

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти – бакалавр
за освітньо-професійною програмою
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

зі спеціальності
151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

тема роботи:

«Автоматизація котельної установки з розробкою системи візуалізації»

Виконав студент гр. АКІТ-20 _____ Смолій С. С.

Керівник _____ Рубан С. А.

Нормоконтроль _____ Маринич І. А.

Завідувач кафедри _____ Рубан С. А.

Кривий Ріг – 2024

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою: к.т.н. Рубан С.А.

« 25 » березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студентові групи АКІТ-20 Смолій Сергію Сергійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація котельної установки з розробкою системи візуалізації»

затверджено наказом по університету № 231с від 25.03.2024 р.

2. Термін здачі завершеної роботи: 03.06.2024р.

3. Склад кваліфікаційної роботи: Пояснювальна записка обсягом 70с., презентація у Microsoft PowerPoint (10 слайдів) в електронному та друкованому вигляді

4. Консультанти кваліфікаційної роботи:

Розділ 1-2

доц. Рубан С. А.

Нормоконтроль

доц. Маринич І. А.

5. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	<i>Вступ</i>	<i>01.03.24</i>
2	<i>Розділ 1</i>	<i>05.04.24</i>
3	<i>Розділ 2</i>	<i>01.05.24</i>
4	<i>Висновки</i>	<i>25.05.24</i>
5	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>28.05.24</i>
6	<i>Підготовка презентації та графічного матеріалу</i>	<i>20.05.24</i>
7	<i>Підготовка доповіді до захисту</i>	<i>03.06.24</i>

6. Дата видачі завдання: 29.01.2024р.

Керівник _____ / Рубан С. А./

7. Запевнення: Я, Смолій Сергій Сергійович, запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про академічну доброчесність Криворізького національного університету ознайомлений.

Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі умисних порушень робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Студент _____ / Смолій С. С./

АНОТАЦІЯ

Смолій С. С. «Автоматизація котельної установки з розробкою системи візуалізації».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти – бакалавр, за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2024.

Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку літератури з 20 та 0 додатків. Загальний обсяг роботи становить 73 сторінок, з яких основний зміст роботи викладено на 70 сторінках, робота включає 0 таблиці і 41 рисунки.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці та впровадженню інтегрованої системи управління для котельної установки, спрямованої на оптимізацію її роботи та підвищення ефективності. Основною метою є створення ефективного інструменту, що дозволить знизити споживання енергії, покращити умови експлуатації та забезпечити надійність роботи установки.

Основним результатом дослідження є розробка функціональної та ефективною інтегрованою системою управління для котельної установки, що сприятиме її оптимізації та підвищенню продуктивності, зменшенню споживання енергії та покращенню умов трудового процесу операторів.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОТЕЛЬНА УСТАНОВКА, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ, МОНІТОРИНГ І КОНТРОЛЬ, БЕЗПЕКА І НАДІЙНІСТЬ, ІНТЕРФЕЙС КОРИСТУВАЧА, ПРОДУКТИВНІСТЬ СИСТЕМ.

					<i>КНУ.РБ.151.24.09.00.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Смолій С.С.</i>			<i>АНОТАЦІЯ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Рубан С.А.</i>					1	73
<i>Н.контроль</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ – 20</i>			
<i>Затвердив.</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	4
1.1 Загальні відомості про технологічний процес.....	4
1.2 Опис об'єкта керування та аналіз технологічного процесу.....	5
1.3 Принципи побудови об'єкту дослідження.....	8
1.4 Аналіз існуючих рішень автоматизації технологічного процесу.....	17
Висновки до розділу.....	21
2 РОЗРОБКА САК ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТА ЇЇ ПРОГРАМНО - ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	22
2.1 Структура об'єкту керування.....	22
2.2 Математичний опис об'єкту керування.....	27
2.3 Моделювання об'єкту (системи)	28
2.4 Вибір технічних засобів автоматизації (апаратна реалізація)	32
2.5 Розробка структурної схеми системи керування.....	49
2.6 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	51
2.7 Розробка схеми електричної принципової.....	53
2.8 Розробка програмного забезпечення.....	55
2.9 Конфігурування програмованого логічного контролера.....	56
2.10 Розробка програмного забезпечення для SCADA системи.....	64
Висновки до розділу.....	67
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	69

