

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
В. о. завідувача кафедри АКІТ,
кандидат технічних наук, доцент

_____ М. І. Сіделєв
“ ____ ” _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА НАУКОВА РОБОТА
на тему: «**Автоматизована система моніторингу та керування
котельною установкою**»

Пояснювальна записка

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – МНР – 671. 21930113

Студент _____ Ардикуца Ю. В.

Керівник _____ Сіделєв М. І.

Консультант _____ Григор'єва Л.І.
(дата)

Миколаїв – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення: Комп'ютерних наук
Кафедра, циклова комісія: Автоматизація та КІТ
Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти другий (магістр)

Напрямок підготовки 151 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і назва)

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри, голова циклової комісії

Сіделєв М. І. _____
“ ____ ” _____ 2023 р

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ НАУКОВУ РОБОТУ

Ардикуца Юрій Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)
Автоматизована система моніторингу та керування котельною установкою
керівник проекту (роботи) канд.техн.наук, доцент Сіделєв Микола Іванович,
затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ____ ” _____ 2022 р. № ____
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16.06. 2023
3. Вихідні дані до проекту (роботи)
Об'єкт роботи: Методи керування котельною установкою. Предмет роботи:
Автоматизована система моніторингу та керування для котельної установки.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз технічної літератури та патентної інформації автоматизованих котельних установок, розробка схем та вибір технічного обладнання, розробка автоматизованої системи моніторингу та керування котельною установкою.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Технологічна схема котельної установки, функціональна схема автоматизації парового котла, модель системи регулювання рівня у баку, модель структурної схеми автоматичного регулювання.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сіделєв М.І., доцент кафедри АКІТ	13.10.2022	
2	Сіделєв М.І., доцент кафедри АКІТ	03.01.2023	
3	Сіделєв М.І., доцент кафедри АКІТ	03.04.2023	
4	Григор'єва Л.І., професор кафедри екології	19.04. 2023	

7. Дата видачі завдання «17» жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2022	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3	Формування завдання	13.10.2022	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2022	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2022	
6	Виконання першої частини	01.12.2022	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*) формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9	Робота над третьою частиною	03.04. 2023	
10	Робота над розділом з охорони праці	12.05. 2023	
11	Передзахисти	15.05. 2023	
12	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	16.06. 2023	

*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

**магістерської наукової роботи студента групи 671 ЧНУ ім. Петра Могили
Ардикуци Юрія Валерійовича**

Тема: «Автоматизована система моніторингу та керування котельною установкою»

Об'єктом роботи є методи керування котельною установкою.

Предметом роботи є автоматизована система моніторингу та керування для котельної установки.

Метою роботи є досягти підвищення якості керування котельною установкою за рахунок впровадження автоматизованої системи з постійним моніторингом та керуванням параметрів.

Пояснювальна записка складається зі вступу, розділів, що включають теоретичні аспекти котельних установок, принципи роботи обладнання для виробництва пари та методи керування, а також висновків, де узагальнюються отримані результати дослідження.

У даній магістерській науковій роботі детально розглядаються загальні відомості про котельні установки та обладнання для виробництва пари, а також представлено розроблену автоматизовану систему моніторингу та керування установок.

Результатом даної магістерської роботи є розроблена автоматизована система моніторингу та керування котельною установкою, яка дозволяє підвищити ефективність та надійність роботи котельної, забезпечуючи оптимальні умови функціонування.

Загальний обсяг роботи 91 сторінок, 33 рисунка, 4 Таблиць, 27 використаних джерел.

Ключові слова: котельна установка, котел, автоматизована система, керування котлом, моніторинг котельні, аналіз якості керування.

ABSTRACT

**master's thesis of a student of group 671 Petro Mohyla Black Sea National
University**

Yurii Ardykutsa

Topic: «Automated system of monitoring and control of the boiler plant»

The object of the work is the methods of controlling the boiler plant.

The subject of the work is an automated monitoring and control system for a boiler plant.

The goal of the work is to improve the quality of boiler plant management by implementing an automated system with constant monitoring and control of parameters.

The explanatory note consists of an introduction, sections covering theoretical aspects of boiler plants, operating principles of steam production equipment and control methods, as well as conclusions summarizing the research results.

In this master's scientific work, general information about boiler plants and equipment for steam production is considered in detail, as well as the developed automated system for monitoring and controlling plants is presented.

The result of this master's work is the developed automated system for monitoring and controlling the boiler plant, which allows to increase the efficiency and reliability of the boiler plant, providing optimal operating conditions.

The total volume of work is 91 pages, 33 figures, 4 tables, 27 used sources.

Keywords: boiler installation, boiler, automated system, boiler control, boiler room monitoring, control quality analysis.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	4
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З АВТОМАТИЗОВАНИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК	10
1.1 Загальні відомості про котельні установки.....	10
1.2 Опис схеми типової котельної установки	15
1.3 Опис технологічного обладнання для виробництва пари	18
1.4 Аналіз патентної інформації.....	21
1.5 Розробка технічного завдання.....	29
1.6 Висновки до розділу 1	30
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СХЕМ ТА ВИБІР ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	31
2.1 Вибір та опис парового котла	31
2.2 Розробка функціональної схеми.....	33
2.3 Вибір та опис комплексу технічних засобів	35
2.4 Висновки до розділу 2	50
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ	52
3.1 Математична модель котельні	52
3.2 Розробка програми моніторингу та керування котлом з використанням ПІА Portal	54
3.3 Аналіз якості керування системи керування.....	58
РОЗДІЛ 4. УРАХУВАННЯ ПИТАНЬ З ОХОРОНИ ПРАЦІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ	69
4.1 Опис приміщення.....	69
4.2 Цивільний захист працівників у надзвичайних ситуаціях	83
4.3 Висновки до розділу 4	87
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ПЛК – Програмований логічний контролер

HMI – (Human Machine Interface) – людино-машинний інтерфейс

PT – (Pressure Transmitter) – тисковий передавач

LT – (Level Transmitter) – рівневий передавач

TT – (Temperature Transmitter) – температурний передавач

FT – (Flow Transmitter) – передавач потоку

ВСТУП

В даний час автоматизована система моніторингу та керування котельними установками є необхідним комплексом для сучасних промислових підприємств і житлових комплексів, оскільки для забезпечення ефективної та безпечної роботи котельних установок необхідно постійно контролювати технічні параметри й оптимально керувати їхню роботу. Найкращим рішенням у цій ситуації є впровадження сучасного технологічного обладнання, що дозволяє максимально використовувати можливості систем управління і тим самим досягти якісно нового рівня технології. Розробка систем автоматизації для контролю і управління котельними установками є актуальним завданням для вирішення проблем енергозбереження, ефективності використання палива та безпеки.

Комплексна автоматизація виробництва із застосуванням робото технічних систем, із широким використанням обчислювальної техніки, також істотно полегшує людську працю, ліквідуючи необхідність виконання людиною одноманітних, стомлюючих операцій. Праця стає більш інтелектуальною та цікавою, а роль людини в автоматизованому процесі виробництва зводиться до налагодження, регулювання, обслуговування засобів автоматизації та спостереження за їх дією.

У даній роботі наведено загальну інформацію про котельні установки, їхні компоненти, технічні характеристики та показники якості, опис схем котельних установок і докладний опис функцій котельних установок, включно з технічним обладнанням для виробництва пари. У ній також проаналізовано патентні дані та поставлено дослідницькі задачі з розроблення ефективної автоматичної системи моніторингу та управління котельними установками.

В роботі надається детальний опис роботи котельних установок і розробка автоматизованої системи моніторингу та керування за допомогою програмного забезпечення TIA Portal. Для здійснення управління та моніторингу котельною установкою та збирання інформації, для забезпечення ефективної та безпечної

роботи котельних установок використовується НМІ панель та програмований логічний контролер. Також проаналізовано якість керування системи управління за допомогою середовища моделювання Matlab/Simulink. Крім того, виконано аналіз патентної інформації та поставлені завдання дослідження для розроблення ефективної автоматизованої системи моніторингу та управління котельними установками.

Мета роботи: досягти підвищення якості керування котельною установкою за рахунок впровадження автоматизованої системи з постійним моніторингом та керуванням параметрів

Об'єкт роботи: методи керування котельною установкою.

Предмет роботи: автоматизована система моніторингу та керування для котельної установки.

Завдання роботи:

- Проаналізувати технічну літературу та патентну інформацію котельних установок.
- Представити схему котельної установки.
- Розробити математичну модель парового котла, яка враховуватиме його основні характеристики та особливості роботи.
- Розробити програму моніторингу та керування котельною установкою з використанням ПІА Portal, що дозволить отримувати дані про роботу котла та керувати ним.
- Проаналізувати якість керування системи управління за допомогою середовища моделювання Matlab/Simulink, що дозволить встановити оптимальні параметри роботи котла та покращити його ефективність.
- Виконати комплекс заходів з техніки безпеки та охорони праці.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З АВТОМАТИЗОВАНИХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

1.1 Загальні відомості про котельні установки

1.1.1 Визначення та призначення

Котельні установки – це технічні системи, які призначені для виробництва пари для опалення та інших технологічних процесів. Зазвичай котельні установки складаються з котла, топки, системи подачі палива, системи подачі повітря, системи збору попелу та димового газу та системи управління.

Основне завдання котельних установок полягає у забезпеченні енергією для опалення та інших технологічних процесів, забезпечуючи достатній рівень температури та тиску пари. При цьому важливо, щоб котельні установки працювали ефективно та безпечно, не забруднюючи навколишнє середовище та забезпечуючи безпеку праці персоналу.

Котельні установки мають певні параметри, такі як потужність, температуру, тиск та спосіб підведення палива. Вибір цих параметрів залежить від потреб у опаленні будівель або забезпеченні потреб у гарячій воді [1, 2].

Основним призначенням котельних установок є забезпечення опалення та гарячої води для будівель та споживачів.

Котельні установки використовуються для забезпечення опалення будівель, зокрема житлових, адміністративних, комерційних та інших приміщень. Вони забезпечують необхідну температуру повітря в приміщенні та забезпечують комфортний рівень тепла. Котельні установки також використовуються для забезпечення гарячої води для використання в душі, ванній кімнаті, кухні тощо.

Крім того, котельні установки використовуються у промисловості для забезпечення теплової енергії для технологічних процесів, таких як обробка, зберігання та транспортування різних матеріалів.

У деяких випадках, котельні установки можуть використовуватися як джерело електроенергії. Вони можуть бути підключені до системи генерації, яка дозволяє отримувати енергію та тепло з одного джерела.

Загалом, котельні установки є невід'ємною частиною будь-якого приміщення, яке потребує опалення та гарячої води. Вони забезпечують комфортні умови для проживання та роботи, а також є важливим джерелом енергії для промислових процесів[1].

1.1.2 Типи котельних установок

Котельні установки – це технічні системи, призначені для теплопостачання будівель та промислових об'єктів. Тип котельні може бути обраний залежно від різних факторів, таких як потрібна потужність, використовуване паливо, економічні фактори тощо.

Основні типи котельні включають в себе:

1. Твердопаливні котли – такі котли використовують дерево, вугілля, палети, брикети тощо як паливо. Вони можуть бути простими та надійними, але вимагають постійної уваги та пильного контролю [3,4].
2. Газові котли – вони використовують природний газ як паливо та є більш ефективними, чистими та легшими в обслуговуванні, порівняно з котлами на твердому паливі. Газ - недорогий і широко поширений продукт, а процеси в котельні за бажання можна повністю автоматизувати.
3. Електричні котли – такі котли використовують електричну енергію для створення тепла. Вони можуть бути досить ефективними, але споживають багато електроенергії, що може зробити їх менш економічними.
4. Рідкопаливні котли – ці котли використовують нафту або дизельне паливо для генерації тепла. Вони можуть бути ефективними, але вимагають пильного контролю через пожежну безпеку та екологічні питання.
5. Комбіновані котельні – це котельні, які можуть використовувати декілька різних джерел тепла, таких як газ, електрику, тверде паливо тощо. Це може збільшити ефективність та економічність системи.

6. Котельні з використанням відновлювальних джерел енергії – ці котельні використовують сонячні батареї, геотермальні джерела, біомасу або інші відновлювальні джерела енергії для створення тепла. Вони можуть бути більш екологічно чистими та економічними, але потребують відповідної інфраструктури та технологій [4].

Крім цих основних типів, котельні можуть бути розділені на додаткові категорії, такі як:

Котельні з відкритим та закритим водяним контуром – відкритий водяний контур використовує воду з відкритого резервуара, тоді як закритий контур використовує воду в закритому циклі [5].

Котельні з одним та декількома котлами – котельні з одним котлом підходять для невеликих будівель, тоді як котельні з декількома котлами підходять для великих будівель та промислових комплексів.

Котельні з автоматичним та ручним керуванням – автоматична система керування може автоматично регулювати роботу котла, тоді як ручна система вимагає ручного керування та контролю.

Котельні з теплоаккумулятором – такі котельні мають додатковий елемент, який називається теплоаккумулятором. Теплоаккумулятор зберігає нагріту воду з котла, яка може бути використана в майбутньому для опалення будівлі або для гарячого водопостачання. Це дозволяє ефективніше використовувати енергію та знижувати витрати на опалення та гаряче водопостачання. Котельні з теплоаккумулятором часто використовуються в будівлях зі змінним навантаженням на систему опалення, наприклад, в готелях та спортивних комплексах.

1.1.3 Основні складові котельних установок

Основні складові котельних установок включають в себе наступні елементи:

- Пальник: місце змішування повітря та джерела палива для згорання.

- Камера згоряння/топка: місце згоряння, що нагріває теплообмінник, з температурою до кількох сотень градусів.
- Теплообмінник: передає тепло з камери згоряння до води в баку котла.
- Аквастати: визначають температуру води в котлі та керують пальником.
- Деаератор: технічний пристрій для очищення рідини від газових домішок.
- Розширювальний бак: резервуар, що захищає систему від надмірного тиску.
- Зворотний клапан: запобіжний пристрій, що дозволяє воді текти лише в одному напрямку. Крім зворотного клапана, є ще один запобіжний пристрій - вентиль безпеки, який автоматично відпускає надмірний тиск в системі опалення.
- Циркуляційний насос: проштовхує гарячу воду через систему для опалення.
- Лінії живлення: труби, що доставляють гарячу воду або пару до точок розподілу.
- Зворотні лінії: повертають охолоджену воду в котел для повторного нагріву, коли вода змінює стан назад на воду після охолодження або пара після зміни стану на воду [6].

Крім основних складових котельної установки, можуть бути встановлені додаткові пристрої, такі як автоматичні системи контролю та регулювання параметрів опалення, системи очищення та обробки води, а також системи відведення димових газів.

1.1.4 Технічні та якісні характеристики котельних установок

Технічні характеристики котельних установок можуть включати в себе ряд параметрів, таких як:

- Потужність котла (в кВт або МВт).
- Тиск робочої рідини (в барах або кПа).
- Температура робочої рідини (в градусах Цельсія).
- Ефективність котла (у відсотках).
- Тип палива, що використовується.
- Розміри котельної установки (довжина, ширина, висота).
- Маса котельної установки (в тоннах).

Також до технічних характеристик можуть відноситися інші параметри, такі як матеріали, з яких виготовлена котельна установка, тип спалювання та інші технічні особливості, що характеризують конструкцію.

Показники якості котельних установок можуть включати в себе ряд характеристик, таких як:

Коефіцієнт корисної дії – відношення енергії, що вивільняється при згорянні палива, до спожитої енергії на його забезпечення. Цей показник характеризує ефективність роботи котла.

Рівень шуму – міра шуму, який виробляє котельна установка під час роботи.

Рівень емісії – кількість викидів шкідливих речовин у повітря, що виходять з котельної установки.

Термін служби – період часу, протягом якого котельна установка може працювати з належною ефективністю без серйозних витрат на ремонт або заміну окремих елементів.

Надійність – здатність котельної установки працювати стабільно і безперебійно протягом тривалого часу.

Економічність – показник, який характеризує витрати на енергопостачання під час роботи котельної установки.

Безпека – здатність котельної установки працювати безпечно для життя та здоров'я людей та довкілля.

Для визначення енергоефективності котлів застосовується європейський стандарт Energy related Products Directive (ErP). Літерний рейтинг, що вказує на рівень енергоефективності котла, є ключовим елементом цього стандарту. Рейтинг починається з котлів класу G, що є найменш енергоефективними, і закінчується класом A+++ , який є найвищим класом енергоефективності. Котли класу A+++ споживають менше палива, тому викидають менше викидів в атмосферу. Котли класу G є найменш енергоефективними і зазвичай мають більш високі витрати на паливо[7].

1.1.5 Функції та технічні параметри основних елементів котельної установки .

Котельна установка складається з котла, насосної установки, баків для палива та води, системи автоматичного регулювання, трубопроводів та інших компонентів.

1. Котел нагріває воду або пару для опалення та виробничих потреб. Технічні параметри включають максимальну потужність, тиск та температуру робочого середовища, ефективність, розміри та масу.

2. Насосна установка використовується для переміщення води по системі опалення та подачі води до котла. Технічні параметри включають продуктивність, тиск, ефективність, розміри та масу.

3. Баки для зберігання палива та води забезпечують постачання палива та води до котла. Технічні параметри включають об'єм, розміри та масу.

4. Система автоматичного регулювання контролює роботу котельної установки та забезпечує безперебійну та ефективну роботу. Технічні параметри включають точність регулювання, розміри та масу.

5. Трубопроводи використовуються для переміщення робочого середовища та забезпечення його розподілу. Технічні параметри включають діаметр, тиск та матеріал.

Інші компоненти можуть включати фільтри, вентиляційні системи, димові канали та інші. Кожен елемент має свої важливі функції та технічні параметри для забезпечення ефективної та безпечної роботи котельної установки [8].

1.2 Опис схеми типової котельної установки

Основним елементом котельні (рис. 1.1) є поверхня нагріву, вона полягає у забезпеченні передачі теплової енергії від теплоносія до робочого середовища. Залежно від процесу перетворення робочого середовища розрізняють нагріті, випарні та перегріті поверхні нагріву [9].

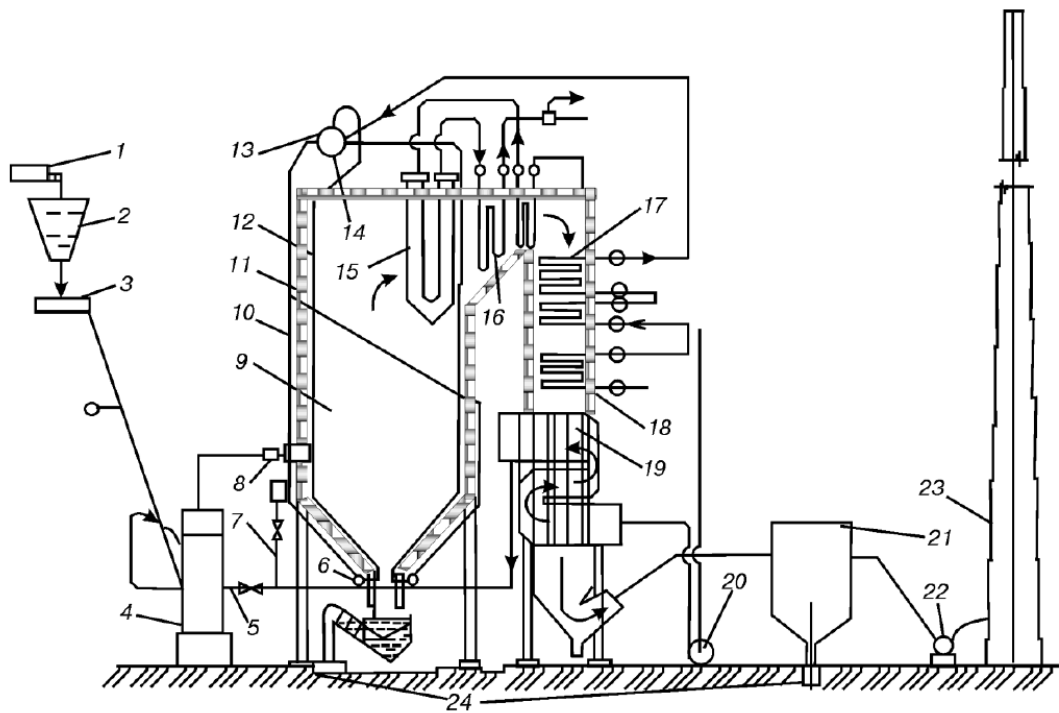


Рисунок 1.1 – Технологічна схема котельної установки

1 – транспортер; 2 – сховище; 3 – живильний бак; 4 – млиновий пристрій; 5 – первинний повітряний вхід; 6 – нижній розподільний колектор; 7 – вторинний повітряний вхід; 8 – пальникова система; 9 – котлова камера; 10 – опускні вихідні труби; 11 – облицювання котла; 12 – підйомні вихідні труби; 13 – 14 – барабанна частина; 15 – перегрівач з вентиляваною захисною камерою; 16 – конвективний перегрівач; 17 – другий економайзер; 18 – перший економайзер; 19 – підігрівач повітря; 20 – вентиляційна система; 21 – очистка газу; 22 – витяжна система; 23 – вихідна димова труба; 24 – Система виведення золи та шлаку [9].

