теплогидравлічна схема електрокотельні, виконана в програмі SimInTech

Нижче наведено часові графіки зміни тиску та температури води в трубопроводі (рисунки 2.12, 2.13) з моменту відкриття засувки.

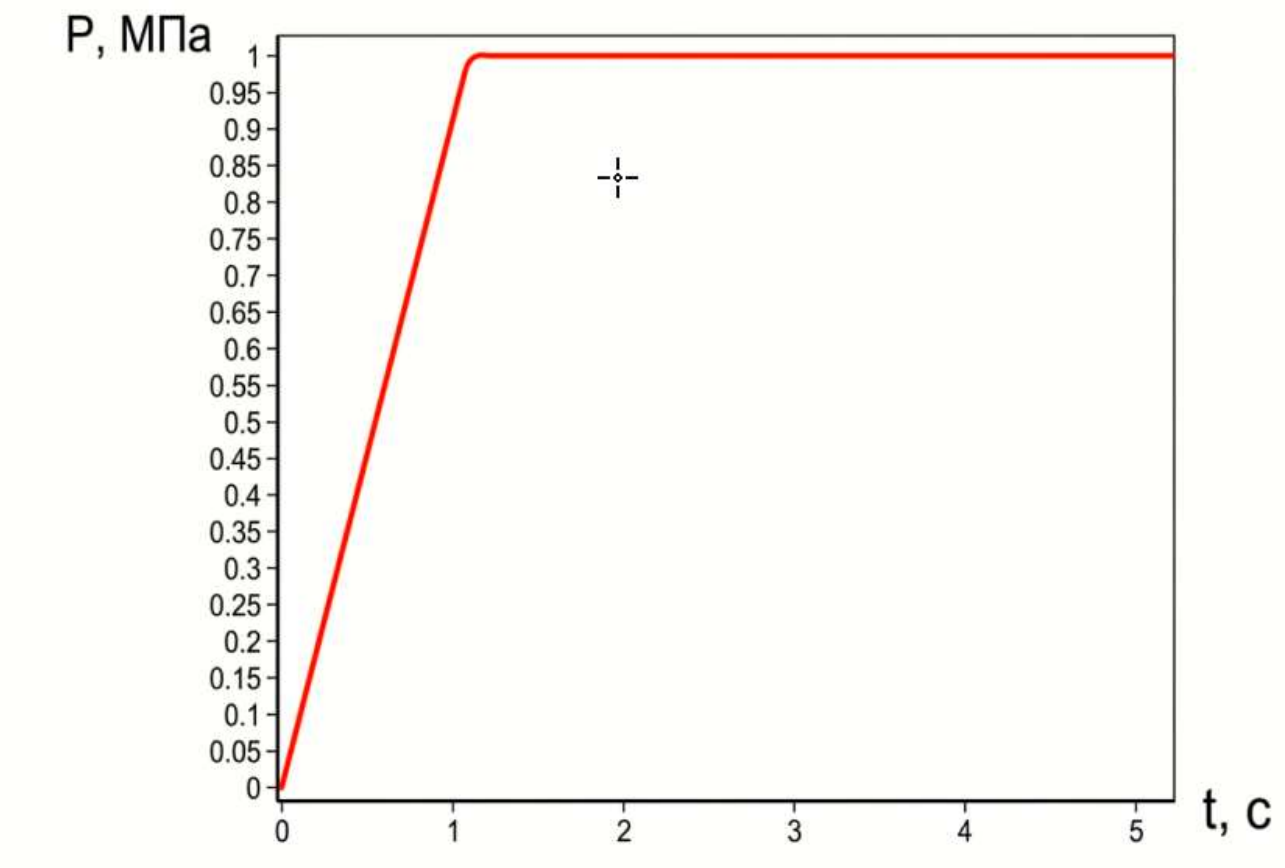


Рис. 2.12. Часовий графік тиску в трубопроводі

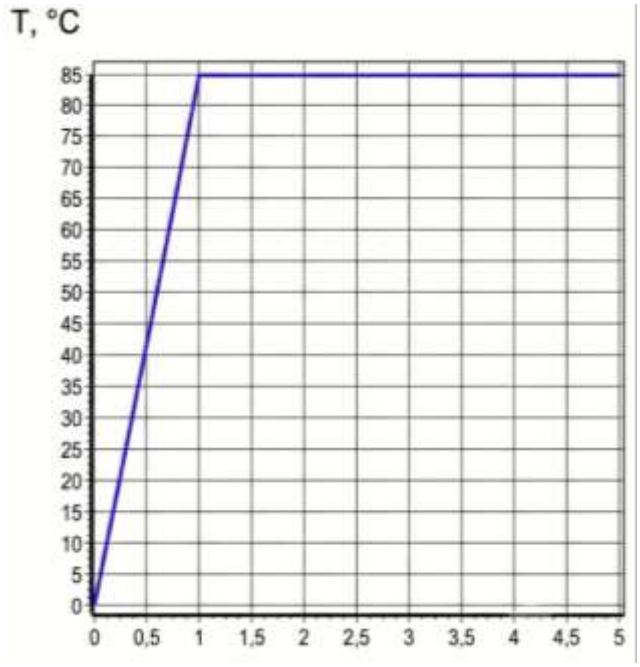


Рис.2.13.Часовий графік температури в трубопроводі

Система керування насосом дозволяє підтримувати необхідний тиск у системі. Часову шкалу зміни тиску води наведено на рисунку 2.14.