					<i>КНУ.КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разробив</i>	<i>Смолій С.С.</i>				ЗМІСТ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Рубан С.А.</i>					2	73	
<i>Н.контроль</i>	<i>Маринич І.А.</i>				<i>КНУ АКИТ – 20</i>			
<i>Затвердив.</i>	<i>Тронь В.В.</i>							

ВСТУП

Сучасна індустрія нерозривно пов'язана з технологічним прогресом, який відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та ефективності виробничих процесів. В цьому контексті особливе значення набуває автоматизація, яка дозволяє оптимізувати роботу промислових установок та забезпечує більш точний контроль над їх функціонуванням. Одним із критичних напрямків в цій сфері є енергетика, де ефективне управління котельними установками має важливе значення для забезпечення безперебійного постачання теплової енергії.

Кваліфікаційна робота має на меті дослідити можливості використання сучасних технологій автоматизації та візуалізації для оптимізації роботи котельних установок. Шляхом аналізу інженерно-технічних аспектів і застосування передових підходів у сфері управління, ми сподіваємося створити ефективну систему, що забезпечить підвищення продуктивності котельних, зниження споживання енергії та покращення умов їх експлуатації.

Основна мета дослідження полягає в розробці і впровадженні інтегрованої системи управління, яка поєднує в собі автоматизацію та візуалізацію процесів в котельних установках. Це дозволить не лише підвищити рівень автоматизації, але й забезпечити операторам більш швидкий та зручний доступ до необхідної інформації для ефективного керування та контролю за роботою системи.

У подальших розділах роботи будуть розглянуті конкретні кроки щодо розробки і реалізації такої системи, а також її вплив на продуктивність та ефективність роботи котельних установок. Буде проведений аналіз технічних характеристик обладнання, вибраного для впровадження, а також розглянуті можливості оптимізації процесів за допомогою цієї системи.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.00.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разробив</i>		<i>Смолій С.С.</i>			ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Рубан С.А.</i>					3	73
<i>Н.контроль</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ – 20</i>			
<i>Затвердив.</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Загальні відомості про технологічний процес

Котельні установки є важливим елементом в енергетичній інфраструктурі, забезпечуючи тепло та електроенергію для різних галузей економіки та побутових потреб. Вони використовуються у промисловості, житловому будівництві, комерційних та громадських закладах, а також у сільському господарстві. Котельні можуть працювати на різних видів палива, включаючи газ, нафту, вугілля та біомасу, і їхні технічні параметри та функціональні можливості залежать від конкретних умов експлуатації.

Умови застосування котельних установок різноманітні і включають в себе різні галузі економіки та сфери життєдіяльності. Вони можуть бути встановлені на промислових об'єктах для теплопостачання та парогенерації, у житлових будинках для опалення та гарячого водопостачання, а також у сільському господарстві для обігріву та технологічних потреб. Кожна котельня розробляється з урахуванням конкретних потреб та умов свого використання, забезпечуючи оптимальне функціонування відповідно до вимог клієнта.

Проектування та розробка котельних установок вимагає комплексного аналізу технічних, економічних та екологічних аспектів. При цьому враховуються ефективність використання палива, вибір оптимальних технологій та обладнання, а також дотримання норм та стандартів щодо енергоефективності та екологічної безпеки.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>РОЗДІЛ 1</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разробив</i>		<i>Смолій С.С.</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Рубан С.А.</i>					4	73
<i>Н.контроль</i>		<i>Маринич І.А.</i>				<i>КНУ АКІТ – 20</i>		
<i>Затвердив.</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

Технологічний процес котельні полягає у виробництві теплової енергії шляхом спалювання палива, такого як вугілля, газ, нафта або дрова. Під час спалювання палива відбувається перетворення хімічної енергії на теплову, яка потім передається воді або пару.