Тепло, що виділяється продуктами згоряння, може передаватися поверхні нагріву за допомогою випромінювання та конвекції. Тому поверхні нагріву поділяють на конвекційні, радіаційні та радіаційно-конвекційні.

Конвекційний обігрів котла, в тому числі водяний, включає економайзер 18 (рис. 1.1), призначений для поверхневого нагріву. У конвективній низхідній шахті економайзера розміщені зони відносно низьких температур. Поверхні нагріву розташовані в 9 найвищих температурних зонах кондиціонера і в газовому каналі за ним. Екрани, фестони та котлопакети є найбільш радіаційними та радіаційно-конвективними поверхнями нагріву. Поверхні

нагріву котла, розміщені на стінах топки 12 і газових каналів, які захищені від впливу високих температур, є екранними поверхнями. В середині топки можна встановити екрани [8].

Поверхні нагріву перегріву можуть бути радіаційними, екранними і конвективними: радіаційні пароперегрівачі розміщують на стінках печі або її стелі. Екранові нагрівачі 15 є нагрівальними поверхнями, на яких розміщені екрани з великою поперечною трубчастою лінією, що отримує тепло за допомогою приблизно однакової кількості випромінювання та конвекції. Пароперегрівачі 16, що передають тепло з газів до пару, розміщені у газових каналах на початку конвективної шахти або на перехідному горизонтальному переході.

Комплект додаткових пристроїв, встановлених послідовно по ходу поверхонь нагріву, трубопроводів, що з'єднують їх і робочого органу. Основна витяжна система котла включає економайзер 18, вихідні патрубки, барабан 14, підвідні патрубки 10 та нижній розподільний колектор 6, стельовий калорифер, екрани першу і другу ступені конвективного калорифера 16. Проміжна перегородка 17 є елементом перегородки-протоки проміжної перегородки.

Повітряний тракт котлоагрегату складається з забірної каналу, каналного вентилятора 20, повітрянагрівача 19, коробів 5,7 первинного та вторинного повітря. Всі елементи дихальних шляхів знаходяться під високим тиском, створеним вентилятором каналу. Нагріте повітря в повітрянагрівачі використовується для сушіння палива, що дозволяє збільшити інтенсивність та ефективність його згорання. Розрізняють регенеративні та рекуперативні повітрянагрівачі. Тепло, отримане від продуктів згорання, передається повітрю в рекуперативному повітрянагрівачі через їх теплообмінну розділову поверхню [8].

Обладнанням для подачі палива 8 до пальників і підготовки його до згорання є паливний тракт котла. Є транспортер 1, сховище 2, живильний бак 3 для вологого палива та пилу. Сховище вологого палива забезпечує безперебійну роботу котла, оскільки призначене для зберігання постійно поновлюваного

запасу палива. Живильники мокрого палива – це пристрої для дозування і подачі палива в 4 млина з бункера, призначені для прийому вугільного пилу необхідної якості. Одночасно з паливом для сушіння в млин подається сушильний агент, переважно повітря [10].

У регенеративних повітрянагрівачах процес теплопередачі від одних і тих же газів до повітря здійснюється послідовно через одну і ту ж теплообмінну поверхню, з'єднану з газами і повітрям. Продукти згоряння послідовно проходять через усі поверхні нагріву та після охолодження в холодних резервуарах 21 виводяться в атмосферу через вихідну димову трубу 23. Все це йде в повний газовий тракт котла під тиском каналного вентилятора і при зниженому тиску. У крайньому випадку в газовому каналі після зольників встановлюється димовідвідник 22 [5].

1.3 Опис технологічного обладнання для виробництва пари

Паровий котел є приладом з паливною камерою, який нагрівається продуктами згоряння палива та створює пар під підвищеним тиском для використання за межами самого приладу.

Водогрійний котел – прилад, що містить топку, що нагрівається продуктами горіння палива всередині і призначений для створення тиску води вище атмосферного рівня за допомогою нагрітої води, що використовується як теплоносій за межами приладу.

Пересувний котел – це котел, який має мобільну частину або змонтований на спеціальному рухомому фундаменті.

Стаціонарний котел - це котел, що закріплений на нерухомій основі.

Котел-утилізатор - це тип парового або водогрійного котла, який використовує гарячі гази з технологічного процесу як джерело тепла.

Котел-бойлер – це тип парового котла, який має пристрій для нагрівання води в паровому просторі. Ця вода використовується поза самим котлом. Також цей термін може вказувати на паровий котел, в якому встановлено окремий бойлер, що включено в природну циркуляцію.

Паровий підігрівач - це пристрій, який призначений для підвищення температури пари вище за насичення, що відповідає тиску в котлі.

Економайзер - це пристрій, який обігривається продуктами згоряння палива та призначений для підігріву або часткового випаровування води, яка потім надходить у паровий котел.

Паровий котел - це комплексна система, що складається з котельної установки та додаткових пристроїв, які призначені для перетворення хімічної енергії палива на теплову енергію пари. Кілька котлоагрегатів, розташованих в одному приміщенні, можуть утворювати котельну установку. В промисловості котельні установки використовуються для виробництва парових двигунів та пари, яка потрібна для різних технічних процесів, а також для опалення, вентиляції та побутових потреб [11].

Котельні установки можна розрізнити залежно від їх призначення на такі види:

- енергетичні, які виробляють пар для парових двигунів;
- виробничо-опалювальні, що виробляють пар для потреб виробництва, опалення та вентиляції;
- опалювальні, які виробляють пар для опалення виробничих та житлових приміщень;
- змішаного призначення, які виробляють пар для постачання одночасно парових двигунів, технологічних потреб та опалювально-вентиляційних установок.

Сучасний котлоагрегат складається з котла, топки, парового нагрівача, економайзера, повітрянагрівача, а також обмурівки та каркасу, які є основними компонентами [12].

Паровий котел є головним компонентом котлоагрегату, який функціонує як теплообмінний пристрій, що передає тепло від продуктів згоряння палива воді за допомогою металевих стінок, що результатом цього процесу є отримання пари.

Для контролю за роботою котлоагрегату та забезпечення його нормальної та безпечної роботи його обладнують приладами, приладами, пристроями автоматики та приладдям. До них належать: манометри, запобіжні клапани та арматура, прилади показчики рівня води, вентилі та засувки для підключення та відключення котлів до парових, живильної води та зливних трубопроводів [13].

Гарнітура забезпечує топку та газоходи котла і складається з декількох компонентів, таких як фронтальні дверцята, глядалки, шибери та лази в газоходах, люки для обслуговування та видалення золи, а також вибухові запобіжні клапани. Ці елементи дозволяють забезпечити безпечне та ефективне функціонування котла.

Допоміжне обладнання котлоагрегату або всієї котельні включає в себе: паропроводи і водопроводи, живильні насоси, повітропроводи і резервуари для води, водоочисне обладнання, вентилятори і димососи, золовловлювачі, димові труби, пристрої подачі палива, склади палива, золи і видалення шлаку.

У процесі виробництва гарячої води або пари для виробничих та технічних потреб, а також опалення, використовуються робочі речовини, які включають воду, паливо і повітря.

Паропродуктивність котельні або її потужність є сумою дебітів пари окремих котельних установок, що входять до її складу.

Топковий агрегат котлоагрегату використовується для спалювання палива та перетворення його хімічної енергії в теплову енергію найбільш оптимальним з точки зору ефективності і економічності методом. Завдання пароперегрівача полягає у підвищенні температури пари, яка утворюється в котлі, шляхом передачі тепла від димових газів, що проходять через нього. Водяний економайзер використовується для використання тепла димових газів, що виходять з котла, для підігріву води для живлення, яка подається у котел. Повітронагрівачі призначені для використання тепла відпрацьованих газів для нагріву повітря, що надходить у топковий агрегат [14].

Детальніший розгляд будови парового котла.

Котел - це герметична металева ємність, яка нагрівається гарячими газами з метою виробництва гарячої води або насиченої водяної пари під тиском вище атмосферного.

Котел має циліндричну форму з опуклим дном, що забезпечує його міцність під час роботи під тиском. Котел складається з зовнішнього циліндра і двох внутрішніх циліндрів, між якими заповнюється вода та пара, що утворюються під час роботи котла. Цей простір між циліндрами називається водяним простором, а частина внутрішнього об'єму, яка заповнюється паром, називається паровим простором. Паровий простір необхідний для збору пари, що утворюється в котлі, та для вивільнення захоплених частинок води [15].

1.4 Аналіз патентної інформації.

Перший патент. Інтелектуальна система моніторингу промислових котлів на базі LabVIEW [16].

Склад системи моніторингу промислових котлів показаний на рисунку 1.4.1. Система складається з контрольної частини верхнього комп'ютера та частини збирання даних нижнього комп'ютера. Верхній комп'ютер може виконувати функції відображення даних, попередження про високу температуру, збереження історичних даних, друку звіту та управління нижнім комп'ютером. По-перше, нижній комп'ютер використовує датчик температури для збору даних про температуру кожної позиції котла, які передаються в систему збору даних для завершення роботи зі збору даних, а система збору даних передає дані на верхній комп'ютер. По-друге, верхній комп'ютер обробляє дані та визначає, чи знаходяться вони в розумних межах. Якщо вона не знаходиться в розумних межах, він подає сигнал оператору і негайно змусить систему керування завершити відповідну операцію.



Рисунок 1.4.1 – Загальна структура системи

Основна програма інтерфейсу в основному займається збором та відображенням даних про температуру 8-контактного датчика терморпари, обробкою аварійного сигналу перевищення температури, печаткою звіту та іншими функціональними модулями. Основний інтерфейс верхнього комп'ютера показано рисунку 1.4.2.

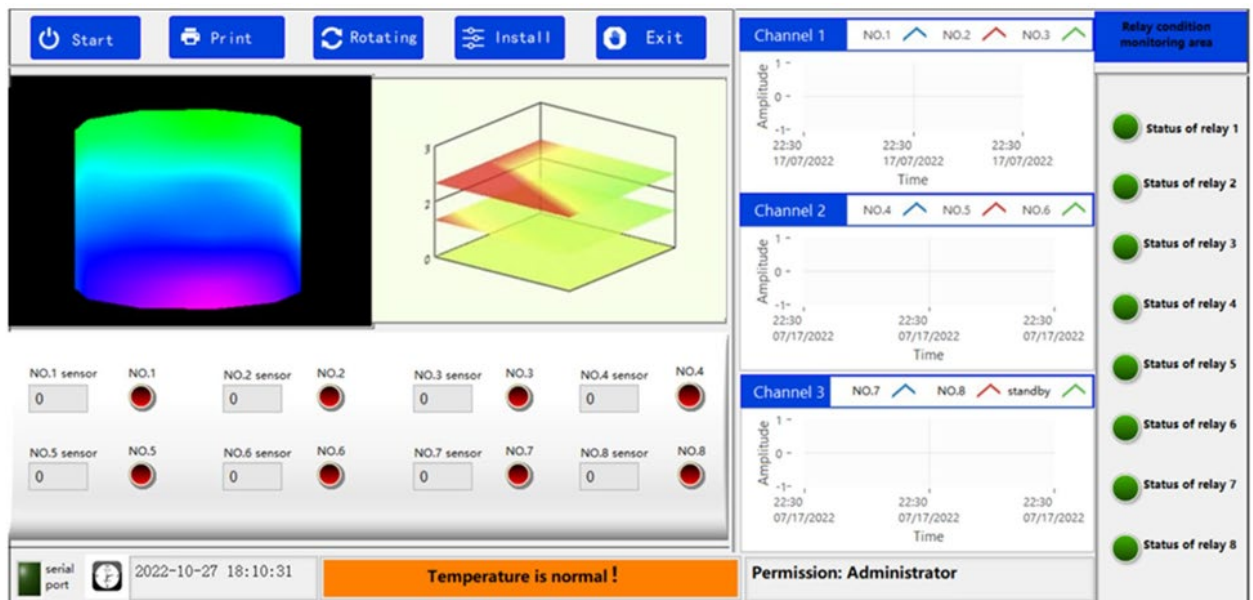


Рисунок 1.4.2 – Основний інтерфейс верхнього комп'ютера

Другий патент. Розробка інтелектуального комплексу для паралельної роботи парових котлів [17].

Стабільна робота парових котлів в паралельному режимі на електростанції рисунок 1.4.3 забезпечується точним визначенням температури в кожному котлі, кількості палива, що подається в кожен котел, і тиску на загальній паропроводі, що йде далі в цех підігріву сировини.. Кількість палива, що подається, фіксується FLONET FN10 з FE 1a та FE 2a. Температура після котлів - датчики температури: термометр опору ТСРП ТС-1388 з положеннями TE 1a та TE 2a. Поширений тиск паропроводу - датчик тиску в положення PE 1a. За рахунок зміни ступеня відкриття клапана відповідно змінюється і кількість палива, що подається.

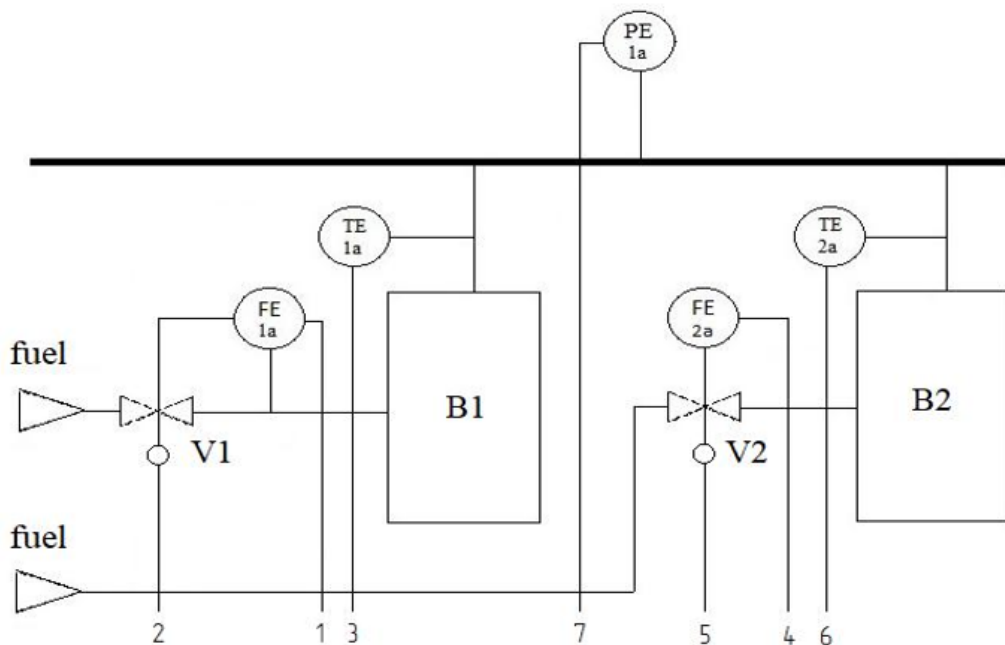


Рисунок 1.4.3 – Схема паралельної роботи котлів.

Для вирішення задачі за допомогою нейронної мережі зібрано дані для її навчання. Навчальний набір даних – це набір спостережень, для якого вказані значення вхідних і вихідних змінних.

Для створення навчального набору для нейронної мережі, що розробляється, використовуються дані та формулу (1.1), отримані експериментальним шляхом:

$$F = 100 - T_{1,2} \cdot (P_{gen})^{-1} \cdot Q_{1,2} \cdot 0.1 \quad (1.1)$$

де F – ступінь відкриття клапана 1 і клапана 2;

$T_{1,2}$ – температура у котлі 1 або 2;

P_{gen} – тиск у загальному паропроводі;

$Q_{1,2}$ – кількість палива, що подається в котел 1 або 2.

Побудова та навчання нейронної мережі в *Matlab* (рис. 1.4.4). Вхідні дані представлені у вигляді матриці з 48 рядків і 5 стовпців, а вихідні дані складаються з 48 рядків і 2 стовпців. Для реалізації нейронної мережі використовується команда *nnstart*, яка дозволяє вибрати вхідні та вихідні дані, а також кількість прихованих шарів нейронів 50. Нейронна мережа має чотири блоки: вхід, прихований шар нейронів, вихідний шар нейронів і вихід. Блок «вхід» зчитує вхідні дані і передає їх до прихованого шару. Суматор множить кожен вхід на вагу і підсумовує зважені вхідні дані. Потім значення проходить через функцію активації відповідного шару і розраховується вихід. Така структура дозволяє відстежувати хід навчання і розраховувати статичні результати та оцінки якості навчання.

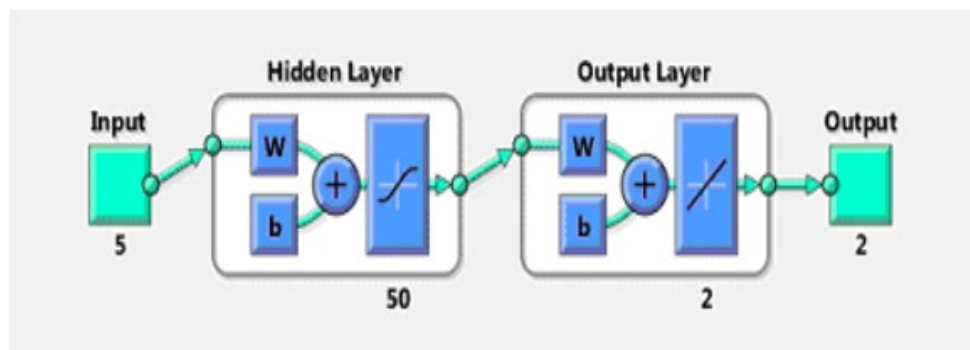


Рисунок 1.4.4 – Блокова структура нейронної мережі

У вікні процесу навчання мережі, знаходиться розклад навчання мережі, який показує поведінку помилок навчання, показану на рисунку 1.4.5.

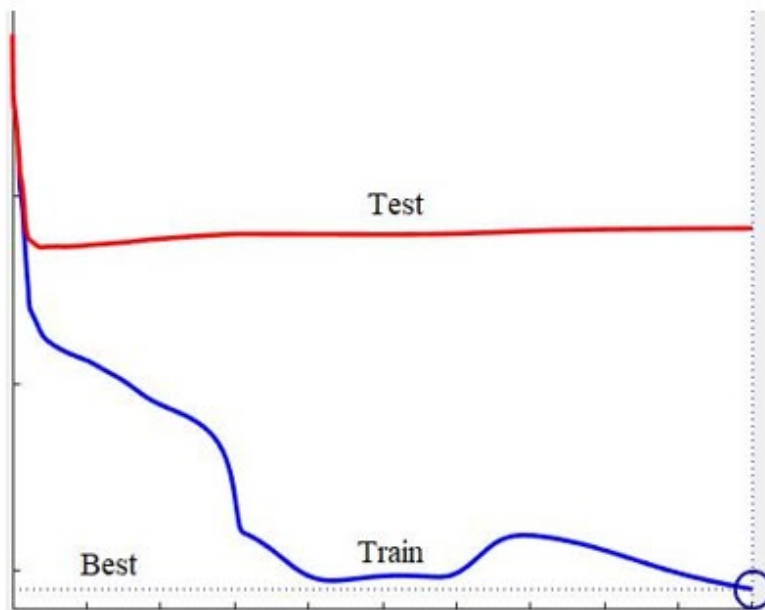


Рисунок 1.4.5 – Середня квадратична помилка

Третій патент. Контроль рівня котлової води і система керування [18]. На рисунку 1.4.6 зображено схематичний вид збоку в розрізі котлової системи, яка може використовуватися з системою моніторингу та контролю рівня котлової води згідно з цим винаходом.