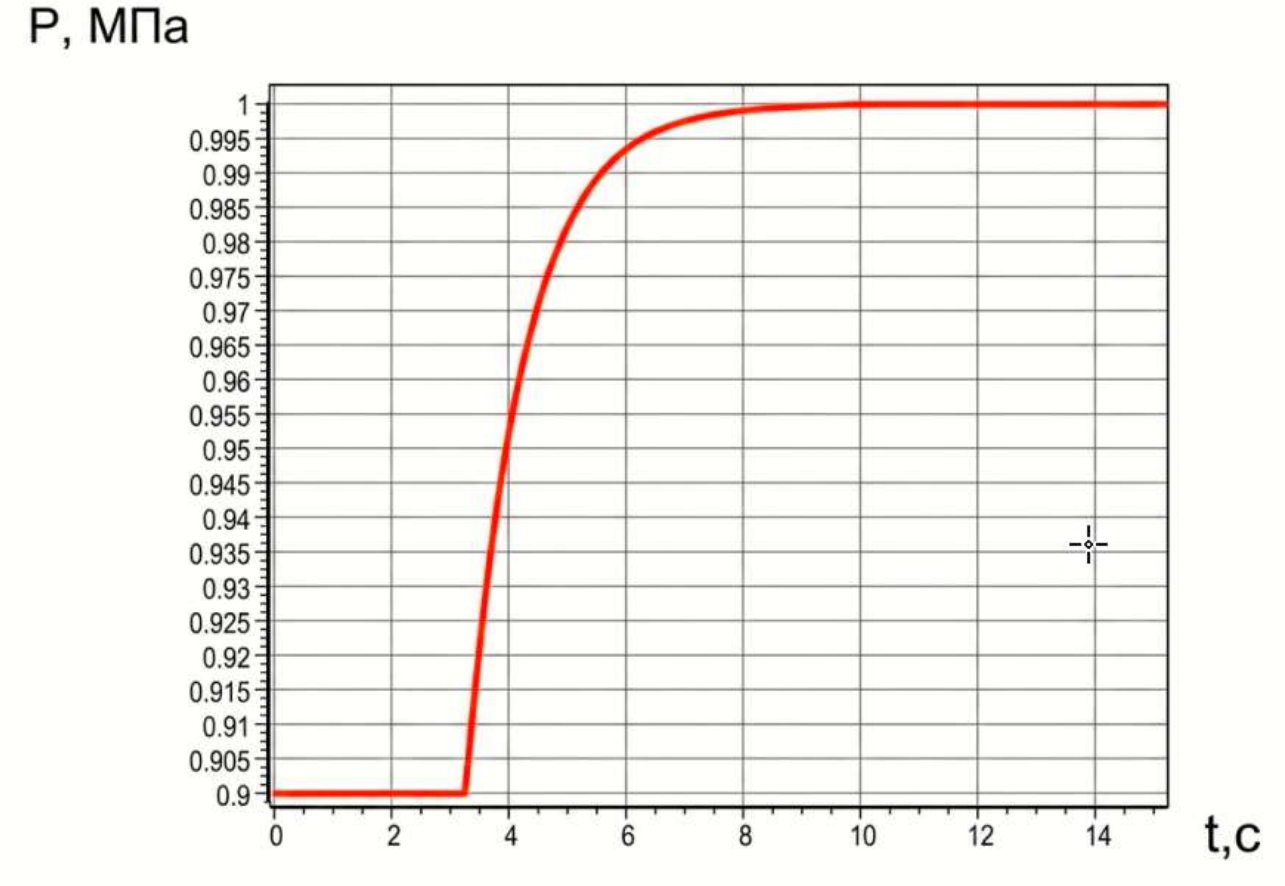


Рис. 2.14.Часовий графік тиску в трубопроводі

Алгоритм керування дозволить регулювати положення засувок, щоб забезпечити необхідну температуру в трубі подачі. На рисунку 2.15 показано хронологію зміни температури теплоносія в трубі подачі після відкриття засувки.