Обладнання котельні включає в себе:

- Котли: це основне обладнання котельні, яке здійснює процес нагрівання води або пару за допомогою спалювання палива.
- Паливні системи: вони включають системи подачі, зберігання та підготовки палива перед подачею його до котла.
- Системи очищення та фільтрації: для забезпечення ефективного спалювання палива та зменшення викидів шкідливих речовин у атмосферу.
- Системи трубопроводів та насосів: вони відповідають за перенесення гарячої води або пару до точок використання.
- Системи контролю та автоматизації: ці системи включають в себе датчики, контролери та програмне забезпечення, які моніторять та регулюють різні параметри процесу, такі як температура, тиск та рівень палива.

1.2 Опис об'єкта керування та аналіз технологічного процесу

В сучасному світі котельні стали важливими елементами енергетичної інфраструктури, забезпечуючи тепло та електроенергію для різних секторів економіки. Об'єктом керування у даному випадку є комплексна система, що складається з різноманітних компонентів: котлів, теплових мереж, систем очищення та безпеки. Кожен елемент цієї системи має важливе значення для забезпечення надійного та ефективного функціонування котельні.

Технологічний процес в котельні розпочинається з постачання палива, яке піддається згорянню у спеціальних котлах. Під час горіння палива

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		5

відбувається виділення теплової енергії, яка подальшим чином передається через теплові мережі до споживачів. Окрім того, важливою складовою технологічного процесу є контроль параметрів, таких як тиск, температура та склад газів, що викидаються, з метою забезпечення ефективності та безпеки роботи системи.

Крім основних етапів виробництва тепла, у технологічному процесі котельні також враховується використання теплової енергії для різних потреб, наприклад, для підігріву води або пару. Також важливою є регулярна очистка відходів, що включає у себе відведення димових газів та очищення води від шлаків та інших забруднень.

Зважаючи на різноманіття типів палива, технологій та вимог споживачів, кожна котельня має свої особливості та вимоги до технологічного процесу. Тому аналіз та оптимізація цього процесу вимагає індивідуального підходу з урахуванням конкретних умов та потреб кожного виробництва.

Опис характеристики вхідних, проміжних та вихідних матеріальних та енергетичних потоків для котельної установки:

- Вхідні матеріальні потоки: Це сировинні матеріали, які використовуються для виробництва теплової енергії. Вони можуть включати вугілля, природний газ, нафту або інші види палива, які спалюються в котлі для нагрівання води або пару.
- Проміжні матеріальні потоки: Під час процесу виробництва тепла можуть виникати проміжні продукти, такі як попіл, димові гази або інші відходи, які необхідно видаляти або обробляти для забезпечення ефективного функціонування котельні та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.
- Вихідні матеріальні потоки: Це продукція, яка випускається котельнею, а саме, тепла енергія у формі гарячої води або пару, яка може бути використана для опалення будівель, нагрівання води або підтримання температури в інших технологічних процесах.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		6

- Вхідні енергетичні потоки: Це енергія, яка витрачається на підтримку процесу виробництва тепла, така як електрична енергія для живлення насосів, вентиляторів, систем контролю та автоматизації тощо.
- Вихідні енергетичні потоки: Основний вихідний енергетичний потік котельні - це теплова енергія, яка передається у вигляді гарячої води або пару. Ця енергія може бути використана для різних цілей, що включають опалення, гаряче водопостачання та інші технологічні процеси.

Технологічні особливості процесів в котельній установці розглядаються з врахуванням матеріальних та енергетичних балансів, а також рівнянь тепло- та масообміну. Це означає, що під час аналізу та оптимізації процесів у котельні враховуються всі вхідні та вихідні потоки матеріалів та енергії, а також їхні взаємовідносини.