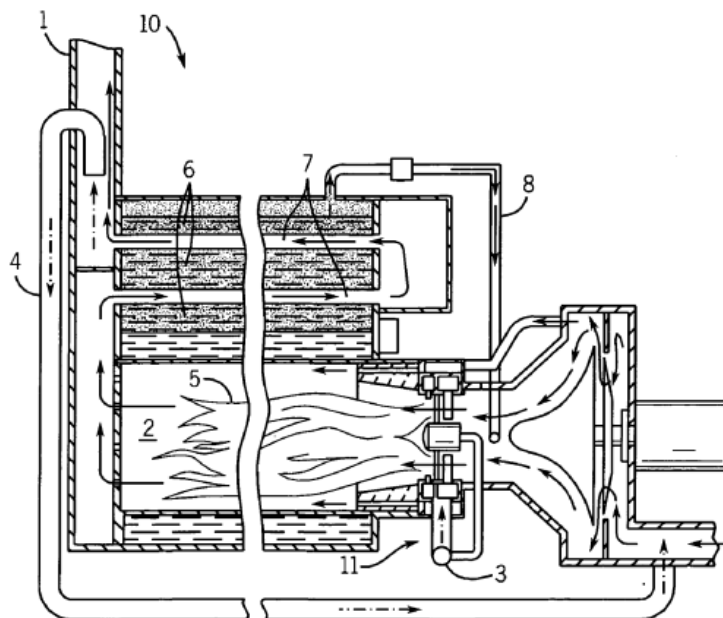


Рисунок 1.4.6 – Схематичний вид збоку в розрізі котлової системи

Рисунок 1.4.6 показує бічний переріз парової котельної системи, яка використовується в даному винаході. Котел 10 може бути водотрубним або трубчастим. Особливість вигляду чи форми котла не має значення для цього

винаходу, і не показано багато звичайних пристроїв, що використовуються з регулярними або упакованими котлами, щоб особливості даного винаходу могли бути краще оцінені. Котел 10 містить вихлопну трубу 1, яка простягається від камери згорання 2 для викиду продуктів згорання з котла. Паливний пристрій 3 отримує паливо від джерела палива (не показаного) для забезпечення різних видів палива, таких як пропан та природний газ (зазвичай у газоподібній формі), для живлення паливного пристрою. Паливний пристрій підключений до камери згорання 2. Труба рециркуляції 4 відновлює продукт згорання (тобто вихлоп), такий як димовий газ (наприклад, у вигляді вологого тепла) через лінію підключення 5, підключену до вихлопної труби 1. Деяка частина продукту згорання може бути повернена до паливного пристрою 3 через трубу рециркуляції 4. Камера згорання 2 забезпечує область для полум'я 5 для нагрівання, наприклад, камери 6, використовуваної для утримання рідини, такої як вода, за допомогою декількох трубчастих труб 7. Котел 10 також може містити систему впорскування пари з паровою трубою 1 для повторного введення пари з котла до паливного пристрою. Моніторинг рівня води в камері або під умовою, що він не піднімається вище певного рівня. Відслідковування рівня води в камері 6 є критично важливим для роботи котла 10. Якщо рівень води опуститься нижче, наприклад, однієї або кількох димогарних труб 7, може статися серйозна поломка або відмова всієї системи.

На рисунку 1.4.7 зображено схему, що ілюструє діагностичне та тестувальне з'єднання з контролером котла 1. Разом з датчиком рівня води 2, контролером 1 та комп'ютером оператора 3 вони утворюють основу комп'ютерної системи контролю рівня води 4 для використання з паровим котлом. Контролер 1 знаходиться в зв'язку з датчиком рівня 2, щоб отримувати інформацію від датчика, передавати інформацію про роботу системи та ретранслювати інформацію про результати тестування. Комп'ютер 3 має програму або засіб програмування, збережені в пам'яті, програма читається комп'ютером 3, щоб дозволити комп'ютеру 3 отримувати доступ до контролера та генерувати, отримувати та відображати для користувача принаймні один з параметрів, таких як рівень води або історичну інформацію.

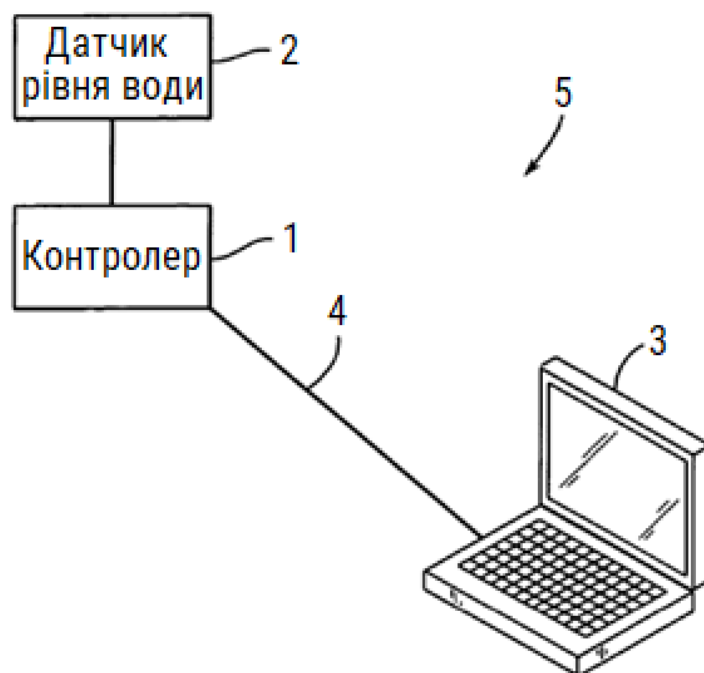


Рисунок 1.4.7 – Схема, що ілюструє діагностичне та тестувальне з'єднання з контролером котла

У відповідному виконанні, програма є програмою терміналу. Комп'ютер 3 підключений до контролера через з'єднання 5, яке може бути, серед іншого, з'єднанням порту RS232, бездротовим з'єднанням або з'єднанням з Інтернетом через глобальну комп'ютерну мережу. Комп'ютер 3 може бути в непрякій близькості (наприклад, коли технік перебуває на місці) або може отримувати доступ до контролера з віддаленої локації, залежно від доступної та бажаної можливості з'єднання 5.

Четвертий патент. Проектування та впровадження автоматичної системи керування для уникнення забруднення в трубах з продувальною рекуперацією тепла в парових котлах [19].

На Рисунку 1.4.8 представлена принципова схема експериментальної установки. Основними частинами, що використовуються в експериментальній системі, є: котел, резервуар живильної води, насос живильної води, електрична панель керування, блок рекуперації тепла та система автоматичного керування, яка складається з: монітора електропровідності, дросельного клапана та автоматичної схеми керування. Вимірювальними приладами є кондуктометр, витратомір, регулятор температури, термопари, осцилограф і цифровий мультиметр.

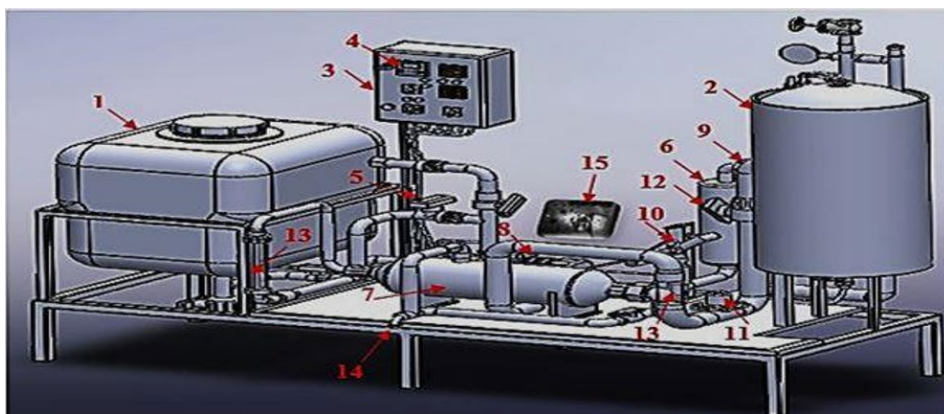


Рисунок 1.4.8 – Схема експериментальної установки

Пояснення до рисунку 1.4.8: 1 - Резервуар живильної води, 2 - Бойлер, 3 - Електрична панель керування, 4 - Онлайн-монітор провідності, 5 - Клапан регулювання потоку, 6 - Зразок охолоджувальної води, 7 - Теплообмінник, 8 - Насос живильної води, 9 - Продувка поверхні труба, 10 - Зонд датчика провідності, 11 - Електромагнітний клапан, 12 - Дросельний клапан, 13 - Витратомір води, 14 - Продувка для зливу, 15 - Схема автоматичного керування.

Основними частинами системи автоматичного керування є:

1. Монітор провідності: Інтелектуальний мікропроцесорний прилад для вимірювання провідності, використовувався для вимірювання провідності та TDS в режимі онлайн. Його використовували для автоматичного моніторингу провідності та генерування прямокутної хвилі через додатковий опір. Датчик провідності з нержавіючого матеріалу з кабелем 10м використовувався для вимірювання концентрації солей у котловій воді та надання зворотного зв'язку монітору підключення; він був встановлений всередині клітинного потоку.
2. Електромагнітний клапан (привід приводу): тип клапана з електромеханічним керуванням (2w-250-25); використовувався для автоматичного регулювання витрати продувної води котла.

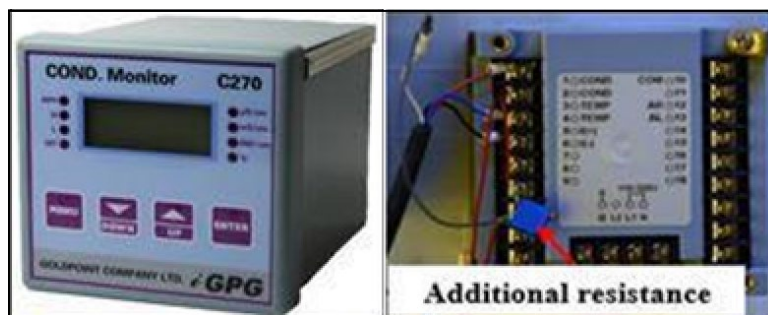


Рисунок 1.4.9 – Монітор провідності з додатковим опором

3. Електронна схема: схема керування показана на рисунку 1.4.10. Вона складається з: схеми джерела постійного струму, схеми підсилювача, схеми випрямляча, схеми компаратора та схеми драйвера.

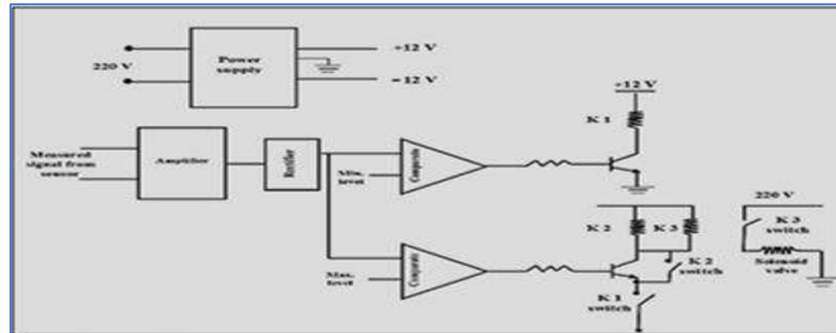


Рисунок 1.4.10 – Блок-схема автоматичного керування

1.5 Розробка технічного завдання

Для досягнення мети сформульовано наступні завдання:

- Представити схематичне представлення котельні.
- Розробити математичну модель парового котла, яка враховуватиме його основні характеристики та особливості роботи.
- Розробити програму моніторингу та керування котельною установкою з використанням TIA Portal, що дозволить отримувати дані про роботу котла та керувати ним.
- Проаналізувати якість керування системи управління за допомогою середовища моделювання Matlab/Simulink, що дозволить встановити оптимальні параметри роботи котла та покращити його ефективність.

У зв'язку з тим, що автоматизовані системи моніторингу та керування зазвичай використовуються для більш складних парових котлів, які вимагають більш точного та промислового контролю, у процесі розробки програми моніторингу та керування котлом зосереджено увагу на парових котлах, які вимагають більш точного контролю та моніторингу.

1.6 Висновки до розділу 1

Котельні установки є важливими технічними комплексами для виробництва пари, які використовуються для забезпечення потреб споживачів в теплі та енергії. Наведено докладні відомості про основні складові та технічні характеристики котельної установки, а також розглянуто різні типи палива, які використовуються в цих установках та їх вплив на довкілля. Описано схему котельної установки та технологічне обладнання для виробництва пари. Аналіз патентної інформації дозволив отримати більш детальні відомості про технічні рішення та новітні технології у цій галузі. Висвітлення задач дослідження створює підґрунтя для подальшого дослідження та оптимізації роботи котельної установки. Загалом, розділ 1 надає необхідну базу для розуміння принципів функціонування котельної установки та її впливу на довкілля.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СХЕМ ТА ВИБІР ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Вибір та опис парового котла

Об'єктом автоматизації є котельна установка, яка призначена для забезпечення технологічного паропостачання, підігріву води для систем опалення та задоволення технологічних потреб промислового підприємства. Варіантом котла для такої котельної установки є паровий котел серії «Е» з різними моделями, такими як Е-1,6-0,9; Е-2,5-0,9; Е-2,5-1,4Г, і.т.д., які можна поєднувати для збільшення технічної продуктивності. Що підходить для використання в різних промислових секторах, де потрібна висока продуктивність котла.

Котли серії «Е» відрізняються технічними характеристиками, такими як номінальна паропроductивність та абсолютний тиск насиченої пари. Наприклад, у моделі Е-2,5-0,9 (рис. 2.2.1) номінальна паропроductивність становить 2,5 тонни на годину, а абсолютний тиск насиченої пари - 0,9 МПа. Котел серії «Е» з модифікацією 2,5-0,9 ГМ має робочий тиск пари на виході не менше 0,8 МПа, номінальну паропроductивність не менше 2,5 тонн/год, температуру насиченої пари - 174,5 градусів Цельсія. Котел працює на природному газі, розрахункова витрата палива - не більше 210 м³/год. ККД котла з економайзером - 91%, без економайзера - 89%. Температура живильної води - 50 градусів Цельсія, встановлена електрична потужність - 15 кВт. Маса котла не перевищує 8100 кг, а габарити - 4,4 м (довжина) x 3,8 м (ширина) x 3,6 м (висота) або менше [20].

Паровий котел Е-2,5-0,9 ГМ призначений для отримання насиченої пари з високим тиском, що дозволяє використовувати пар для різних технологічних потреб на підприємстві.

Парові котли такого типу широко застосовуються в промисловості для забезпечення процесів, що потребують високотемпературної пари під тиском. Вони використовуються в різних галузях, таких як енергетика, хімічна

промисловість, нафтопереробка, харчова промисловість та інші, де потрібна велика кількість високого тиску для приводу турбін, нагріву та інших технологічних процесів.

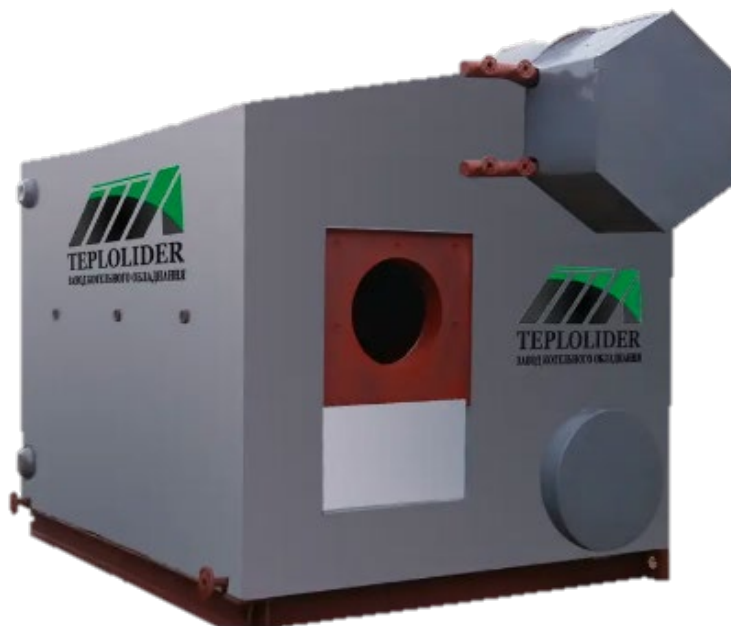


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд котла Е-2,5-0,9 ГМ

У харчовій промисловості пара використовується для різноманітних технологічних процесів [21]. Основні застосування пари включають:

1. Нагрівання: Пара використовується для нагрівання різних елементів у процесі приготування харчових продуктів, таких як вода перед виробництвом напоїв або нагрівання бройлерів у птицеводстві.
2. Випаровування: Пара використовується для випаровування рідин, таких як молоко, соки, соуси або бульйони. Цей процес допомагає знижувати вологість та концентрувати смакові і поживні речовини у харчових продуктах.
3. Стерилізація та пастеризація: Пара використовується для стерилізації та пастеризації продуктів, які зберігаються або пакуються в контейнери. Цей процес допомагає знищувати бактерії та інші мікроорганізми, забезпечуючи безпеку та тривалість зберігання харчових продуктів.

4. Пароваріння: Пара використовується для пароваріння продуктів під час приготування їжі. Цей метод дозволяє зберегти більше поживних речовин і забезпечує більш здорові та смачні страви.
5. Чистка та очищення: Пара також застосовується для чищення та очищення обладнання, що використовується у виробництві харчових продуктів. Вона допомагає видаляти залишки, жир та інші забруднення, забезпечуючи гігієнічність виробничого середовища.

2.2 Розробка функціональної схеми

Розроблена функціональна схема парового котла Е-2,5 в програмі Microsoft Visio (рис. 2.1).