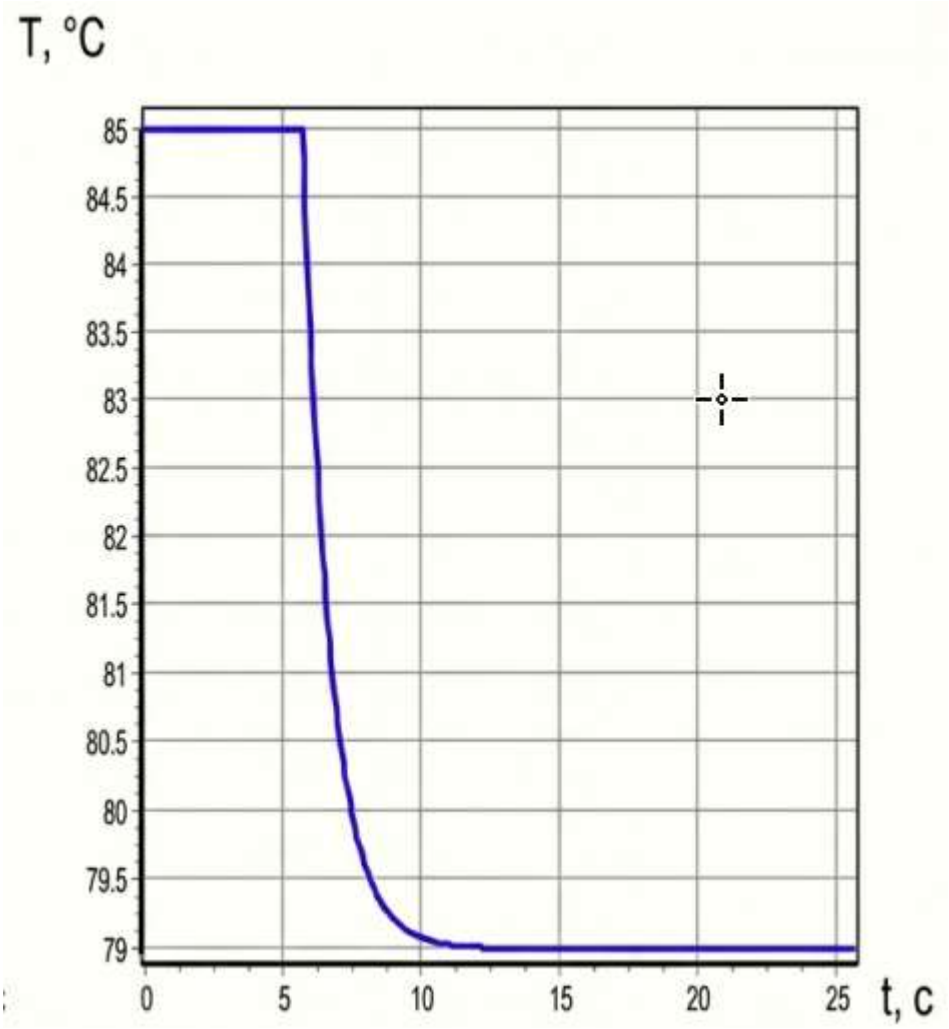


Рис. 2.15 .Часовий графік температури в трубопроводі

Щоб забезпечити споживачів необхідним теплом на виході подавального трубопроводу, має підтримуватися тиск 1 МПа та температура 65-100 °С. Зі зміною зовнішньої температури відповідно змінюється й споживання тепла, що призводить до необхідності контролювати тиск і температуру води в системі. Отримавши цей сигнал від датчиків на вході зворотного трубопроводу, система автоматичного керування змінить положення засувок на перемичці, подавальному та зворотному трубопроводі, а також відправить сигнал перетворювачам частоти для досягнення необхідних значень. На основі побудованої моделі проведемо верифікацію числових значень розрахункових параметрів, що знаходяться в допустимих межах, які забезпечують працездатність електрокотельні. Результати числового експерименту з визначення впливу зміни тиску в подавальному трубопроводі на тиск у

зворотному трубопроводі при температурі на виході подавального трубопроводу 85 °С показано в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Числені експерименти при робочому режимі

Тиск на виході трубопроводу Р2, МПа	Тиск на вході трубопроводу Р3, МПа
1,2	1,02
1	0,82
0,95	0,77
0,85	0,67
0,7	0,52
0,6	0,42

Розрахункові значення відповідають встановленій залежності між тиском на виході та вході трубопроводів. Розрахункові значення, відповідають значенням, отриманим із моделі, у межах допустимої похибки.

Таблиця 2.8

Числені експерименти при робочому режимі

Температура на виході трубопроводу, Т2 °С	Температура на вході трубопроводу, Т3 °С	Температура зовнішнього повітря, Тнар °С
75	50,54	0
85	60,57	0
95	70,6	0
75	48,7	-10
85	58,6	-10
95	68,7	-10
75	40,2	-20
85	50,1	-20
95	60,15	-20

Числені експерименти відповідають встановленим залежностям перепадів температури та тиску на виході та вході трубопроводів.