Матеріальні баланси допомагають відстежувати рух сировини та продуктів у процесі виробництва, забезпечуючи ефективне використання ресурсів та мінімізацію втрат. Енергетичні баланси визначають, як енергія подається до системи та використовується для виробництва тепла, а також як ця енергія втрачається чи перерозподіляється в процесі.

Рівняння тепло- та масообміну враховують фізичні закони, що описують теплові та масові процеси, які відбуваються в системі. Ці рівняння допомагають розуміти та передбачати теплові обміни між різними компонентами системи, а також переміщення речовини через систему, що дозволяє ефективно керувати та оптимізувати процеси в котельній установці.

Технологічний об'єкт керування (ТОК) у котельній установці описується з врахуванням його призначення, загального складу, функцій, які він виконує, а також наводяться основні технологічні параметри об'єкта з вказівкою їхніх номінальних значень.

- Призначення ТОК: Технологічний об'єкт керування в котельній установці відповідає за контроль та управління процесами, пов'язаними з виробництвом тепла. Його основне завдання - забезпечити ефективну та безпечну роботу котельні та оптимізувати витрату ресурсів.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- Загальний склад ТОК: Включає в себе сенсори, контролери, пристрої автоматизації та програмне забезпечення, які взаємодіють між собою для збору даних, аналізу, прийняття рішень та керування різними аспектами котельної установки.
- Функції ТОК: Вони можуть включати в себе контроль температури, тиску, рівня палива, регулювання подачі палива та повітря, а також моніторинг стану обладнання та безпеки процесу.
- Основні технологічні параметри об'єкта: До них можуть відноситися температура води чи пару, тиск у котлі, рівень палива, ефективність спалювання палива тощо. Номінальні значення цих параметрів визначаються на основі проектних та технічних характеристик котельної установки.

Цей опис допомагає краще зрозуміти роль та функції ТОК у контексті котельної установки, а також визначити ключові параметри, які необхідно контролювати та підтримувати на оптимальному рівні для ефективної роботи системи.

1.3 Принципи побудови об'єкту дослідження:

У роботі аналізуються фактори, які можуть спричинити порушення нормального ходу технологічного процесу. Проводиться ретельне вивчення можливих відхилень та обговорюються можливі заходи для їх компенсації з метою забезпечення безперебійної роботи котельної установки. Великий акцент приділяється аналізу технологічного об'єкта управління та системи керування з точки зору їх пожежної та вибухонебезпечності, екологічної безпеки та захисту від корозії. Це дозволяє виявити потенційні ризики та розробити заходи для їх попередження та управління з метою забезпечення безпеки та надійності експлуатації котельної установки.

Теплофікаційні водогрійні газові котли (ТВГ) призначені для централізованого постачання тепла для міст і окремих районів. Ці котли мають

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

секційну конструкцію та виготовляються методом зварювання, і призначені для роботи з природним або зрідженим газом з нагріванням води до температур не вище 150 °С. Такі котли є надійними джерелами тепла для опалення житлових будинків, комерційних приміщень та інших об'єктів, що вимагають централізованого тепlopостачання.

Котли цієї серії доступні у трьох різних варіантах потужності: ТВГ- 4, ТВГ- 8 і ТВГ- 10. Кожен з них має свої характеристики, які відповідають різним потребам у тепlopостачанні, залежно від конкретних умов та обсягу споживачів.

Процес роботи в котельні включає наступні етапи:

1) Горіння палива: На цьому етапі відбувається спалювання палива у котлі. Під час горіння відбуваються хімічні реакції, що виділяють теплову енергію.

2) Передача тепла: Гарячі димові гази, які утворюються в результаті горіння, проходять через теплообмінники котла. Тут відбувається передача тепла від гарячих газів до води або пари, що циркулює в системі.

3) Утворення пари: Вода, яка проходить через теплообмінник, нагрівається і перетворюється у пар. Цей пар може бути використаний для різних цілей, таких як опалення приміщень або виробничі процеси.

Комплекс котельні включає в себе котел відповідного типу та необхідне допоміжне обладнання, яке забезпечує його функціонування.