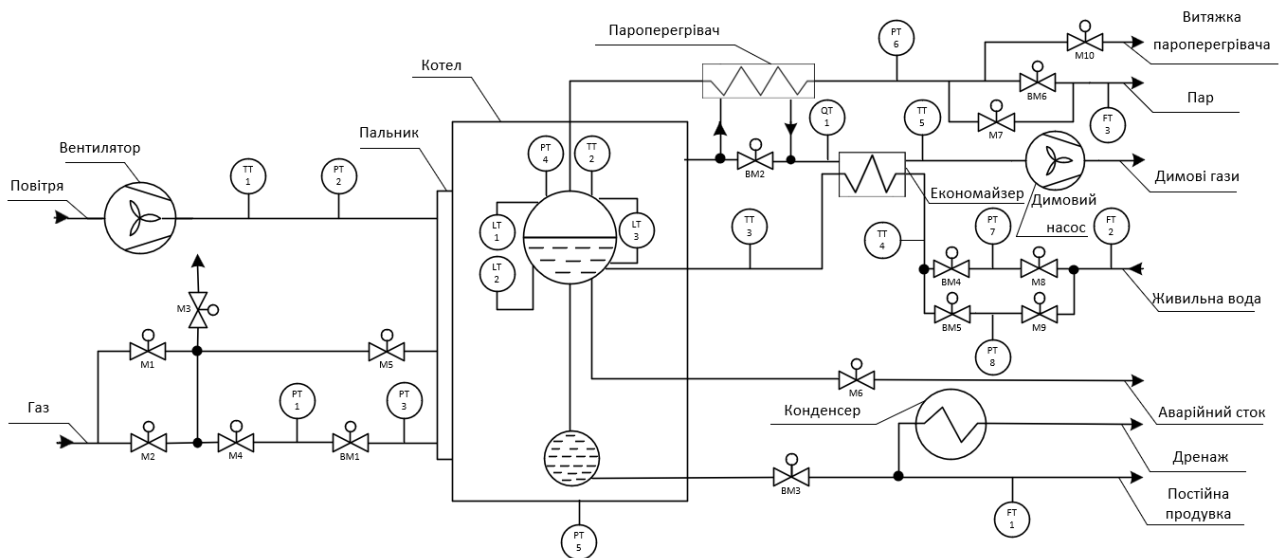


Рисунок 2.2 – Функціональна схема автоматизації парового котла

Опис позначень:

- M1 – Подача газу на запальний пристрій;
- M2 – Подача газу на пальник;
- M3 – Скидання газу в лінії;
- M4 – Подача газу на пальник;
- M5 – Подача газу на запальний пристрій;
- M6 – Клапан аварійного зливу;
- M7 – Регулятор парового обходу;

M8, M9 – Відсічний клапан води;
M10 – Продування пароперегрівача;
BM1 – Регулювання тиску газу на пальник;
BM2 – Клапан аварійного зливу;
BM3 – Регулятор продування сольового відсіку;
BM4 – Байпас - регулятор води;
BM5 – Регулятор води;
BM6 – Клапан регулювання пара;
TT1 – Температура повітря °С;
TT2 – Температура в барабані котла °С;
TT3 – Температура живильної води °С;
PT1 – Тиск газу, кПа;
PT2 – Тиск повітря, кПа;
PT3 – Тиск газу, кПа;
PT4 – Тиск у барабані, МПа;
PT5 – Розрядження в топці, Па;
PT6 – Тиск пари, МПа;
PT7, PT8 – Тиск живильної води МПа;
LT1, LT2 – Рівень у барабані, мм;
LT3 – Рівень сольового відсіку в барабані, мм;
QT1 – Вміст димових газів, %;
FT1 – Витрата безперервного продування;
FT2 – Витрата живильної води;
FT3 – Витрата пари.

2.3 Вибір та опис комплексу технічних засобів

2.3.1 Програмований логічний контролер

Програмовані логічні контролери (ПЛК) є важливою складовою автоматизованих рішень для виробничих процесів. Вони застосовуються для збору, зберігання, обробки та передачі інформації, а також для формування команд управління. Використання програмованих контролерів дозволяє досягти повної автоматизації технологічних процесів.

У автоматизації систем моніторингу та керування котельною установкою використовуються різні програмовані логічні контролери (ПЛК), такі як Allen-Bradley CompactLogix L32E, Mitsubishi FX5U та Delta Electronics DVP-SE. Кожен з цих ПЛК має свої переваги та недоліки, і може бути застосований залежно від вимог та потреб системи керування.

У даному випадку обрано модель Simatic S7-1200 (рис. 2.3.1) для системи котельної установки, оскільки вона є однією з найпопулярніших та найефективніших ПЛК на ринку. Ця модель має наступні переваги:

- Низька вартість порівняно з іншими ПЛК, що забезпечує економічність проекту;
- Маленький розмір, що робить її легкою в установці та підтримці;
- Швидке виконання операцій та задач завдяки потужному процесору та оптимізованій архітектурі;
- Широкий вибір модулів вводу-виводу та інших додаткових пристроїв, що дозволяє легко розширювати можливості системи.

Отже, вибір Simatic S7-1200 був здійснений на основі його технічних характеристик та відповідності вимогам та потребам системи керування котельною установкою.



Рисунок 2.3.1.1 – Програмований логічний контролер Simatic S7-1200

Функціональні особливості Simatic S7-1200:

Всі центральні процесори мають високу продуктивність і забезпечують підтримку широкого набору функцій:

- Програмування мовами LAD та FBD, що вичерпує набір команд.
- Висока швидкодія, час виконання логічної операції вбирається у 0.1 мкс.
- Вбудована пам'ять, що завантажується, об'ємом до 2 Мбайт, розширювана картою пам'яті ємністю до 24 Мбайт.
- Робоча пам'ять об'ємом до 50 Кбайт.
- Енергонезалежна пам'ять ємністю 2 Кбайт для збереження даних, що не обслуговується, при перебоях у живленні контролера.
- Вбудовані дискретні входи універсального призначення, що дозволяють вводити потенційні або імпульсні сигнали.
- Вбудований апаратний годинник реального часу із запасом ходу при перебоях у харчуванні 240 годин.
- Вбудовані швидкісні лічильники з частотою проходження вхідних сигналів до 100 кГц.
- Вбудовані імпульсні виходи з частотою проходження імпульсів до 100 кГц (тільки в CPU з транзисторними виходами).

- Підтримка функцій ПІД регулювання.
- Підтримка функцій керування переміщенням відповідно до вимог PLCopen.
- Підтримка функцій поновлення операційної системи.
- Парольний захист програми користувача.
- Вільно програмовані порти для обміну даними з іншими пристроями на комунікаційних модулях CM 1241 [22].

Технічні характеристики контролера Simatic S7-1200 (таб. 2.3.1).

Таблиця 2.3.1 – Технічні характеристики контролера

Ступінь захисту	IP20 за IEC 529
Діапазон температур робочий (вологість 95%)	
горизонтальне встановлення	0 ... + 55°C
вертикальна установка	0 ... + 45°C
транспортування та зберігання	- 40...+70°C
при вологості 95%	- 25 ... + 55°C
Випробувальна напруга ізоляції:	
ланцюга = 5/24 В	~500 В
ланцюги ~115/230 по відношенню до землі	~1500 В
ланцюга ~115/230 В по відношенню до ланцюгів ~115/230 В	~1500 В
ланцюга ~230 по відношенню до ланцюгів =5/24 В	~1500 В
ланцюга ~115 по відношенню до ланцюгів =5/24 В	~1500 В
Електромагнітна сумісність:	
стійкість до шумів EN 50082-2	Випробування: IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4, EN 50141, EN 50204, IEC 801-5, VDE 0160
генеровані перешкоди за EN 50081-1 та EN 50081-2	Випробування EN 55011, клас А, група 1

Кінець таблиці 2.3.1

Механічні дії:	
вібраційні, випробування з / випробування з	IEC 68, частина 2-6:10...57 Гц; постійна амплітуда 0.3 мм; 58...150 Гц; постійне прискорення 1 g (установка на DIN шині) або 2 g

	(кріплення гвинтами);режими вібрації:зміна частотних циклів зі швидкістю 1 октава/хв. тривалість: 10 частотних циклів на вісь за трьома взаємоперпендикулярними напрямками
ударні, випробування з / випробування з	IEC 68, частина 2-27/ напівсинусоїдальні впливи: амплітуда 15 g (пікове значення), тривалість 11 мс, 6 ударів по кожній із трьох взаємоперпендикулярних осей

Для системи Simatic S7-1200 потрібно використовувати модуль введення аналогових сигналів SM-1231 і модуль виведення аналогових сигналів SM-1232. Ці модулі призначені для підключення аналогових датчиків та пристроїв до контролерів Simatic S7-1200 і забезпечують введення та виведення аналогових сигналів у цифровому форматі.



Рисунок 2.3.1.2 – Модуль введення аналогових сигналів SM-1231

Модуль введення аналогових сигналів SM-1231 (рис. 2.3.1.2) має вбудовані аналогово-цифрові перетворювачі (ADC), які дозволяють зчитувати значення аналогових сигналів з підключених датчиків. Він підтримує різні типи аналогових сигналів, такі як напруга, струм, термопари, резистори та інші. Модуль має вихідні дані у цифровому форматі, які можуть бути оброблені контролером для подальшої обробки та керування процесами.

Модуль виведення аналогових сигналів SM-1232 (рис. 2.3.1.3), натомість, приймає цифрові значення від контролера і перетворює їх на вихідні аналогові

сигнали. Він може керувати зовнішніми аналоговими пристроями, такими як приводи, клапани, насоси тощо, шляхом надання відповідного аналогового сигналу.



Рисунок 2.3.1.3 – Модуль виведення аналогових сигналів SM-1232

За допомогою цих модулів Simatic S7-1200 може взаємодіяти з аналоговими пристроями та датчиками, розширюючи можливості контролера для зчитування та керування аналоговими сигналами у вашій системі автоматизації.

2.3.2 Система візуалізації

Для візуалізації обрано Simatic HMI TP1200 Comfort (рис. 2.3.2), який забезпечує інтерфейс між оператором і системою автоматизації. Основні характеристики цього пристрою включають:

1. **Дисплей:** TP1200 Comfort оснащений кольоровим сенсорним дисплеєм розміром 12,1 дюйма. Цей дисплей забезпечує яскраве і чітке відображення графічних елементів, даних та інтерфейсу користувача.
2. **Роздільна здатність:** Дисплей має роздільну здатність 1280x800 пікселів, що дозволяє відображати деталізовані графічні елементи та текст.
3. **Комунікаційні можливості:** Simatic HMI TP1200 Comfort підтримує різні протоколи зв'язку, такі як Ethernet, Profibus, Profinet, MPI, для забезпечення зв'язку з іншими пристроями та контролерами у системі автоматизації.

4. Функціональність: TP1200 Comfort має широкий набір функцій візуалізації, включаючи анімацію, графіки, тренди, сповіщення, відображення даних у реальному часі та інші. Це дозволяє операторам зручно та ефективно керувати та моніторити процеси автоматизації.
5. Захист: Промисловий дизайн пристрою забезпечує захист від пилу, вологості та вібрацій. Крім того, TP1200 Comfort має ступінь захисту IP65, що означає його стійкість до впливу води та бризок.
6. Розширення: Є можливість розширення функціональності пристрою за допомогою розширювальних модулів, таких як картки пам'яті SD або USB-порти для підключення зовнішніх пристроїв.



Рисунок 2.3.2 – Simatic HMI TP1200 Comfort

Simatic HMI TP1200 Comfort є потужним пристроєм візуалізації, який забезпечує зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для операторів систем автоматизації. Він дозволяє контролювати та керувати процесами в режимі реального часу, відображати важливу інформацію та сповіщення.

2.3.3 Обладнання передачі інформації

Промисловий мережевий комутатор Siemens Scalance X008 (рис. 2.3.3) був обраний для передачі інформації між контролерним обладнанням, панеллю оператора і АРМ (автоматизованою робочою станцією). Цей комутатор є

некерованим і володіє високою надійністю, що робить його ідеальним вибором для промислових застосувань.

Основні характеристики Siemens Scalance X008 включають:

- Швидкості передачі даних 10/100 мегабіт/секунду, що дозволяє ефективно передавати інформацію між пристроями у мережі.
- Комутатор має вісім електричних портів або мережевих підключень, що дозволяє підключати різні пристрої, такі як контролере обладнання, панель оператора і АРМ, забезпечуючи зручну мережеву інфраструктуру.
- Металевий корпус комутатора розрахований на монтаж у шафі на стандартну рейку, рейку або на стіну. Це забезпечує зручну і безпечну установку комутатора в промисловому середовищі.
- Комутатор має міцне з'єднання промислового стандарту зі станціями за допомогою Profinet роз'ємів. Це гарантує надійну передачу даних і забезпечує механічне посилення з'єднання, що важливо для стійкості мережі в умовах промислового використання.
- Для зручності діагностики пристрою, на комутаторі розміщені світлодіоди, які відображають інформацію про стан живлення, статус з'єднання і передачу даних.



Рисунок 2.3.3 – Мережевий комутатор Siemens Scalance X008

Siemens Scalance X008 є надійним і ефективним промисловим мережевим комутатором, який відповідає вимогам передачі інформації між контролерним обладнанням, панеллю оператора і АРМ. Його характеристики і функціональні можливості роблять його відмінним вибором для розгалужених мереж в промислових середовищах.

2.3.4 Датчик тиску

Обрано датчик тиску Endress+Hauser Cerabar M PMC71 (рис. 2.3.4). Цей промисловий датчик є надійним і точним пристроєм, призначеним для точного вимірювання тиску в різних середовищах. Він має широкий діапазон вимірювання тиску і низьку похибку вимірювань, що робить його підходящим для різних застосувань.

Endress+Hauser Cerabar M PMC71 є надійним і точним датчиком тиску, який забезпечує стабільні та достовірні вимірювання. Його можна успішно використовувати в автоматизованих системах моніторингу та керування, включаючи системи керування котлом. Завдяки високій якості виготовлення і

відповідності промисловим стандартам, цей датчик працює надійно і забезпечує точні вимірювання тиску навіть в екстремальних умовах.



Рисунок 2.3.4 – Датчик тиску Endress+Hauser Cerabar M PMC71

Основні характеристики датчика тиску Endress+Hauser Cerabar M PMC71 (таб. 2.3.2).

Таблиця 2.3.2 – Характеристики датчика тиску

Параметр	Значення
Вимірювані середовища	Рідини, гази
Температура довкілля	Від -40°C до 85°C
Температура вимірюваного середовища	Від -40°C до 125°C
Основна похибка вимірювань	±0.075%
Діапазони вимірювання тиску	Від 0-1 кПа до 0-400 кПа
Вихідний сигнал	4-20 мА

Вихідний сигнал 4-20 мА дозволяє легко інтегрувати датчик з різними контрольними системами. Загалом, Endress+Hauser Cerabar M PMC71 є надійним, точним і високоякісним рішенням для автоматизованих систем моніторингу та керування, зокрема для систем керування котлом.

2.3.5 Датчик температури

Датчик температури Jumo Pt100 (рис. 2.3.5) є відмінним варіантом для вимірювання температури живильної води до економайзера. Він володіє надійністю, точністю та стійкістю до високих температур, що робить його відповідним для використання у вимогливих промислових умовах.

Основні характеристики датчика температури Jumo Pt100 (таб. 2.3.3).

Таблиця 2.3.3 – Характеристики датчика температури

Характеристика	Значення
Тип датчика	Pt100
Діапазон температур	Від -200°C до +600°C
Точність вимірювань	Залежить від класу точності (наприклад, клас А, В або 1/3 DIN)
Вихідний сигнал	Стандартний сигнал 4-20 мА
З'єднання	2- або 4-провідні
Матеріал чутливого елемента	Платина (Pt)
Термостабільність	Залежить від конкретної моделі, зазвичай від 0.1% до 0.3% від максимального вимірюваного діапазону
Відповідь часу	Залежить від конкретної моделі, зазвичай від 0.1 секунди до 5 секунд



Рисунок 2.3.5 – Датчик температури Jumo Pt100

Датчик Jumo Pt100 використовує принцип роботи заснований на зміні опору матеріалу в залежності від температури. Він має платиновий елемент, зазвичай типу Pt100, що означає, що його опір змінюється лінійно зі зміною температури. Цей елемент знаходиться всередині захисної трубки, яка захищає його від впливу навколишнього середовища.

При зміні температури, опір платинового елемента змінюється, що відображається у вихідному сигналі датчика. Цей сигнал може бути оброблений контрольною системою для отримання точного значення температури. Датчик Jumo Pt100 забезпечує стабільну та надійну роботу, а його високоточні вимірювання роблять його відмінним вибором для вимірювання температури живильної води до економайзера.

2.3.6 Датчик контролю полум'я

Датчик контролю полум'я Siemens QRA2 (рис. 2.3.6) є високоякісним пристроєм, розробленим для надійного контролю полум'я газових пальників. Він використовує принцип виявлення ультрафіолетового випромінювання, що випромінюється полум'ям пальника.



Рисунок 2.3.6 – Датчик контролю полум'я Siemens QRA2

Основні характеристики датчика Siemens QRA2 включають:

- Робочий діапазон довжин хвиль: 180-260 нм.
- Висока чутливість для надійного виявлення наявності полум'я.
- Швидка реакція на зміни полум'я для ефективного контролю та безпеки.
- Діапазон температур: -40°C до +60°C.
- Діапазон вологості: 0-95% (без конденсації).
- Вхідне напруга живлення: 24 VDC.
- Дискретний вихідний сигнал для передачі статусу наявності полум'я.
- Вбудований захист від переполюсування для захисту від помилкового підключення живлення.
- Легка установка та налаштування на панелі керування або на котлі.
- Вбудований індикатор стану для швидкої візуальної інформації про роботу датчика.

Датчик контролю полум'я Siemens QRA2 є надійним пристроєм, який забезпечує безпечну та ефективну роботу в системах захисту котлів та газових установок.

2.3.7 Датчик витрати

Обрано датчик витратоміра Siemens SITRANS FM MAG 8000 (рис. 2.3.7), який є високоякісним пристроєм, розробленим для точного та надійного вимірювання витрати рідин у різних промислових застосуваннях. Основні

характеристики датчика витратоміра Siemens SITRANS FM MAG 8000 включають:

1. Принцип роботи: Датчик використовує електромагнітний принцип вимірювання для точного визначення витрати рідин. Він вимірює електричну провідність рідини та використовує магнітні поля для вимірювання швидкості руху рідини.
2. Висока точність: Siemens SITRANS FM MAG 8000 забезпечує високу точність вимірювання витрати рідин, що дозволяє отримувати достовірні дані для контролю та обліку.
3. Широкий діапазон вимірювання: Датчик має широкий діапазон вимірювання, що дозволяє вимірювати витрату рідин від низьких до високих значень з високою точністю.
4. Модульна конструкція: SITRANS FM MAG 8000 має модульну конструкцію, що дозволяє заміну окремих компонентів без необхідності повного видалення датчика з системи.
5. Висока стійкість до впливу середовища: Датчик витратоміра відповідає вимогам щодо стійкості до агресивних середовищ, таких як рідини з високою температурою, високим рівнем тиску, хімічно агресивні рідини тощо.
6. Простота установки та експлуатації: SITRANS FM MAG 8000 має зручний та простий у використанні дизайн, що спрощує процес установки та налаштування.
7. Комунікаційні можливості: Датчик підтримує різні комунікаційні протоколи, такі як HART, Profibus, Modbus, що дозволяє забезпечити зручний доступ до даних витрати рідини та конфігурацію пристрою.
8. Доступність додаткових опцій: Siemens SITRANS FM MAG 8000 пропонує додаткові опції, такі як заміна електродів без відключення, захист від корозії, захист від замерзання та інші, що дозволяють налаштувати пристрій під конкретні вимоги застосування.



Рисунок 2.3.7 – Датчик витратомір Siemens SITRANS FM MAG 8000

В цілому, Siemens SITRANS FM MAG 8000 є надійним та точним датчиком витратоміра, який підійде для різних промислових застосувань, де потрібно точно вимірювати витрату рідин.

2.3.8 Електропривід

Обрано електропривід Rotork IQT (рис. 2.3.8) для лінії регулювання подачі води барабану парового котла. Rotork IQT є електричним виконавчим механізмом, призначеним для приведення в дію запірно-регулюючої трубопровідної арматури в системах автоматичних регулювань технологічними процесами. Він перетворює електричну енергію у обертальне переміщення вихідного валу згідно з командними сигналами регулюючих і керуючих пристроїв.

Обраний електропривід Rotork IQT відповідає вимогам системи автоматизації та забезпечує ефективне регулювання подачі води в барабан парового котла. Його інтеграція в систему автоматизації та управління передбачається заздалегідь.

Характеристики електропривода Rotork IQT (таб. 2.3.4).

Таблиця 2.3.4 – Характеристики електропривода

Характеристика	Значення
Напруга живлення	~ 400 V
Ступінь захисту	IP67
Блок управління	Аналоговий (4 - 20 mA)
Блок кінцевих вимикачів	Так
Температурний діапазон	-60 °C - 80 °C
Ручний маховик	Є



Рисунок 2.3.8 – Електропривід Rotork IQT

2.3.9 Датчик рівня

Обрано Endress+Hauser Levelflex FMP51 (рис. 2.3.9), який є високоякісним датчиком рівня, який використовується для вимірювання рідин, пари, нафти та нафтопродуктів. Основні характеристики цього датчика включають:

- Тип: Датчик рівня з п'єзорезистивним принципом вимірювання.
- Вимірювані середовища: Рідина, пара, нафта та нафтопродукти.
- Тиск середовища: Діапазон тиску до 0,63 кПа.
- Температура довкілля: Мінус 40°C до 75°C.
- Робоча температура: Мінус 40°C до 150°C.
- Ступінь захисту: IP67, що забезпечує захист від пилу і води.
- Вихідний сигнал: Двопровідна технологія зі стандартним сигналом 4-20 мА.