Побудовані алгоритми роботи автоматизованого керування електрокотельнею допомогли створити комп'ютерну динамічну модель, завдяки якій було виконано моделювання системи керування електрокотельнею в автоматичному режимі та елементів системи, що запобігають аварії при виході

за граничні умови температури та тиску води. У разі виникнення загрози аварійної ситуації система сигналізує та здійснює автоматичну зупинку насосів і закриття клапанів, що є актуальним, адже реакція персоналу може бути недостатньо швидкою для запобігання аварії.

Висновки до розділу 2

У межах цього розділу було здійснено проектування системи автоматизації електрокотельні, результати якого дозволяють зробити такі висновки:

Розроблено архітектуру системи керування: Складено структурну та функціональну схеми автоматизації, що стали основою для реалізації АСУ ТП об’єкта. Ці документи детально відображають взаємодію між технологічним обладнанням, вимірювальними приладами та виконавчими механізмами.

Обґрунтовано вибір технічних засобів: Проведено підбір сучасного обладнання для модернізації котельні, зокрема датчиків тиску (Rosemount 3051C), датчиків температури (ТП101–К), операторської панелі (ОР77А) та перетворювача частоти (HYUNDAI N700E-004HF), що забезпечує високу точність контролю та надійність керування.

Систематизовано параметри контролю та регулювання: Визначено критичні величини технологічного процесу. Встановлено робочі діапазони тиску (до 1,6 МПа) та температур (0-180 °С) для контурів опалення та ГВП, а також визначено функції виконавчих механізмів (насосів та засувок) для підтримання стабільної роботи системи.

Реалізовано систему аварійної сигналізації: Розроблено перелік параметрів аварійної сигналізації, що включає порогові значення тиску (0,4-1,2 МПа) та температури (40-100 °С). Впровадження цих параметрів дозволяє здійснювати автоматичний моніторинг стану системи та забезпечує своєчасне оповіщення персоналу у разі виходу технологічних величин за допустимі межі, що мінімізує ризик виникнення аварійних ситуацій.

Отже, запропоновані технічні рішення та алгоритми контролю створюють надійне підґрунтя для ефективного функціонування електрокотельні, гарантуючи дотримання заданих режимів теплопостачання.

2.9 Заходи із охорони праці та безпеки

2.9.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

1. Класифікація основних факторів ризику

Відповідно до характеру технологічного процесу, систему автоматизації можна розглядати як засіб превентивного захисту від наступних груп чинників:
Термічні чинники: Робота з теплоносієм високої температури (65–100 °C) створює ризик термічних опіків при контакті з неізольованими елементами трубопроводів або при порушенні герметичності системи. САК запобігає виходу параметрів за граничні межі, знижуючи ймовірність прориву теплотрас.
Чинники, пов'язані з високим тиском: Експлуатація обладнання при тиску до 1,2 МПа вимагає жорсткого контролю. Раптові перепади тиску, спричинені гідроударами або несправністю запірної арматури, створюють небезпеку механічного руйнування трубопроводів.
Електричні чинники: Електрокотельня як об'єкт автоматизації характеризується наявністю потужного електрообладнання (насоси, перетворювачі частоти, силові шафи керування). Ризик ураження електричним струмом вимагає наявності автоматизованих систем блокування та захисного заземлення.

2. Роль системи автоматизації у мінімізації ризиків

Аналіз показує, що найбільш критичним чинником є «людський фактор» затримка реакції персоналу на аварійну ситуацію. Впроваджена комп'ютерна динамічна модель керування котельнею виконує функцію інтелектуального захисту:
Автоматизація алгоритмів безпеки: При виявленні відхилень параметрів (тиску або температури) за граничні умови, САК виконує автоматичну зупинку насосних груп та закриття клапанів, випереджаючи швидкість реакції людини.
Моніторинг критичних станів: Система забезпечує безперервний збір даних від датчиків на вході та виході трубопроводів, що дозволяє прогнозувати аварійні ситуації ще до їхнього виникнення.

Зниження психофізіологічного навантаження: Завдяки переведенню системи в автоматичний режим, знижується рівень стресу персоналу, оскільки система самостійно виконує регулювання положення засувок для досягнення необхідних значень.

Отже, аналіз НШВЧ підтверджує, що автоматизація електрокотельні є не лише технологічною необхідністю, а й ключовим заходом охорони праці. Інтеграція елементів системи, що запобігають аваріям, дозволяє нівелювати фізичні ризики (опіки, травми від тиску) та виключити небезпеку, пов’язану з несвоєчасною реакцією персоналу в екстрених умовах.

2.9.2 Засоби зниження дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Засоби зниження дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Для забезпечення належного рівня промислової безпеки в електрокотельнях застосовується комплексний підхід, що поєднує технічні засоби захисту та впровадження інтелектуальних систем автоматизації. Використання автоматизованого керування дозволяє мінімізувати вплив небезпечних і шкідливих виробничих чинників (НШВЧ) шляхом створення превентивного середовища експлуатації.

1. Технічні засоби автоматизованого захисту

Ключовим елементом зниження ризиків є перехід від ручного керування до алгоритмізованих систем, які виконують наступні функції:

Автоматизація блокувань. Система автоматично здійснює зупинку насосного обладнання та закриття запірної арматури при виході параметрів за граничні умови (температурний діапазон 65-100 °С та тиск до 1,2 МПа).

Інтеграція з перетворювачами частоти. Використання сигналів від датчиків тиску на вході/виході трубопроводів дозволяє системі автоматично коригувати роботу приводів, запобігаючи виникненню критичних перепадів тиску, які можуть призвести до механічного пошкодження обладнання.

Система аварійної сигналізації. Впровадження контуру зворотного зв’язку від датчиків до системи управління забезпечує миттєве сповіщення персоналу про відхилення в технологічному процесі, що є критично важливим для уникнення аварій через повільну реакцію людини.

2. Організаційно-технічні заходи

Окрім програмних алгоритмів, для нівелювання впливу НШВЧ передбачаються наступні заходи:

Комп'ютерне моделювання процесів. Створення динамічної моделі електрокотельні дозволяє завчасно проводити верифікацію розрахункових параметрів, що знаходяться в допустимих межах експлуатації, забезпечуючи працездатність системи.