- Комунікаційні протоколи: HART, PROFIBUS PA або FOUNDATION Fieldbus.
- Монтаж: Датчик може бути змонтований безпосередньо на резервуар або використовуватися з витяжкою.
- Додаткові функції: Датчик підтримує самодіагностику, калібрування та компенсацію впливу температури.
- Застосування: Відповідає вимогам промислових застосувань, включаючи хімічну, нафтову, фармацевтичну та харчову промисловості.



Рисунок 2.3.9 – Датчик рівня Endress+Hauser Levelflex FMP51

Endress+Hauser Levelflex FMP51 є надійним датчиком рівня, який забезпечує точні вимірювання і може використовуватися в різних промислових середовищах.

2.4 Висновки до розділу 2

У розділі проведено аналіз та вибір парового котла для отримання насиченої пари з тиском вище атмосферного. Котел обладнаний різними компонентами та пристроями, які забезпечують безперебійну роботу системи. Була розроблена функціональна схема автоматизації парового котла, де кожен компонент та його позначення були описані. Також здійснено вибір комплексу

технічних засобів, таких як програмований логічний контролер, система візуалізації, обладнання передачі інформації, датчики тиску, температури, контролю полум'я та витрати, а також електропривід та датчики рівня. Застосування цих засобів забезпечує ефективну та безпечну роботу парового котла. В результаті роботи в розділі розроблено необхідні схеми та обрано відповідне обладнання для подальшої реалізації автоматизованої системи управління паровим котлом.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ

3.1 Математична модель котельні

Кількості тепла та побудова моделі із умови теплового балансу.

Тепло, що виділяється у наслідок згорання пального (3.1.1).

$$Q_1 = q_{II} G_{II};$$

де q_{II} – теплотворна здатність пального;

G_{II} – витрати пального.

Але це теоретично так, а практично пальне згорає не повністю, яким би за своїм агрегатним станом воно не було чи тверде, чи газо-подібне чи рідинне.

Спалити все, що може горіти не вдається. Частка тепла, що втрачається (3.1.2).

$$Q_2 = Q_{2зб} + Q_{2Тг} + Q_{2ПОВ}$$

Причинами тому є: недостатність кисню, видалення із топки дрібних часток разом із потоком топкових газів, що не догоріли для вугілля, або не всі радикали вугілля молекули пального відірвались та окислились виділивши тепло. Збитковість повітря (3.1.3).

$$Q_{2зб} = q_{II} G_{II} (1 - \alpha_{зб})$$

де $\alpha_{зб}$ – коефіцієнт надлишку повітря.

Ці причини приводять до втрат тепла.

Другим джерелом втрат тепла є топкові гази, які видаляються із топки та уносять із собою тепло (3.1.4).

$$Q_{2Тг} = C_{Тг} G_{Тг} (T_{Тг} - T_0)$$

де $C_{Тг}$ – теплоємність потоку газу;

$G_{Тг}$ – масовий розхід;

$T_{Тг}$ – температура суміші топкових газів;

T_0 – температура навколишнього середовища.

Третім джерелом втрат тепла є втрати тепла через поверхню котла (3.1.5).

$$Q_{2ПОВ} = \alpha_{II} S (T_{II} - T_o)$$

де α_{II} – коефіцієнт конвективного теплообміну;

S – площа поверхні котла;

T_{II} – температура поверхні котла.

Кількість тепла, що пішла на підігрів води для опалення (3.1.6).

$$Q_{\text{во}} = \alpha_{\text{во}} S (T_{\text{во}} - T_o) \frac{G_{\text{во}}}{G_{\text{во}} + G_{III} + G_{ГВ}}$$

де $\alpha_{\text{во}}$ – коефіцієнт тепловіддачі;

S – площа теплообмінників;

$T_{\text{во}}$ – температура на водяне опалення;

$G_{\text{во}}$ – кількість води, що пішло на водяне опалення;

G_{III} – кількість води, що пішло на генерацію пари;

$G_{ГВ}$ – витрати гарячої води.

Кількість тепла, що пішла на підігрів води для перегріву до перегрітої пари (3.1.7).

$$Q_{III} = \alpha_{III} S (T_{III} - T_o) \frac{G_{III}}{G_{\text{во}} + G_{III} + G_{ГВ}}$$

де α_{III} – коефіцієнт генерації пари;

T_{III} – температура генерації пари.

Кількість тепла, що пішла на підігрів для споживання гарячої води (3.1.8).

$$Q_{ГВ} = \alpha_{III} S (T_{III} - T_o) \frac{G_{ГВ}}{G_{\text{во}} + G_{III} + G_{ГВ}}$$

Ефективність однієї операції розраховується (3.1.9):

$$E = \left| \bar{A} \right| \left| \frac{1}{\bar{C}} \right| \left| \frac{1}{\bar{T}} \right| |P|$$

де позначено:

$|\bar{A}|$ - результат виконаного процесу, що представлено у вимірювальних одиницях кількості теплота унормовано:

\bar{C} - витрати ресурсу прями та не прями:

\bar{T} - витрати часу

$|P|$ - ймовірність реалізації, яка може виражатись, як обчислена через ризик не виконання.

Загальна ефективність технологічного зального процесу (3.1.10).

$$E_{заг} = \frac{A_{заг} P_{заг}}{T_{заг}} \left(\sum_{i=1}^N C_i \right)^{-1}$$

Обчислення загальної ефективності технологічного процесу через ефективності операцій (3.1.11).

$$E_{заг} = \frac{A_{заг} P_{заг}}{T_{заг}} \left(\sum_{i=1}^N \frac{A_i P_i}{T_i E_i} \right)^{-1}.$$

3.2 Розробка програми моніторингу та керування котлом з використанням ТІА Portal

Обраний Simatic S7-1200 є програмованим логічним контролером, який використовується для автоматизації і контролю різних процесів у промисловості. Цей контролер програмується за допомогою програмного забезпечення ТІА (Totally Integrated Automation) Portal, яке є інтегрованою середовищем розробки для автоматизації та програмування різних пристроїв Siemens.

ТІА Portal підтримує наступні мови програмування:

1. Структурований текст (Structured Text, ST): Це мова програмування, яка базується на синтаксисі мови Pascal і дозволяє використовувати структуровані оператори і функції для реалізації програмних алгоритмів.
2. Графічна мова програмування (Ladder Diagram, LD): Це графічна мова, яка базується на електричних контактах, реле та логічних виразах. Вона дозволяє зручно візуалізувати логіку програми за допомогою перетягування та з'єднання контактів та реле.

3. Функціональні блоки (Function Block Diagram, FBD): Це графічна мова, яка дозволяє представляти програму у вигляді функціональних блоків та з'єднувати їх за допомогою стрілок. Ця мова базується на концепції функціонального програмування.
4. Структурні схеми (Structured Control Language, SCL): Це мова програмування, яка поєднує в собі можливості структурованого тексту (ST) та функціональних блоків (FBD). Вона дозволяє гнучко організовувати програмний код і використовувати різні програмні конструкції.

Особливості програмування в TIA Portal включають інтуїтивний інтерфейс користувача, можливість візуального моделювання програми, вбудовані інструменти для перевірки та налагодження коду, а також інтеграцію з іншими компонентами автоматизаційної системи Siemens.

Крім того, TIA Portal надає інші функції, такі як конфігурація апаратної частини контролера, візуалізація даних, збір та аналіз даних, а також інтеграція з іншими системами автоматизації.

Обрана сенсорна панель Siemens TP1200 використовується для візуалізації, моніторингу та керування котельною установкою. Завдяки своїй 12-дюймовій діагоналі екрану, вона забезпечує зручну взаємодію з оператором.

TP1200 підтримує Ethernet-інтерфейс з двома портами для з'єднання з контролером та іншими пристроями в мережі. Це забезпечує швидкий та надійний обмін даними між панеллю оператора та рештою автоматизованої системи.

Для програмування Siemens TP1200 використовується середовище WinCC TIA Portal, яке дозволяє зручно створювати та налаштовувати дисплейну мнемосхему оператора. Воно також надає можливість управляти та контролювати котельну установку.

Загалом, сенсорна панель Siemens TP1200 разом з WinCC TIA Portal забезпечують ефективну та зручну автоматизацію моніторингу та керування котельною установкою.

Створення дисплейної мнемосхеми оператора за допомогою WinCC TIA Portal (рис. 3.2.1).

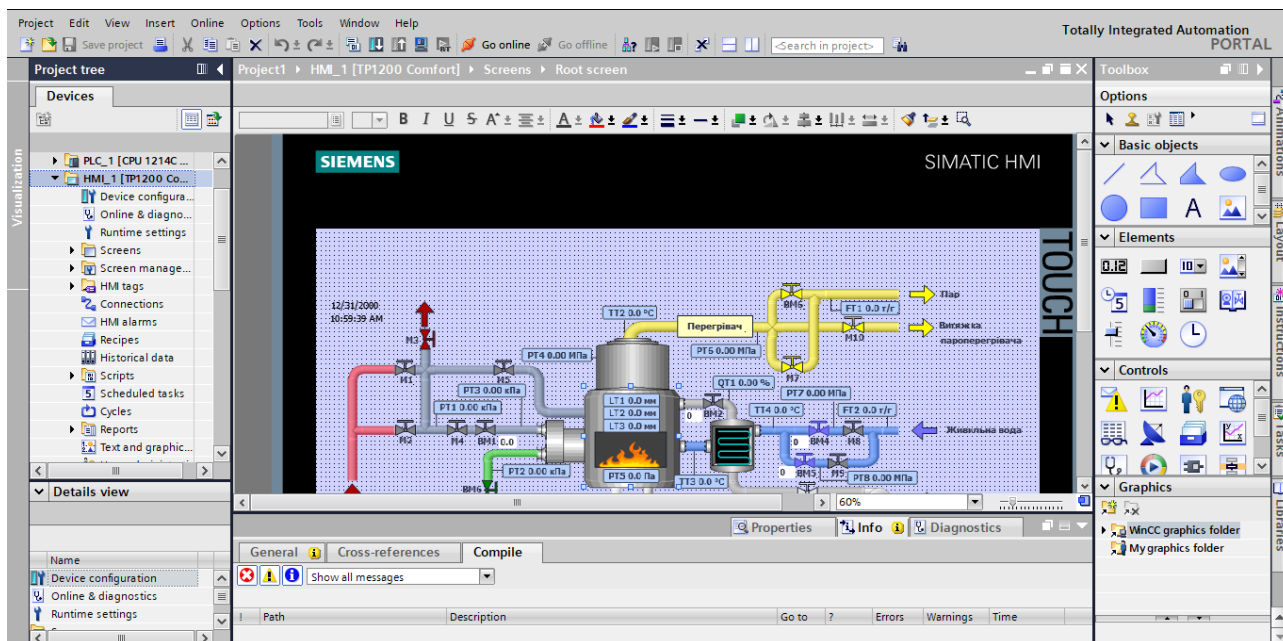


Рисунок 3.2.1 – Створення дисплейної мнемосхеми оператора

Для створення мнемосхеми використовувалися графічні елементи, доступні в вкладках Basic object, Elements та Graphics. Ці вкладки надають різноманітні елементи, які можна використовувати для побудови мнемосхеми.

У вкладці Basic object знаходяться основні елементи, такі як кнопки, написи, рамки і поля вводу. Ці елементи дозволяють створювати взаємодію з мнемосхемою, додавати текстові інформаційні блоки, виділяти окремі елементи та вводити дані за допомогою полів вводу.

У вкладці Elements доступні різноманітні графічні символи і піктограми, які можна використовувати для візуального представлення об'єктів і процесів на мнемосхемі. Наприклад, це можуть бути символи для позначення різних пристроїв, таких як насоси, клапани, датчики тощо. Використання таких елементів допомагає швидко розпізнавати обладнання та відображати його стан.

У вкладці Graphics можна знайти різні графічні елементи, які допомагають покращити візуальну привабливість мнемосхеми. Це можуть бути фонові зображення, шаблони, лінії, кольори та інші декоративні елементи, які роблять мнемосхему більш привабливою та зручною для сприйняття.

Використовуючи ці вкладки та їх графічні елементи, створено кнопки, написи та інші елементи, необхідні для побудови мнемосхеми. Це дозволяє забезпечити зручне та ефективне відображення інформації на мнемосхемі та спростити взаємодію з нею для користувачів.

На мнемосхемі оператора зображено різні елементи та контрольні пункти, пов'язані з котельною установкою (рис. 3.2.2). На вході до котла є лінії для газу, повітря та живильної води, а на виході є пара, витяжка перегрівача, вихідні гази, постійне продування та аварійний злив.

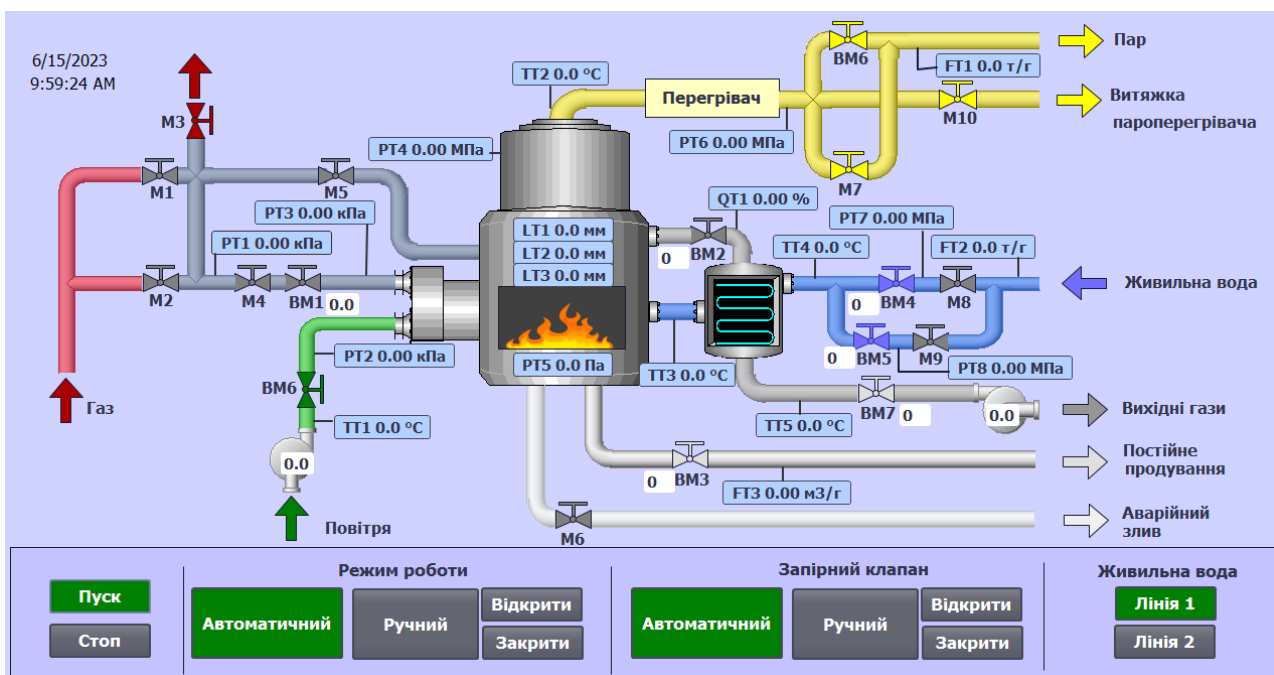


Рисунок 3.2.2 – Створена дисплейна мнемосхема оператора

Мнемосхема також містить контрольні елементи, які моніторяться та керуються оператором. Ці елементи включають M1 і M2 для подачі газу на запальний пристрій та пальник, M3 для скидання газу в лінію, M4 для подачі газу на пальник, M5 для подачі газу на запальний пристрій, M6 для аварійного зливу, M7 для регулювання парового обходу, M8 і M9 для відсічного клапана води, M10 для продування пароперегрівача.

Також на мнемосхемі присутні регулюючі елементи, які контролюються за допомогою VM1, VM2, VM3, VM4, VM5 та VM6. Наприклад, VM1 відповідає за регулювання тиску газу на пальник, VM2 за аварійний злив, VM3 за

регулювання продування сольового відсіку, VM4 за регулювання води, VM5 за регулювання пара.

Крім того, на мнемосхемі відображаються показники, які моніторяться оператором. Ці показники включають температуру повітря, температуру в барабані котла, температуру живильної води, тиск газу та повітря, тиск у барабані, розрядження в топці, тиск пари, тиск живильної води, рівень у барабані, рівень сольового відсіку, вміст димових газів, витрату безперервного продування, витрату живильної води та витрату пари.

У нижній частині мнемосхеми розміщені кнопки (рис. 3.2.3) Пуск і Стоп, а також кнопки переключення режиму роботи Автоматичний та Ручний. Для ручного керування є кнопки Відкрити та Закрити, які використовуються для запарного клапану. Також є дві кнопки для перемикання ліній живильної води.



Рисунок 3.2.3 – Розміщення кнопок керування

3.3 Аналіз якості керування системи керування

Розглянемо алгоритм підтримки заданого рівня, який сприяє ефективному регулюванню, швидкому входженню в режим та невисокій чутливості до зовнішніх впливів.

Алгоритм ПІД-регулятора базується на вимірюванні відхилення стабілізованої величини від заданого значення. На основі цього відхилення формується керуючий сигнал, який складається з трьох компонентів: пропорційної, інтегральної та похідної.

Пропорційна компонента враховує величину самого відхилення, інтегральна компонента враховує накопичену історію відхилення, а похідна компонента враховує швидкість зміни відхилення від заданого значення.

Для порівняння використовується заданий рівень та поточне значення рівня, яке вимірюється за допомогою датчика рівня води (LT1, LT2). У випадку

розбіжності між ними, регулятор рівня формує завдання для положення регулюючого органу - клапана. Поточне положення порівнюється з заданим положенням, яке отримується від датчика положення регулюючого клапана. На основі розбіжності положень, блок управління генерує керуючий сигнал для виконавчого механізму позиціонера.

В процесі керування котельною установкою, рівень води в баку барабана котла є важливим регульованим параметром. Для контролю та регулювання цього параметра використовується ділянка між точкою вимірювання рівня та регулюючим органом клапана. Довжина цієї ділянки залежить від встановлених правил та зазвичай становить кілька метрів. Враховуючи фізичні властивості рідини, характерний час запізнення складає кілька секунд і залишається сталим. Для досягнення високої якості регулювання, швидкого виходу на режим та мінімальної чутливості до зовнішніх впливів, використовується алгоритм ПІД-регулювання. Цей алгоритм базується на вимірюванні відхилення рівня від заданого значення. Керуючий сигнал формується за допомогою трьох компонентів: пропорційної, інтегральної та похідної. При розбіжності між заданим рівнем і вимірним значенням, регулятор генерує команду для положення регулюючого клапана з метою коригування рівня води. Задане положення клапана порівнюється з поточним положенням, яке вимірюється за допомогою датчика. На основі цієї розбіжності, блок управління генерує керуючий сигнал, який впливає на виконавчий механізм позиціонера клапана, що забезпечує відповідну корекцію рівня води. Модель системи регулювання рівня у баку (рис. 3.3.1).

В даній системі керування, об'єктом керування є бак барабана котла після клапана. Регулюючим органом є клапан, який керується електроприводом. Електропривід складається з частотного перетворювача, асинхронного двигуна та редуктора.