Мінімізація контакту з теплоносієм. Застосування автоматизованих засувок на подавальному та зворотному трубопроводах, а також на перемичці, виключає потребу у постійній присутності персоналу в зонах з підвищеною температурою або тиском.

Контроль стабільності системи. Регулярна верифікація числових значень експериментальних даних (температури та тиску) дозволяє підтримувати режим роботи котельні, при якому вплив небезпечних чинників зведений до мінімально можливого рівня.

Впровадження автоматизованої системи управління є пріоритетним засобом зниження дії НШВЧ. Завдяки швидкій реакції системи на аварійні ситуації, автоматичному закриттю клапанів та зупинці насосів, рівень травматизму та аварійності на об'єкті мінімізується, що забезпечує виконання вимог безпеки при експлуатації електрокотельні.

2.9.3 Пожежна безпека

Електрокотельня як об’єкт автоматизації класифікується як споруда з підвищеним рівнем пожежної небезпеки, що зумовлено наявністю потужного електрообладнання, кабельних трас та високих температур теплоносія.

Забезпечення пожежної безпеки в умовах автоматизованого керування базується на поєднанні превентивних технічних заходів та систем швидкого реагування.

Характеристика джерел пожежної небезпеки

Основні ризики виникнення пожежі пов’язані з такими чинниками. Перегрів електрообладнання. Можливе коротке замикання в силових шафах керування, перевантаження перетворювачів частоти або несправність насосних агрегатів при тривалій експлуатації. Стан ізоляції. Деградація ізоляції кабельних ліній внаслідок впливу вібрації та температурних перепадів у приміщенні котельні. Термічний вплив на оточуючі матеріали. Можливе нагрівання конструкцій до температур займання при порушенні герметичності систем трубопроводів з теплоносієм.

Автоматизовані засоби протипожежного захисту. Впроваджена система автоматизації відіграє ключову роль у запобіганні розвитку пожежних ситуацій: Системи моніторингу та діагностики. Динамічна модель системи керування дозволяє відстежувати граничні умови температури та тиску води. При виявленні критичних відхилень система сигналізує та автоматично зупиняє насоси, запобігаючи перегріву та аварійному розриву труб. Автоматичне знеструмлення. У разі виникнення загрози аварійної ситуації САК здійснює закриття клапанів та автоматичне відключення споживачів, що мінімізує енергетичну навантаженість на мережі, яка може стати джерелом займання. Протипожежна автоматика. Додатково передбачається встановлення датчиків диму та тепла, інтегрованих із загальною системою автоматизації, які забезпечують миттєву зупинку всіх технологічних процесів при виявленні ознак горіння.

Організаційні заходи пожежної безпеки

Для підвищення надійності системи автоматизації електрокотельні виконуються такі заходи. Верифікація розрахункових параметрів. На основі побудованої моделі проводиться перевірка робочих режимів, що дозволяє уникнути знаходження параметрів у зонах, які можуть призвести до виходу обладнання за межі працездатності. Захист кабельних трас. Використання

вогнестійких матеріалів для ізоляції та автоматизований контроль за навантаженням електроприводів, що виключає їх перегрів. Дистанційне керування. Оскільки реакція персоналу може бути недостатньо швидкою, автоматизація функцій зупинки насосів та закриття засувок є критичним заходом для недопущення поширення вогню.

Система автоматизації електрокотельні є невід’ємною складовою забезпечення пожежної безпеки. Завдяки превентивному моніторингу параметрів тиску та температури, а також автоматичному алгоритму блокування аварійних ділянок, ризик виникнення пожежі знижується до мінімуму, що значно підвищує надійність функціонування об’єкта.

ВИСНОВКИ

У роботі було проведено огляд наявних типів електрокотелень та проаналізовано відмінності у їхньому функціональному призначенні. Детально розглянуто технологічні принципи роботи електрокотелень. Створено структурну схему для автоматизації системи керування електрокотельнею. Для дослідження автоматизованого керування електрокотельнею було проаналізовано обрані технологічні засоби автоматизації.

Результатом роботи є створення структурної схеми для автоматизації системи керування електрокотельнею, опис алгоритму автоматичного керування електричною котельнею, на основі якого в програмі SimInTech було створено комп’ютерно-динамічну модель, за допомогою якої можна визначити вплив різних значень температури та тиску на роботу системи. Комп’ютерна модель схеми теплопостачання є графічним та аналітичним інструментом, що дозволяє оперативно виконувати поставлені завдання.

Роботу системи в автоматичному режимі моделювали в робочих діапазонах технологічних параметрів тиску від 0,5 МПа до 1,2 МПа та температури в межах від 65 до 100 °С, а також змодельовано аварійну ситуацію. Аварійні ситуації виникають через зміни температури або тиску, порушення цілісності тепломережі, внаслідок чого відбувається втрата теплоносія в трубопроводі.

Побудована комп’ютерна модель дозволяє вивчати поведінку системи загалом, надати рекомендації щодо допустимих діапазонів технологічних параметрів та режимів роботи.

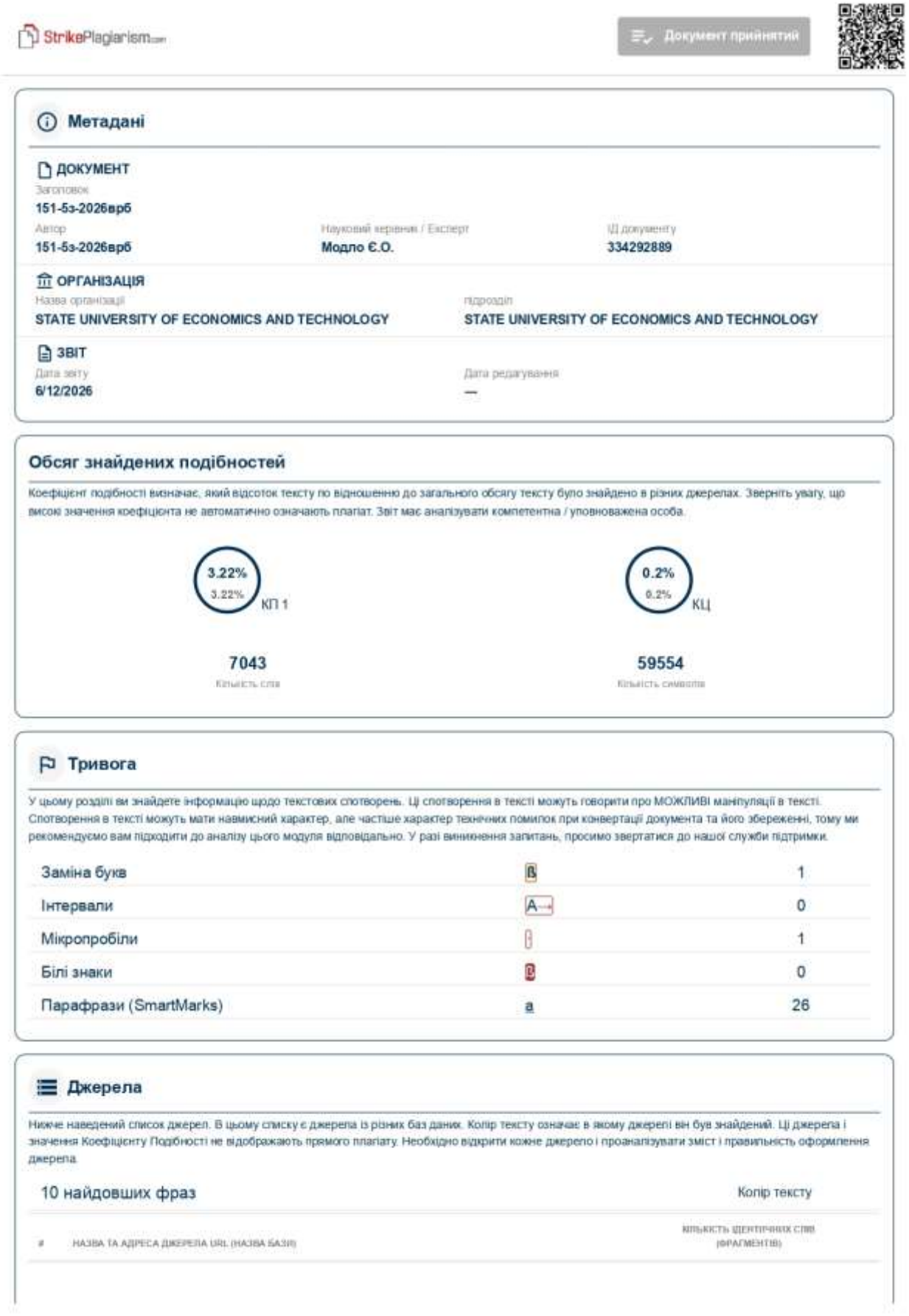
Автоматизація дозволяє контролювати та регулювати основні параметри процесу, забезпечуючи тим самим безпеку робіт та уникаючи помилок оперативного персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 17 с.
2. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 № 1818-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20 (дата звернення: 19.06.2026).
3. Кулаков Г. Т., Куцепалова Л. В. Автоматизація технологічних процесів та виробництв: підручник. Київ: Кондор, 2020. 320 с.
4. Петренко В. І. Промислові електрокотельні та системи їх автоматизації: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. 215 с.
5. Сидоренко А. О. Автоматизовані системи керування в металургійній промисловості. Дніпро: Нова ідеологія, 2023. 280 с.
6. Матвєєв М. В. Математичне моделювання динамічних систем у середовищі SimInTech. Харків: ХНУРЕ, 2024. 195 с.
7. Іванов С. М. Основи теорії автоматичного керування теплоенергетичними процесами. Київ: Наукова думка, 2021. 340 с.
8. Диспетчеризація та SCADA-системи у промисловому теплопостачанні: навч. посібник / за ред. проф. О. П. Коваленка. Запоріжжя: ЗНТУ, 2022. 180 с.
9. Офіційний сайт SimInTech. Документація та керівництво користувача. URL: https://simintech.ru/support/documentation/ (дата звернення: 19.06.2026).