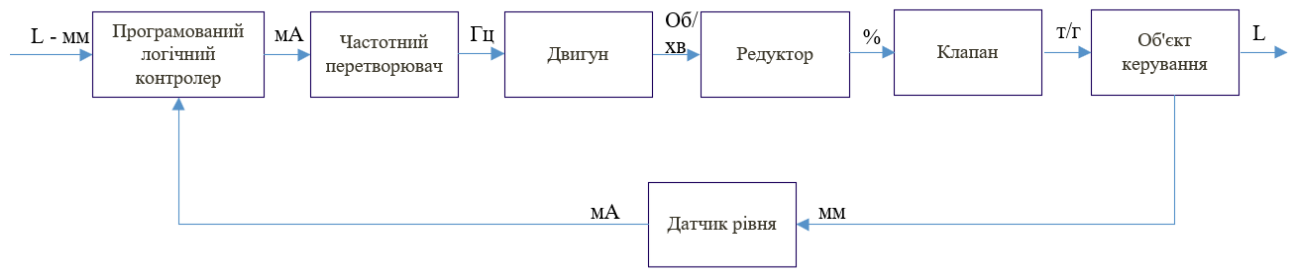


Рисунок 3.3.1 – Модель системи регулювання рівня у баку

На панелі оператора оператор встановлює заданий рівень, який необхідно підтримувати в баку. Датчик рівня передає вимірне значення до програмованого логічного контролера, де проводиться порівняння з заданим рівнем. На основі цього порівняння формується вихідний струмовий сигнал, який подається на частотний перетворювач. Частотний перетворювач генерує напругу живлення для електроприводу клапана. За допомогою клапана з електроприводом, електрична енергія перетворюється на поступальний рух штока клапана, що дозволяє підтримувати рівень в баку на заданому рівні тиску.

Математичну модель системи управління можна представити набором передатних функцій, які описують різні елементи системи. Для частотного перетворювача, диференціальне рівняння, що описує його роботу, можна подати у такій формі (3.3.1):

$$T_{un} \frac{df}{dt} + f = k_{un} I_3; \quad (3.3.1)$$

де k_{un} – коефіцієнт передачі частотного перетворювача;

T_{un} – коефіцієнт часу частотного перетворювача;

I_3 – завдання струму;

f – частота мережі.

Частотний перетворювач є аперіодичною системою, яка перетворює електричну енергію з мережі на електричну енергію для керування клапаном.

Для побудови передавальної функції частотного перетворювача необхідно визначити коефіцієнт передачі і постійну часу.

Коефіцієнт передачі частотного перетворювача можна визначити у статичному режимі, як відношення частоти на виході перетворювача, яка забезпечує номінальний режим роботи двигуна, до струму, що надходить з програмованого логічного контролера (ПЛК) на вхід перетворювача. Керування здійснюється за допомогою струму в діапазоні від 4 до 20 мА, а частота змінюється в діапазоні від 0 до 50 Гц, це можна розрахувати за допомогою відповідної формули (3.3.2):

$$k_{\text{чн}} \frac{f_n}{I_{\text{зн}}} = \frac{50}{20} = 2,5; \quad (3.3.2)$$

f_n – номінальна частоти;

$I_{\text{зн}}$ – номінальний струм.

Значення постійної часу перетворювача можна обчислити за допомогою формули (3.3.3):

$$T_{\text{чн}} = T_n + \frac{1}{2 \cdot m \cdot f_n} = 0,006; \quad (3.3.3)$$

де T_n – постійна часу контура системи імпульсно-фазового керування перетворювачем частоти, включаючи фільтр;

p – кількість фаз у системі імпульсно-фазового керування перетворювачем частоти.

Значення постійної часу ланцюга системи імпульсно-фазового керування перетворювачів зазвичай знаходиться в діапазоні 0,003-0,005 с. У моделюванні звичайно використовують значення T_n з цього діапазону. Оскільки перетворювач частоти використовується для керування трифазним двигуном, число фаз $p = 3$. Номінальне значення вихідної частоти f_n дорівнює 50 Гц.

Таким чином, передатна функція частотного перетворювача може бути записана як (3.3.4):

$$W_k(s) = \frac{k_{yn}}{T_{yn} \cdot s + 1} = \frac{2,5}{0,006 \cdot s + 1}; \quad (3.3.4)$$

Асинхронний двигун є пристроєм, який перетворює електричну енергію, подану на його вхід, на механічну енергію обертання валу. Він є аперіодичною системою, яка забезпечує рух штовхача без постійного періодичного сигналу. Робота асинхронного двигуна описується диференціальним рівнянням (3.3.5), яке враховує взаємодію електричних та механічних компонентів системи для забезпечення швидкості обертання валу. Коефіцієнт передачі (3.3.6).

$$T_{nc} = \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{nc} \cdot f; \quad (3.3.5)$$

де T_{nc} – постійна часу;

ω – кутова швидкість обертання двигуна;

k_{nc} – коефіцієнт передачі.

Прийmemo постійну часу для електроприводу роторного типу (двигун) рівною $T_{nc} = 0.72$ секунди.

Коефіцієнт передачі двигуна може бути визначений як відношення номінальної кутової швидкості обертання двигуна ω_n , до номінальної частоти мережі живлення f_n , (3.3.6). Згідно з документацією на двигун, номінальна кутова швидкість дорівнює 293 рад/с, оскільки максимальна швидкість становить 2800 обертів на хвилину, а номінальна частота живлення становить 50 Гц.

$$k_{nc} = \frac{\omega_n}{f_n} = 5,86; \quad (3.3.6)$$

де ω_n – номінальна кутова швидкість обертання двигуна.

Можемо побудувати передатну функцію двигуна наступним чином (3.3.7):

$$W_k(s) = \frac{k_{yn}}{T_{yn} \cdot s + 1} = \frac{5.86}{0,72 \cdot s + 1}; \quad (3.3.7)$$

Передатна функція редуктора в електроприводі, який використовує чверть зворотний редуктор, може бути визначена за допомогою передатного

відношення. Для даного редуктора передатне відношення становить 90 до 1, що означає, що кількість обертів на вихідному валу редуктора є 90 разів меншою, ніж на вхідному валу.

Передатна функція редуктора може бути записана у вигляді формули (3.3.8):

$$R = \frac{1}{90} = 0,01; \quad (3.3.8)$$

Передатна функція клапана в системі може бути визначена згідно з диференціальним рівнянням, яке описує його поведінку. Диференціальне рівняння для клапана має наступний вигляд (3.3.9):

$$\frac{dK}{dt} = \lambda; \quad (3.3.9)$$

де λ – ступень відкриття клапана.

Передатна функція клапана (3.3.10):

$$W_{\kappa}(S) = \frac{1}{s}. \quad (3.3.10)$$

Передатна функція бака барабана.

Бак барабан після клапана є об'єктом керування. Його передатна функція може бути визначена як передавальна функція резервуара, яка описує залежність між вхідним сигналом і виходом системи. Для даного бака барабана передатна функція може мати вигляд (3.3.11):

$$W_{ок}(S) = \frac{k_{ок}}{s}. \quad (3.3.11)$$

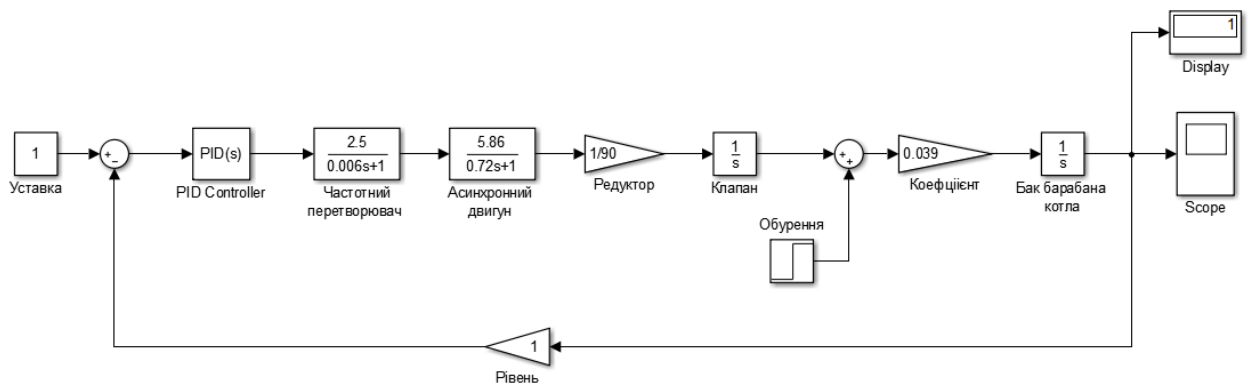
де $k_{ок}$ – коефіцієнт передачі.

Датчик рівня, відповідно, можна вважати безінерційною ланкою. Це означає, що датчик не має власної маси або моменту інерції, які впливають на його здатність швидко реагувати на зміни рівня.

Основна характеристика безінерційної ланки полягає в тому, що вона може миттєво реагувати на зміну вхідного сигналу. У випадку датчика рівня це означає, що він спроможний швидко реагувати на зміну рівня речовини, яку він вимірює, без помітної затримки.

Створено модель структурної схеми регулювання у Simulink (рис. 3.3.2), щоб візуалізувати та аналізувати взаємозв'язок компонентів системи регулювання.

Для досягнення бажаних характеристик перехідного процесу та перерегулювання для заданої системи. Використано метод автоматичного налаштування ПІД-регулятора, який дозволив визначити оптимальні коефіцієнти ПІД-регулятора для досягнення бажаних характеристик системи (рис. 3.3.3).



Модель структурної схеми автоматичного регулювання

Перехідний процес зміни рівня на виході системи керування (рис. 3.3.4). Отримані результати моделювання системи вказують на стабільну роботу при виникненні факторів, що обурюють. Як видно час перехідного процесу дорівнює 22 секунди.

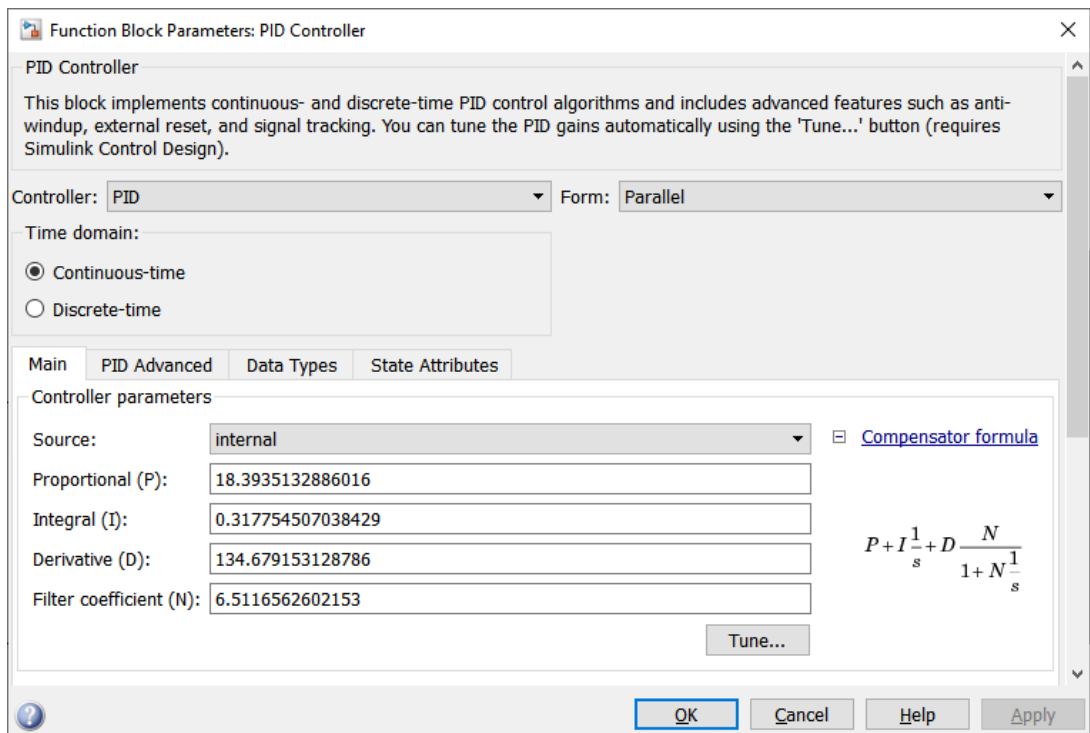


Рисунок 3.3.3 – Параметри ПДД – регулятора

На 30 секунді моделювання системи сталося вплив, що спричинив моментальне підвищення рівня води на 0,1 мм. За час, рівний 22 секундам, система змогла відновити стан і справитися з цим збуренням. Тобто, система успішно компенсувала вплив та повернулася до стабільного режиму роботи.

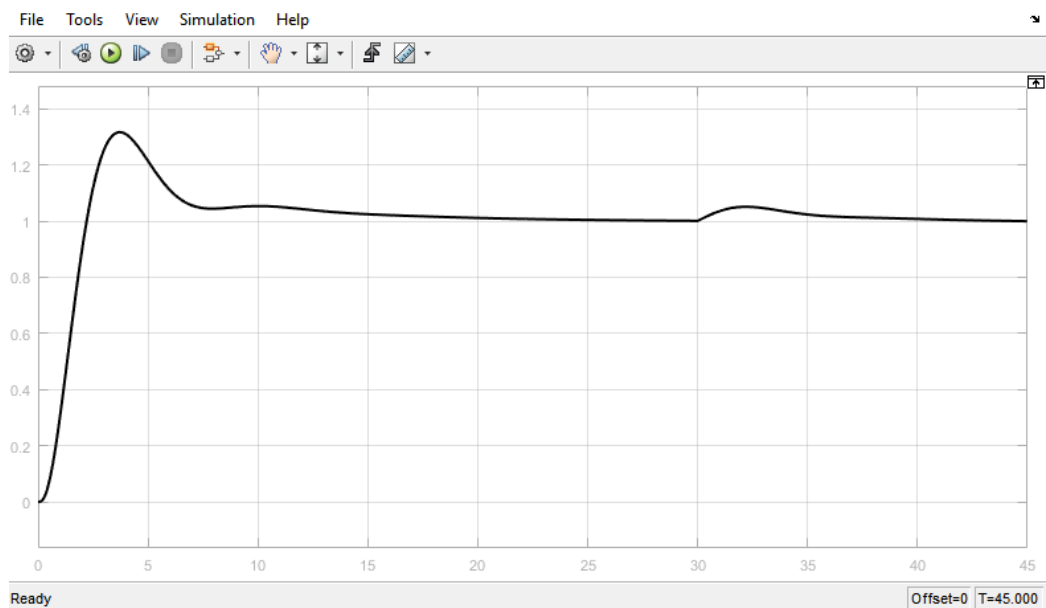


Рисунок 3.3.4 – Графік перехідного процесу

Створимо модель структурної схеми автоматичного регулювання для порівняння схем з ПІД – регулятором та без нього (рис. 3.3.5).

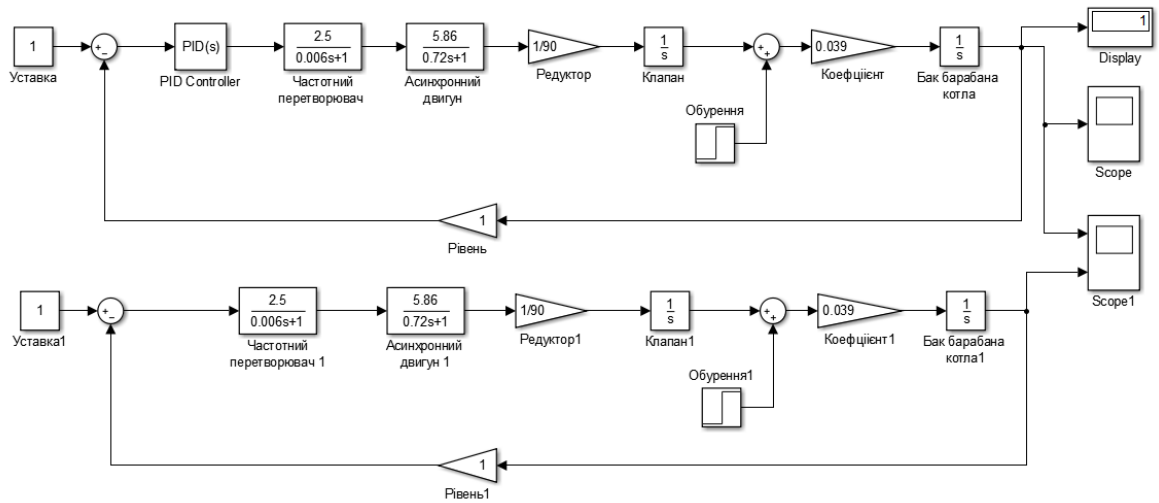


Рисунок 3.3.5 – Модель структурної схеми автоматичного регулювання

В результаті моделювання та порівняння двох кривих - синьої, яка використовує ПІД-регулятор, та червоної, без використання регулятора - стає очевидним, що без ПІД-регулятора система проявляє нестійкість. Синя крива, з ПІД-регулятором, демонструє стабільну роботу системи і мінімізує вплив факторів, що її обурюють (рис. 3.3.6).

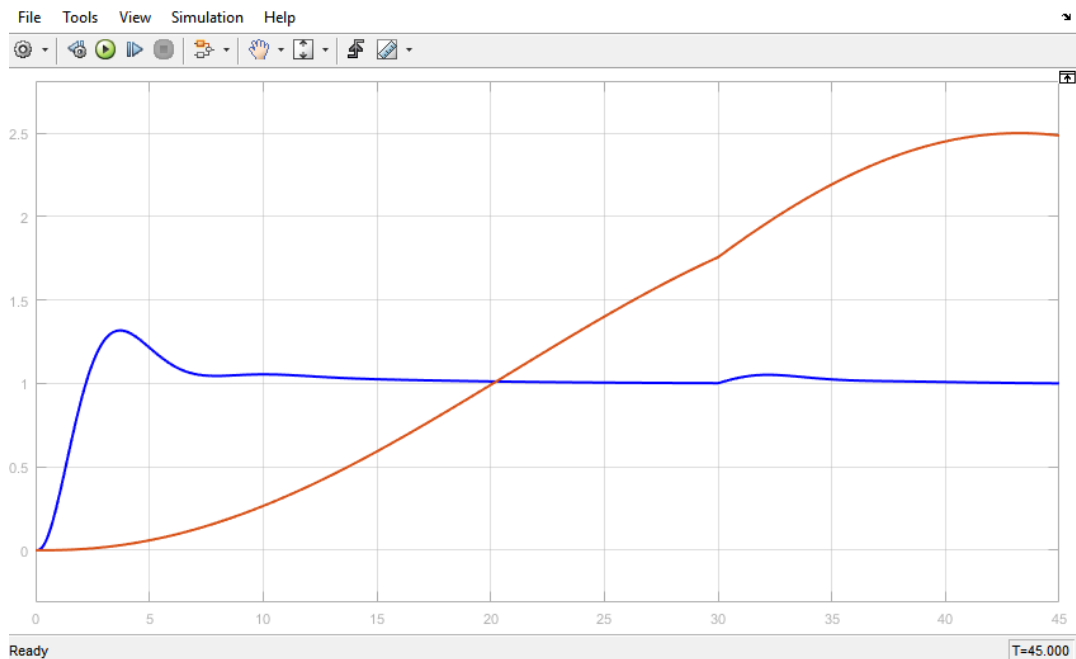


Рисунок 3.3.6 – Порівняння графіків перехідного процесу

3.4 Висновки до розділу 3

В даному розділі були розглянуті основні аспекти моделювання та керування системою котельні. Була побудована математична модель котельні на основі теплового балансу, що дозволяє розрахувати кількість виділеного тепла і його розподіл на підігрів води для опалення та гарячого водопостачання.

Також була розроблена програма моніторингу та керування котлом з використанням ПІА Portal, що базується на програмованому логічному контролері Simatic S7-1200 та сенсорній панелі Siemens TP1200. За допомогою відповідних графічних елементів створено зручну та ефективну мнемосхему для відображення та взаємодії з оператором. На мнемосхемі були відображені важливі показники, які моніторяться оператором, такі як температура, тиск, рівень та витрати різних параметрів.