10. Проектування систем автоматизації електротехнічних комплексів / В. К. Федоров, Т. А. Лебедєва. Київ: Техніка, 2023. 260 с.
11. Теплоенергетика металургійних підприємств: довідник / за ред. П. Г. Іванова. Кривий Ріг: КНУ, 2022. 410 с.
12. Безпека промислових об’єктів та експлуатаційні ризики: навч. посібник / О. В. Петров. Дніпро: ДДТУ, 2024. 150 с.
13. Мікропроцесорні контролери в автоматиці теплових процесів / С. І. Дмитренко, І. В. Корнієнко. Київ: Освіта України, 2023. 190 с.
14. Енергозберігаючі технології в промисловості: збірник наукових праць / за ред. Л. М. Степанова. Київ: Академперіодика, 2025. 220 с.

15. Стандарти ISO у сфері автоматизації технологічних процесів: огляд та застосування. URL: https://www.iso.org/standards.html (дата звернення: 19.06.2026).

ДОДАТКИ



StrikePlagiarism.com

Документ прийнятий

Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок
151-5з-2026врб

Автор
151-5з-2026врб

Науковий керівник / Експерт
Модло Є.О.

ІД документу
334292889

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Підрозділ
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

ЗВІТ

Дата звіту
6/12/2026

Дата редагування
—

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

3.22% 3.22% КП 1

0.2% 0.2% КЦ

7043
Кількість слів

59554
Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв	В	1
Інтервали	A	0
Мікропробіли	·	1
Білі знаки	¶	0
Парафрази (SmartMarks)	a	26

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз | Колір тексту

#	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)

ЗГОДА здобувача освіти Державного університету економіки і технологій про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату та розміщення в Репозитарії ДУЕТ

Я, *Гринь Олександр Іванович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. Стверджую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Автоматизація металургійного виробництва. Система автоматизації електрокотельні» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований, що відповідно до пункту 5.8 «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» згадана робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ) та ознайомлений з умовами такого розміщення.

Дата 01.06.2026 Підпис