Окрема увага була приділена аналізу якості керування системою. Для цього порівнювалися заданий рівень і виміряне значення рівня. У випадку відхилення, регулятор формував завдання для положення клапана з метою корекції рівня. Була розроблена математична модель системи управління та створена модель структурної схеми регулювання у Simulink для порівняння роботи системи з ПІД-регулятором та без нього.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

МАГІСТЕРСЬКА НАУКОВА РОБОТА

на тему: «**Автоматизована система моніторингу та керування котельною установкою**»

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Урахування питань з охорони праці автоматизованої системи моніторингу та керування котельною установкою

Студент

_____ Ардикуца Ю.В.

« » 2023р

Консультант доктор біо. наук, професор

_____ Григор'єва Л.І.

« » 2023

Миколаїв – 2023 рік

РОЗДІЛ 4. УРАХУВАННЯ ПИТАНЬ З ОХОРОНИ ПРАЦІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ КОТЕЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ

4.1 Опис приміщення

Котельна установка – це спеціальне приміщення, призначене для встановлення та експлуатації котлів. Вона призначена для забезпечення технологічного паропостачання, підігріву води для систем опалення та задоволення технологічних потреб промислового підприємства.

Приміщення котельні складається з контрольного центру, де знаходяться котел: Основний пристрій, який використовується для генерації тепла шляхом згоряння палива. Котел обладнаний автоматизованою системою керування, що включає контролери та сенсори для оптимального регулювання теплового процесу, також знаходиться шафа керування: Це спеціальне місце, де розміщені електричні компоненти та пристрої для керування котлом. У шафі керування знаходиться контролер, який відповідає за автоматичне керування роботою котла. Крім того, присутня панель керування, яка надає можливість оператору взаємодіяти з системою та налаштовувати параметри роботи котельної установки.

Котельна розташовується в окремому приміщенні. Вона має власний вхід.

Розміри приміщення котельної установки складають 10 метрів на 6 метрів. Це просторе приміщення поділено на дві зони: робоче місце оператора розмірами 4 метри на 6 метрів, та сама котельна установка розміром 6 метрів на 6 метрів.

Робоче місце оператора має розміри 4 метри на 6 метрів. Ця зона призначена для розташування обладнання керування та моніторингу, таких як пульт керування, контрольні панелі, екрани відображення інформації і т. д. Оператор має зручний доступ до цих пристроїв та достатньо місця для комфортної роботи.

Сама котельна установка має розміри 6 метрів на 6 метрів. Це простір, де розміщуються котли та зв'язане з ними обладнання, таке як насоси, резервуари для палива, системи вентиляції і трубопроводи. Розмір котельної установки відповідає необхідному простору для ефективного функціонування обладнання та забезпечення безпеки його експлуатації.

Вентиляційна система в котельні відіграє важливу роль у забезпеченні оптимальних умов роботи та безпеки. Вона служить для відведення продуктів згоряння, забезпечення свіжого повітря для горіння та підтримки відповідного рівня вентиляції приміщення

В котельні наявна витяжна вентиляційна система, яка забезпечує відведення продуктів згоряння, диму та інших шкідливих речовин, що утворюються під час роботи котлів. Ця система має вентиляційні канали та вентилятори, які відсмоктують відпрацьовані гази та виводять їх в спеціально встановлену витяжну трубу.

Для оптимального горіння палива та підтримки здорового середовища в котельні передбачена система подачі свіжого повітря. Це спеціальні вентиляційні клапани, які дозволяють забрати свіже повітря зовні і доставити його в приміщення котельні. Це необхідно для підтримки ефективного горіння та запобігання виникненню небезпечних ситуацій, пов'язаних з недостатком свіжого повітря.

Вентиляційна система в котельні оснащена клапанами, які дозволяють контролювати і регулювати об'єм та швидкість потоку повітря. Це дозволяє оператору налаштовувати вентиляцію відповідно до потреб системи опалення та забезпечувати оптимальні умови роботи.

Також вентиляційна система оснащена фільтрами, які очищають подачу повітря від пилу, забруднень та інших шкідливих речовин. Це поліпшує якість повітря в котельні і зменшує ризик накопичення забруднень у системі опалення та котлах.

У приміщенні котельні розміщено 8 металопластикових вікон з потрійними склопакетами. Розміри кожного вікна становлять 1,88 метра в ширину та 2,2 метра висоти.

Конструкція котельні має межу вогнестійкості 0,75 години, що означає, що вона здатна витримувати вплив вогню протягом цього періоду без значних пошкоджень. Крім того, межа поширення полум'я по конструкції рівна нулю, що означає, що в разі загоряння в котельні полум'я не пошириться через стіни інших приміщень.

Дахове покриття будівлі котельні та область, розташована на відстані 2 метри від її стін, захищається від запалювання за допомогою бетонної стяжки товщиною 20 мм. Це допомагає забезпечити додатковий рівень захисту від вогню та запобігти поширенню пожежі на даховій конструкції та навколишніх областях.

Внутрішні поверхні стін котельні покриті вологостійкими фарбами, що забезпечує захист від вологи та забезпечує тривалу експлуатацію стін без пошкоджень або деформацій.

4.1.1 Аналіз питань охорони праці

4.1.1.1 Мікрокліматичні умови

Знаходячись у котельні, можна помітити, що мікрокліматичні умови створюються з метою забезпечення комфорту та ефективності роботи. Отже, опис мікрокліматичних умов в даній котельні може бути наступним:

У приміщенні котельні підтримується оптимальна температура для забезпечення комфорту працівників та ефективної роботи обладнання. Ця температура зазвичай налаштовується на рівні приблизно 20-25 градусів Цельсія.

Забезпечення комфортних умов праці для працівників є важливим аспектом у будь-якому робочому середовищі. Встановлення оптимальної температури допомагає забезпечити, що працівники почуваються комфортно, що позитивно впливає на їхню продуктивність і добробут. Коли температура занадто висока або занадто низька, працівники можуть почуватися незручно, що може впливати на їхню концентрацію та робочі навички.

Крім того, належна робота котлів та іншого обладнання також залежить від оптимальної температури. Котловий приміщення, де знаходиться обладнання, має бути достатньо теплим, щоб забезпечити ефективну роботу котлів та інших систем. Занадто низька температура може призвести до замерзання деяких компонентів або погіршення роботи системи опалення. З іншого боку, занадто висока температура може спричинити перегрів або нестабільну роботу обладнання.

Тому, налаштування температури в межах 20-25 градусів Цельсія в котельні є раціональним рішенням, яке забезпечує комфорт працівникам і надійну роботу обладнання. Приміщення з такою температурою створює приємні умови для праці, сприяє продуктивності та добробуту працівників, а також забезпечує оптимальну роботу котлів та іншого обладнання в котельні [24].

У котельні вологість повітря підтримується на рівні, що забезпечує комфортні умови для працівників. Зазвичай, оптимальний рівень вологості у котельні утримується на рівні близько 40-60%.

Забезпечення комфортної вологості в приміщенні є важливим аспектом для забезпечення здорового та приємного робочого середовища. Надмірна сухість повітря може викликати такі проблеми, як сухість шкіри, роздратування очей, респіраторні проблеми та дискомфорт для дихальних шляхів. Крім того, сухе повітря може сприяти появі статичної електрики, що може бути небезпечним для обладнання, особливо електронних компонентів.

З іншого боку, надмірна вологість також може мати негативний вплив на робоче середовище. Вологе повітря сприяє утворенню конденсату на обладнанні та поверхнях, що може призвести до корозії, псування матеріалів і зниження ефективності обладнання.

Тому, утримання вологості повітря на рівні близько 40-60% є оптимальним рішенням для котельні. Цей діапазон вологості забезпечує комфортні умови для працівників, допомагає уникнути надмірної сухості повітря і забезпечує

оптимальний рівень вологості, що сприяє збереженню здоров'я працівників і доброму стану обладнання в котельні.

Котельня оснащена ефективною вентиляційною системою, яка відіграє важливу роль у забезпеченні здорових та безпечних умов працівників. Вентиляційна система забезпечує постійний потік свіжого повітря, що дозволяє підтримувати оптимальний рівень кисню для ефективного горіння палива та зменшує концентрацію шкідливих випарів та газів.

У котельні розташовані спеціальні вентиляційні отвори та вентилятори, розподілені таким чином, щоб забезпечити радіальну циркуляцію повітря по всьому приміщенню. Це дозволяє ефективно видалити старе, забруднене повітря та запобігти його застою. Одночасно вентиляційна система постачає свіже повітря зовнішнього середовища, що підтримує оптимальні умови для роботи обладнання та працівників.

Вентиляційна система котельні також відіграє роль у виведенні важких газів та випарів, що утворюються під час процесу горіння палива. Це включає в себе такі шкідливі речовини, як оксиди вуглецю (CO), оксиди азоту (NOx) та інші токсичні речовини. При належному функціонуванні вентиляційної системи ці шкідливі речовини ефективно відводяться з приміщення, забезпечуючи безпеку працівників.

Важливо забезпечувати регулярне технічне обслуговування та очищення вентиляційної системи, щоб забезпечити її ефективну роботу. Це включає періодичну перевірку та очищення вентиляційних отворів, заміну фільтрів, якщо вони є, та ремонт або заміну дефектних вентиляторів. Такі заходи допомагають забезпечити належну циркуляцію повітря та ефективну роботу вентиляційної системи в котельні.

Враховуючи важливість належної вентиляції в котельні, рекомендується дотримуватись всіх вимог та регуляцій, пов'язаних із безпекою праці, що стосуються вентиляційних систем. Це включає належне проектування, встановлення та регулярне обслуговування вентиляційної системи для забезпечення здорових та безпечних умов працівників у котельні.

Котельня обладнана яскравим та належним чином розподіленим освітленням, що гарантує високу якість видимості для працівників. Це має велике значення для безпечної та ефективної роботи в котельні.

Освітлення в котельні розташоване таким чином, щоб забезпечити рівномірне освітлення у всіх ділянках приміщення. Це досягається за допомогою розміщення світильників у стратегічних місцях, щоб уникнути тіней та максимально покрити область освітлення. При проектуванні освітлення враховуються розміри та конфігурація котельні, а також робочі зони та місця, які потребують особливої уваги.

Яскраве освітлення дозволяє працівникам бачити обладнання, інструменти та деталі чітко та без перешкод. Це важливо для проведення інспекцій, ремонтних робіт, обслуговування та контролю за станом котлів та іншого обладнання. Видимість усіх елементів допомагає виявляти можливі проблеми або несправності та своєчасно приймати відповідні заходи.

Належне освітлення також сприяє безпеці працівників, допомагаючи уникнути потенційних травм або небезпек, пов'язаних з поганою видимістю. Якщо приміщення котельні має підземні або темні зони, вони освітлюються додатково, щоб уникнути ризику потрапляння в тінь або недостатньо освітлені місця.

Загалом, належне освітлення в котельні створює безпечні та комфортні умови для працівників, сприяє ефективній роботі та забезпечує високу якість обслуговування та інспекцій обладнання.

В котельні були прийняті заходи для зменшення шуму та вібрації, що генерується обладнанням. Для цього встановлені звукоізоляційні матеріали та амортизатори, які сприяють поглинанню звукових хвиль та зменшенню передачі вібрації.

Звукоізоляційні матеріали використовуються для ущільнення ізоляції приміщення котельні. Це можуть бути спеціальні матеріали, які здатні поглинати звукові хвилі і не передавати їх далі. Звукоізоляційні матеріали можуть бути

встановлені на стіни, стелю та підлогу котельні, щоб зменшити розповсюдження шуму в приміщенні та зовні.

Додатково, амортизатори використовуються для зменшення вібрації, що створюється обладнанням в котельні. Амортизатори можуть бути встановлені під обладнанням або між його складовими частинами, що допомагає знизити передачу вібрації на стіни або підлогу. Це допомагає зменшити рівень вібрації в приміщенні та може покращити комфорт працівників.

Крім того, при проектуванні котельні враховується оптимальне розташування обладнання, щоб зменшити вплив шуму та вібрації на працівників. Стратегічне розташування обладнання може допомогти уникнути концентрації шуму та вібрації в певних зонах та забезпечити більш рівномірний розподіл.

Застосування звукоізоляційних матеріалів та амортизаторів в котельні допомагає створити більш комфортні умови для працівників, знизити рівень шуму та вібрації, а також забезпечити дотримання норм та стандартів, пов'язаних зі здоров'ям і безпекою працівників.

4.1.1.2 Електробезпека.

В даній котельні дотримуються норм та правил електробезпеки для безпечної експлуатації електричного обладнання. Виконуються регулярні перевірки, технічне обслуговування та підтримка обладнання. Основні заходи безпеки включають:

Встановлення високоякісного обладнання, яке відповідає вимогам норм та стандартів.

Використання захисних пристроїв, зокрема автоматичних вимикачів, для запобігання перенапруження та пошкодження електричного обладнання.

Заземлення, яке забезпечує стійкий електричний потенціал та захищає від ураження електричним струмом.

Використання ізоляційних матеріалів для запобігання короткому замиканню та іншим небезпечним ситуаціям.

Регулярна перевірка, технічне обслуговування та підтримка котельні, включаючи перевірку електричних компонентів, вимірювання параметрів системи, очищення та обслуговування обладнання.

У конкретній котельні заземлення є важливим для забезпечення електробезпеки. Воно допомагає уникнути уражень електричним струмом та перенапружень, створюючи шлях найменшого опору для відведення надмірного струму в землю. Це досягається за допомогою заземлювальних проводів, які з'єднують металеві частини обладнання з заземлювачем - металевою штангою або електродом вбитим в землю.

Заземлення застосовується для всіх металевих частин обладнання в котельні, які можуть бути під напругою, таких як котли, насоси, трубопроводи, радіатори, електричні панелі та інші складові. Це допомагає забезпечити безпеку персоналу та запобігти випадкам електричного ураження, що можуть бути спричинені непередбачуваними витокami струму або несправністю електрообладнання [25].

У котельні також важлива ізоляція, яка допомагає уникнути коротких замикань та уражень струмом. Всі проводки, кабелі та електричні компоненти повинні мати належну ізоляцію, щоб уникнути контакту з непотрібними металевими поверхнями або провідними матеріалами. Це допомагає запобігти небезпечним ситуаціям, що можуть виникнути через витік струму або несправність електричних компонентів.

В конкретній котельні правильна експлуатація електричного обладнання є важливою для електробезпеки. Персонал повинен мати належні знання, навички та освіти щодо безпечної експлуатації.

Експлуатація електричного обладнання включає правильне вмикання та вимикання обладнання згідно з потребами системи опалення та гарячого водопостачання. Персонал повинен бути ознайомлений з основними принципами роботи котельні та розуміти роботу електричного обладнання.

Дотримання процедур безпеки є необхідною складовою правильної експлуатації. Персонал повинен розуміти та дотримуватися правил

електробезпеки, включаючи правила відключення живлення перед ремонтними роботами, використання інструментів з ізольованими ручками та уникання контакту з електричними джерелами під напругою без належних захисних засобів.

Для безпечної роботи з електричним обладнанням в котельні важливо використовувати маркувальні засоби, такі як етикетки та кольорові позначки. Проводки можуть бути позначені за допомогою кольорових ізоляційних оболонки або маркувальних стрічок, що вказують на їх функціональне призначення та напругу. Персонал повинен розуміти систему позначень та їх значення для безпечної роботи.

Також важливо регулярно перевіряти та підтримувати загальний стан освітлення та позначень в котельні. Це включає заміну пошкоджених або нечитаних етикеток, коригування позначень та забезпечення належної яскравості освітлення. Такі заходи допомагають підтримувати безпеку та запобігають можливим аваріям.

Маркування електричних приладів, перемикачів, розеток та інших електроустановок в котельні відповідає стандартам електробезпеки. На них можуть бути нанесені написи, символи або піктограми, що вказують на їх призначення, напругу, струм та інші характеристики. Це допомагає персоналу правильно розуміти та використовувати електричне обладнання.

У плані евакуації конкретної котельні передбачаються наступні деталі для безпечної евакуації персоналу:

Чіткі шляхи виходу, відмічені інструкційними знаками та стрілками. Шляхи повинні бути відкритими, без перешкод і легко доступними. Вони мають бути широкими й достатньо освітленими.

Інформація про місцезнаходження пожежних вимикачів, таких як автоматичні вимикачі, вогнегасники та інші засоби пожежогасіння.

Вказівки щодо використання екстрених виходів, таких як спеціальні двері, сходи або інші шляхи виходу, призначені для швидкого та безпечного виходу з будівлі.

Система сповіщення персоналу про загрозу або необхідність евакуації, яка може включати звукові сирени, світлові сигнали або комунікаційні засоби.

Всі працівники котельні повинні бути ознайомлені з планом евакуації та регулярно навчатися виконувати його процедури. План евакуації повинен переглядатися та оновлюватися з урахуванням змін у робочому середовищі. Регулярні навчання з електробезпеки включають правила безпеки, процедури в разі аварій, експлуатацію електричного обладнання та безпечну роботу в котельні.

Навчання проводиться періодично, включаючи набір нових працівників та постійне підвищення кваліфікації для забезпечення безпеки праці в котельні.

4.1.1.3 Безпека роботи з обладнанням.

Безпека роботи з обладнанням котельної установки є надзвичайно важливою для запобігання нещасним випадкам та забезпечення безпеки працівників. Робітники котельні дотримуються правил експлуатації, виконують вмикання та вимикання обладнання, регулюють параметри роботи та використовують захисний одяг. Вони також забезпечують належну експлуатацію, перевіряють та контролюють параметри роботи, дотримуються вимог безпеки при роботі з рухомими частинами та гарячими поверхнями. Робітники також проводять обслуговування обладнання, перевіряють його стан, замінюють пошкоджені частини та забезпечують очищення фільтрів та вентиляційних систем.

Очищення фільтрів та вентиляційних систем є обов'язком робітників котельні для підтримки якості повітря та ефективної роботи обладнання. Вони також перевіряють стан інструментів та пристроїв, замінюють пошкоджені або несправні пристрої, щоб мати доступ до безперебійної технічної підтримки. Усі ці дії з обслуговування обладнання виконуються з метою забезпечення безпеки, ефективності та надійності роботи котельної системи. При ремонті та сервісному обслуговуванні працівники дотримуються правил безпеки, вимикають електроживлення, використовують індивідуальний захист та дотримуються правил зняття та установки обладнання. Вони також дотримуються заходів

пожежної безпеки, забезпечують безпечну робочу область та вміють реагувати на випадок пожежі.

Виконання правил та процедур безпеки є важливим для захисту працівників та надійності ремонтних робіт у котельні. Робітники повинні мати належний ЗІЗ, такий як захисні каски, рукавиці, окуляри та захисне взуття, щоб захистити свою голову, руки, очі та стопи від можливих травм і небезпек. Вони повинні дотримуватись правил використання та носіння ЗІЗ та бути свідомими про можливі ризики, пов'язані з їх роботою. Навчання працівників повинно включати розпізнавання потенційно небезпечних ситуацій та навички дій для їх уникнення. Котельня повинна також мати попереджувальні знаки та інструкції, які нагадують працівникам про ризики та правила безпеки.

Особлива увага має бути приділена правилам безпеки під час роботи з електрообладнанням. Працівники повинні знати, як використовувати електричне обладнання безпечно, як уникнути перевантаження та короткого замикання, а також як діяти в разі виникнення електричного порушення або аварійної ситуації.

Усвідомлення ризиків є важливим аспектом безпеки в котельні, і працівники повинні бути постійно підготовлені до виявлення потенційних небезпек та вживання відповідних заходів для їх уникнення.

Врахування цих принципів безпеки при роботі з обладнанням котельної установки допомагає забезпечити безпеку працівників та запобігти нещасним випадкам. Регулярне навчання, нагадування про правила та правильна експлуатація обладнання є важливими аспектами, що допомагають підтримувати високий рівень безпеки в котельні.

4.1.2 Правила охорони праці.

Правила охорони праці при роботі з автоматизованою системою моніторингу та керування котельною установкою є важливим інструментом для забезпечення безпеки працівників. Вони містять рекомендації та вимоги, які повинні дотримуватися всіма працівниками, які працюють з даною системою.

Основні аспекти, які можуть бути включені до правил охорони праці, включають:

В конкретній котельні, де використовується автоматизована система моніторингу та керування, існують загальні вимоги безпеки, які стосуються всіх працівників.

Правила поведінки є важливою складовою безпеки в котельні. Працівники повинні дотримуватися правил, встановлених котельним управлінням або відповідними регуляторними органами. Це може включати заборону куріння та споживання їжі або напоїв у робочих зонах, обмеження доступу до певних ділянок або обладнання, а також правила поводження в разі аварійних ситуацій.

Обов'язкове використання персонального захисту є необхідним для всіх працівників у котельні. Це включає захисні каски, рукавиці, окуляри, взуття та захисні костюми. Процедури і правила щодо використання цих засобів повинні бути чітко визначені та дотримуватися всіма працівниками [26].

Належна підготовка до роботи є ще однією загальною вимогою безпеки. Процедури та правила повинні бути розроблені та надані працівникам для виконання перед початком роботи. Це може включати огляд інструкцій щодо безпечного виконання завдань, ознайомлення з особливостями обладнання та системи керування, а також проходження необхідного навчання та сертифікації.

Крім того, в котельні можуть бути встановлені інші загальні вимоги безпеки, які враховують особливості роботи з автоматизованою системою моніторингу та керування. Наприклад, можуть бути встановлені вимоги щодо регулярного перевірки і технічного обслуговування системи, процедури виконання запланованих та аварійних зупинок, а також вимоги до забезпечення надійності та цілісності системи керування.

Загальні вимоги безпеки в котельні є необхідними для забезпечення безпечної роботи працівників та запобігання потенційним небезпекам. Вони повинні бути чітко визначені, розроблені та постійно виконуватися всіма працівниками.

У конкретній котельні, визначені процедури дій у надзвичайних ситуаціях, які можуть включати пожежі, витік газу, аварійний зупин обладнання та інші потенційно небезпечні ситуації. Процедури розроблені для того, щоб працівники могли правильно та ефективно реагувати на такі ситуації та забезпечити безпеку для себе та інших.

У разі пожежі, працівники повинні негайно спрацювати відповідно до встановлених процедур. Це може включати виклик служби пожежної безпеки, активування пожежного сповіщувача, вживання заходів для локалізації та гасіння пожежі в межах їх можливостей та евакуацію працівників та персоналу.

У випадку витоку газу, працівники повинні відразу припинити роботу та негайно повідомити відповідні служби. Вони також повинні уникати використання вогню, запалювання електричних приладів або виклику будь-якого джерела запалення. Евакуація з небезпечної зони і встановлення безпечної відстані від місця витоку газу є також важливими кроками.

У разі аварійного зупину обладнання, працівники повинні знати процедури безпечного вимкнення обладнання та негайно повідомити відповідні відділи чи технічний персонал. Вони повинні дотримуватися встановлених правил щодо зупину, відключення електроживлення та деактивації обладнання, а також забезпечувати безпеку для себе та оточуючих.

Окрім цього, процедури евакуації та спасання повинні бути розроблені і відомі всім працівникам. Вони повинні знати маршрути евакуації, місця збору та точки контакту, а також вміти надавати першу допомогу в разі потреби.

Важливо, щоб ці процедури були чіткими, доступними та регулярно відпрацьовувалися через тренування та навчання працівників. Розміщення відповідних попереджувальних знаків, інструкцій та планів надзвичайних ситуацій на видних місцях в котельні також сприяє усвідомленню ризиків та правильній реакції на них.

В конкретній котельні встановлені правила щодо безпечного використання, обслуговування та ремонту обладнання та інструментів. Ці

правила мають на меті забезпечити безпеку працівників та запобігти можливим небезпекам, пов'язаним з їх використанням.

Підключення обладнання до електроживлення повинно відбуватися з дотриманням встановлених процедур та правил. Працівники повинні бути ознайомлені з правильним підключенням обладнання, використанням відповідних кабелів, розеток та захисних пристроїв. Перед підключенням необхідно перевірити наявність будь-яких пошкоджень чи неправильностей, які можуть призвести до небезпеки.

Працівники повинні також дотримуватися процедур перевірки обладнання на безпеку. Це включає регулярну перевірку стану обладнання, виявлення будь-яких ознак пошкоджень або несправностей, перевірку наявності необхідних захисних пристроїв та їх правильне функціонування. Якщо будь-які небезпечні або несправні елементи виявлені, необхідно негайно припинити використання обладнання та повідомити про це відповідний відділ.

Регулярне обслуговування обладнання є також важливою складовою безпеки. Процедури обслуговування мають включати періодичну перевірку та очищення обладнання, заміну зношених частин, перевірку роботи захисних пристроїв та правильність налаштувань. Обслуговування повинно здійснюватися кваліфікованими працівниками, які мають необхідні знання та навички.

Усі працівники, які здійснюють обслуговування та ремонт обладнання, повинні мати відповідну кваліфікацію та проходити необхідну підготовку. Це включає знання про безпекові процедури, використання інструментів та приладів, а також правильність виконання ремонтних робіт.

Застосування цих правил та процедур допомагає забезпечити безпеку обладнання та інструментів у котельні, зменшити ризик небезпечних ситуацій та зберегти здоров'я та життя працівників.

Важливо, щоб правила охорони праці були чіткими, доступними для всіх працівників та регулярно оновлювалися відповідно до змін в системі моніторингу та керування котельною установкою та вимогами безпеки праці.

4.2 Цивільний захист працівників у надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Підготовка до надзвичайних ситуацій.

Підготовка працівників до надзвичайних ситуацій, таких як відключення електрики, опалення та інших комунальних послуг, є важливою частиною планування охорони праці. Деякі рекомендації та процедури, які можуть бути включені:

Проведення оцінки ризиків є важливим кроком у забезпеченні безпеки працівників в котельні. У конкретній котельні проводиться оцінка ризиків, пов'язаних з відключенням електрики, опаленням та комунальними послугами. Оцінка ризиків дозволяє ідентифікувати потенційні небезпеки та визначити найбільш критичні сценарії.

При оцінці ризиків пов'язаних з відключенням електрики, враховуються можливі наслідки для працівників. Наприклад, при відключенні електроживлення можуть виникнути проблеми з роботою обладнання, втрата доступу до критичних систем або незабезпечення освітлення. Важливо ідентифікувати ці сценарії та розробити плани дій для врегулювання таких ситуацій.

Оцінка ризиків також повинна враховувати можливі наслідки відключення опалення та комунальних послуг. Наприклад, відсутність опалення може призвести до зниження температури в приміщеннях, що може негативно вплинути на здоров'я та комфорт працівників. Крім того, незабезпечення комунальних послуг, таких як вода або вентиляція, може призвести до порушень у роботі котельні та викликати незручності для працівників.

На основі проведеної оцінки ризиків визначаються найбільш критичні сценарії та розробляються відповідні заходи з мінімізації ризиків. Це можуть бути плани евакуації у разі надзвичайних ситуацій, встановлення резервних джерел енергії або узгодження дій з постачальниками комунальних послуг для швидкого відновлення їх функціонування [27].

Оцінка ризиків та прийняття відповідних заходів дозволяють забезпечити безпеку працівників в котельні та запобігти можливим негативним наслідкам, пов'язаним з відключенням електрики, опаленням та комунальними послугами.

План дій для надзвичайних ситуацій в конкретній котельні включатиме інструкції та процедури для працівників у разі відключення електрики, опалення та комунальних послуг. Нижче наведений приклад такого плану:

1. Ролі та відповідальності:

- Керівник котельні: Відповідає за загальне керівництво в надзвичайних ситуаціях, активацію плану дій та координацію дій працівників.

- Електромонтер: Відповідає за перевірку та відновлення електропостачання, включаючи перевірку електричних панелей, запуск дизельного генератора, якщо необхідно, та відновлення електричних систем.

- Оператор котла: Відповідає за перевірку та відновлення опалення, включаючи перевірку систем опалення, запуск резервних котлів або встановлення додаткових джерел тепла.

- Механік: Відповідає за перевірку та відновлення роботи комунальних послуг, включаючи системи водопостачання, вентиляції та інших необхідних систем.

2. Процедури у разі відключення електрики:

- Керівник котельні активує план дій та повідомляє всіх працівників про ситуацію.

- Електромонтер перевіряє основні електричні панелі, визначає причину відключення та вживає необхідних заходів для відновлення електропостачання.

- У разі неможливості відновлення електропостачання електромонтер активує запасний дизельний генератор та переключає системи на нього.

3. Процедури у разі відключення опалення:

- Керівник котельні активує план дій та повідомляє працівників про ситуацію.

- Оператор котла перевіряє системи опалення, визначає причину відключення та вживає необхідних заходів для відновлення опалення.

- У разі неможливості відновлення опалення оператор котла активує резервні котли або встановлює додаткові джерела тепла.

4. Процедури у разі відключення комунальних послуг:

- Керівник котельні активує план дій та повідомляє працівників про ситуацію.

- Механік перевіряє системи водопостачання, вентиляції та інші комунальні послуги, визначає причину відключення та вживає необхідних заходів для відновлення їх роботи.

- У разі неможливості відновлення комунальних послуг механік зв'язується з відповідними службами та організаціями для вирішення проблеми.

Важливо, щоб план дій був доступний всім працівникам котельні, регулярно оновлювався та підлягав перевірці й тренуванням для ефективного реагування на надзвичайні ситуації. Крім того, усі працівники повинні бути ознайомлені з планом дій та своїми ролями у випадку виникнення надзвичайних ситуацій.

Ці рекомендації та процедури допомагають працівникам ефективно діяти в умовах обмежених ресурсів та відсутності звичного функціонування приміщення. Важливо регулярно переглядати та оновлювати ці інструкції та процедури, враховуючи зміни в умовах роботи та навколишньому середовищі.

4.2.2 Поведінка та виживання у надзвичайних ситуаціях

Аспекти, пов'язані з забезпеченням безпеки працівників:

Організація евакуації з приміщення в конкретній котельні включатиме такі процедури та заходи:

1. Визначення процедури евакуації:

- Керівник котельні визначає процедуру евакуації та розробляє план дій для працівників у разі надзвичайних ситуацій, що вимагають евакуації.

- Процедура евакуації повинна включати чіткі інструкції щодо дій працівників під час евакуації, вказівки щодо використання евакуаційних шляхів, пожежних сходів та інших безпечних маршрутів.

2. Встановлення маршрутів та зон збору:

- Керівник котельні визначає основні евакуаційні маршрути та зони збору для працівників.

- Маршрути евакуації повинні бути чітко позначені, легкозрозумілі та легкодоступні для працівників.

- Зони збору повинні бути розташовані на безпечній відстані від котельні та мати достатню ємність для всіх працівників.

3. Навчання працівників:

- Всі працівники котельні повинні бути навчені процедурам евакуації та ознайомлені зі схемами евакуаційних маршрутів.

- Працівники повинні бути навчені про правила поведінки під час евакуації, включаючи запобігання паніці, швидке та безпечне рухання по маршрутах та дотримання інструкцій керівництва.

4. Інструкції щодо безпечного руху та використання шляхів евакуації:

- Процедура евакуації повинна містити інструкції щодо безпечного руху та використання евакуаційних шляхів, пожежних сходів та інших безпечних маршрутів.

- Працівники повинні бути навчені про використання пожежних засобів, таких як пожежні сходи, вогнегасники та аварійне освітлення, у разі необхідності.

Організація евакуації є важливим елементом безпеки в котельні та повинна бути регулярно тренованою та перевірятися для забезпечення швидкого та безпечного виведення працівників з небезпечних ситуацій.

В конкретній котельні необхідно забезпечити навчання працівників основам першої медичної допомоги для надання невідкладної медичної допомоги в разі виникнення травм, опіків, отруєнь та інших надзвичайних ситуацій. Працівники повинні бути ознайомлені з процедурами надання першої допомоги та мати необхідні знання та навички.

З метою забезпечення першої допомоги у разі надзвичайних ситуацій, в котельні повинна бути наявна аптечка першої допомоги, яка містить необхідні

медичні засоби і матеріали. Аптечку слід регулярно перевіряти і поновлювати протягом її терміну придатності.

Навчання працівників повинно включати такі аспекти:

- Розпізнавання та оцінка надзвичайних ситуацій, що вимагають невідкладної медичної допомоги.

- Навички надання першої допомоги при пораненнях, включаючи зупинку кровотечі, накладання пов'язок та стерильного огортання.

- Обробка опіків, в тому числі охолодження пошкодженої області, накладання засобів захисту та надання анальгетиків.

- Реагування на отруєння, включаючи надання першої допомоги у разі вдихання отруйних речовин або ковтання отруйних речовин.

- Виклик швидкої медичної допомоги та співпраця з медичним персоналом.

Забезпечення навчання та наявності аптечки першої допомоги є важливими складовими безпеки працівників у котельні для надання невідкладної медичної допомоги у разі потреби.

4.3 Висновки до розділу 4

У першому підрозділі проведено аналіз питань охорони праці в приміщенні автоматизованої системи моніторингу та керування котельною установкою. Були розроблені правила охорони праці, зокрема щодо мікрокліматичних умов, електробезпеки та безпеки роботи з обладнанням.

У другому підрозділі розглянуто питання цивільного захисту працівників у надзвичайних ситуаціях, зокрема навчання працівників виживанню без світла, електрики та опалення. Були розроблені інструкції та процедури щодо підготовки до надзвичайних ситуацій та правил поведінки у таких умовах.

Загальними висновками є необхідність дотримання правил охорони праці та підготовки до надзвичайних ситуацій для забезпечення безпеки працівників у приміщенні автоматизованої системи моніторингу та керування котельною установкою.

ВИСНОВКИ

У даній роботі детально розглянуто котельні установки як важливі технічні комплекси, що забезпечують виробництво пари для задоволення потреб споживачів у теплі та енергії. В основних розділах роботи наведені докладні відомості про складові та технічні характеристики котельних установок, а також розглянуті різні типи палива, що використовуються у цих установках та їх вплив на довкілля.

Описана схема котельної установки та технологічне обладнання для виробництва пари, а також проведено аналіз патентної інформації щодо новітніх технологій у цій галузі. Це надало підґрунтя для подальшого дослідження та оптимізації роботи котельної установки.

Проведено аналіз та вибір відповідного обладнання та компонентів для забезпечення безперебійної роботи системи. Розроблена функціональна схема автоматизації та вибрано комплекс технічних засобів для ефективного та безпечного функціонування парового котла.

Розглянуто аспекти моделювання та керування системою котельні. Побудована математична модель котельної установки на основі теплового балансу дозволяє розрахувати кількість виділеного тепла та його розподіл на підігрів води для опалення та гарячого водопостачання. Розроблена програма моніторингу та керування котлом, що базується на програмованому логічному контролері та сенсорній панелі для зручного відображення та взаємодії з оператором.

Завершальні розділи роботи присвячено питанням охорони праці та цивільного захисту працівників у приміщенні автоматизованої системи моніторингу та керування котельною установкою. Розроблені правила охорони праці та процедури підготовки до надзвичайних ситуацій забезпечують безпеку працівників у даному середовищі.

В цілому, дана робота надає докладну інформацію про котельні установки, їх функціонування, вплив на довкілля та можливості автоматизації та керування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Котельні установки, URL: <http://nebotan.info/utilities/boilers.php> (дата звернення: 15.02.2023).

2. КОТЕЛЬНІ УСТАНОВКИ, Електронний навчальний посібник, URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/777096/mod_resource/content/1/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf. (дата звернення: 15.02.2023).

3. Твердопаливні котли. Види, типи, паливо, URL: <https://romstal.ua/uk/info/351-tverdoplivnye-kotly>. (дата звернення: 16.02.2023).

4. ВИДИ КОТЛІВ. Їх переваги і недоліки, URL: <https://teplovuk.com.ua/article/kotli-1/vidi-kotliv-ix-perevagi-i-nedoliki-14.html>. (дата звернення: 16.02.2023).

5. Закриті та відкриті системи опалення, URL: <http://cke.com.ua/2018/06/17/zakryityie-i-otkryityie-sistemyi-otopleniya/>. (дата звернення: 18.02.2023).

6. Основні компоненти котла, URL: <https://www.designcomfortco.com/blog/heating/what-are-the-main-components-of-a-boiler/>. (дата звернення: 18.02.2023).

7. Якість та ефективність котла, URL: ovoenergy.com/guides/energy-guides/boiler-efficiency. (дата звернення: 18.02.2023).

8. Призначення котелень, URL: <https://rt82.ru/uk/security/obshchie-svedeniya-o-kotelnyh-ustanovkah-tipy-kotlov-dlya/>. (дата звернення: 20.02.2023).

9. Складові частини. Енергогенерувальних установок, URL: <http://teplozond.ru/teploenergetichni-ustanovki-ta-ekologichni-aspekti-virobnictva-energi%D1%97/skladovi-chastini-energogeneruvalnix-ustanovok.html>. (дата звернення: 20.02.2023).

10. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії, URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/11315104.pdf>. (дата звернення: 20.02.2023).

11. Створення та удосконалення водогрійних котлів, URL: [/http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-1/section-2/2-7](http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-1/section-2/2-7). (дата звернення: 21.02.2023).

12. Класифікація котельних установок, URL: https://vuzlit.com/97561/klassifikatsiya_kotelnyh_ustanovok. (дата звернення: 22.02.2023).

13. Контроль котлоагрегату, URL: <https://beregbud.com.ua/yak-pracyuye-zapobizhnij-klapan-v-sistemi-opalennya/>. (дата звернення: 25.02.2023).

14. Принцип роботи котельного обладнання, URL: <https://beregbud.com.ua/princip-roboti-kotelного-obladnannya/>. (дата звернення: 26.02.2023).

15. Пристрій котла, URL: http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/05/LecOPG_6-9_TEF.pdf. (дата звернення: 26.02.2023).

16. Інтелектуальна система моніторингу промислових котлів на базі LabVIEW. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2450/1/012075>. (дата звернення: 28.02.2023).

17. Розробка інтелектуального комплексу для паралельної роботи парових котлів. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1889/2/022047>. (дата звернення: 28.02.2023).

18. Контроль рівня котлової води і система керування. URL: <https://patents.google.com/patent/US20040181349>. (дата звернення: 2.03.2023).

19. Проектування та впровадження автоматичної системи керування для уникнення забруднення в трубах з продувальною рекуперацією тепла в парових котлах. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/765/1/012007>. (дата звернення: 7.03.2023).

20. Паровий котел Е-2,5-0,9 ГМ. URL: <https://teplolider.com.ua/ua/p888514433-parovoj-kotel-gaze.html> (дата звернення: 15.04.2023).
21. Пара у харчовій промисловості. URL: <https://www.cannonbonoenergia.com/previous-news-archive/steam-the-main-ingredient-in-the-food-beverage-sector/> (дата звернення: 18.04.2023).
22. Програмований логічний контролер Simatic S7-1200, URL: <https://topcity.com.ua/shop/simatic-s7-1200/158133> (дата звернення: 29.04.2023).
23. Панель оператора Simatic S7-1200, URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ru/Catalog/Product/6AV2124-0MC01-0AX0> (дата звернення: 1.05.2023).
24. Мікроклімат виробничих приміщень, URL: <https://bcpl.pto.org.ua/index.php/dopomoga/itemlist/category/409-2-8-mikroklimat-virobnichikh-primishchen> (дата звернення: 4.05.2023).
25. Електробезпека, URL: <http://surl.li/ansut> (дата звернення: 8.05.2023).
26. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском, URL: <https://pro-op.com.ua/article/763-pravila-ohoroni-prats-pd-chas-ekspluatats-obladnannya-shcho-pratsyu-pd-tiskom> (дата звернення: 12.05.2023).
27. Цивільний захист, URL: <http://www.materials.kiev.ua/civil-security/civildefense.html> (дата звернення: 15.05.2023).