Головними компонентами котла є топка і поверхні теплообміну. Розташування топки і газових каналів з теплообмінними поверхнями, де відбувається передача тепла, тобто компоновка котла, залежить від характеристик палива, потужності парового виробництва і необхідних параметрів пари.

До допоміжного устаткування котла входять вентилятори і димососи для подачі повітря в котел та виведення з нього в атмосферу відпрацьованих газів, бункери та живильники для зберігання та подачі сировинного палива і пилу, млини для подрібнення вугілля для забезпечення безперервної подачі та

					КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

підготовки пилоподібного палива потрібної якості, обладнання для збору та транспортування попелу і шлаку, пристрої для очищення зовнішньої поверхні труб котла від забруднень, контрольно-вимірювальна апаратура, а також системи для обробки вихідної води для забезпечення її відповідності встановленим стандартам якості.

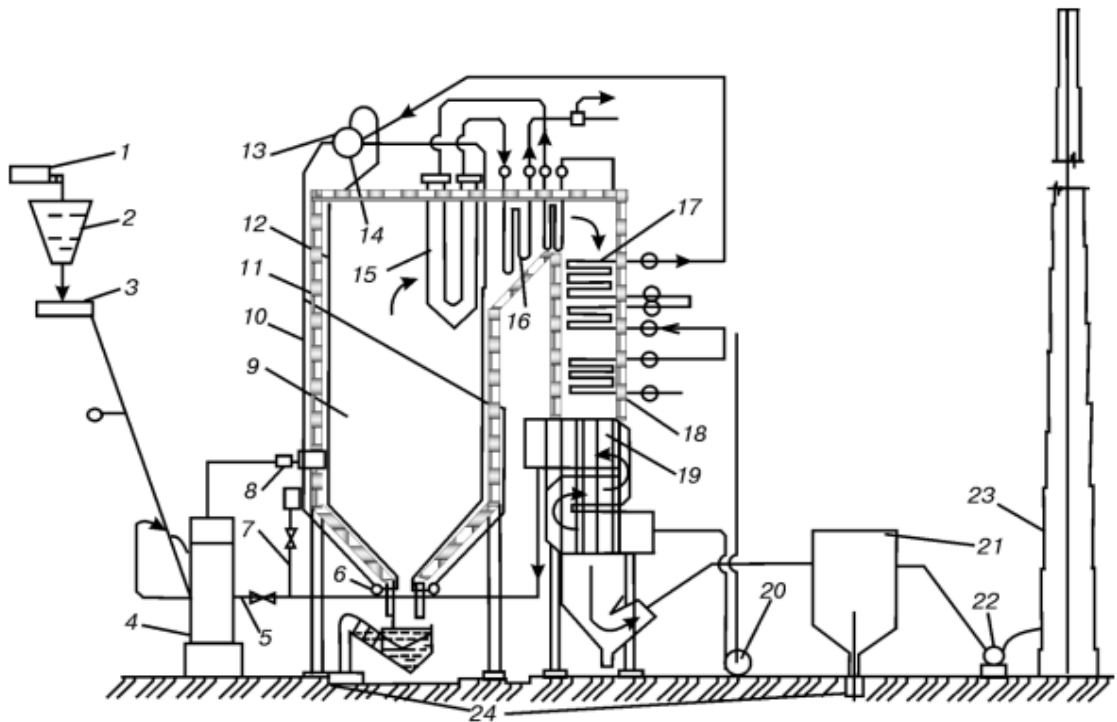


Рисунок 1.1 - Технологічна схема котельної установки

1 – транспортер; 2 – контейнер для сировини; 3 – устрій для подачі сировини; 4 – млин для подрібнення; 5 – коробка для введення первинного повітря; 6 – система розподілу нижнього повітря; 7 – коробка для введення вторинного повітря; 8 – пристрій для згоряння; 9 – камера згоряння; 10 – вихідні труби; 11 – облицювання котла; 12 – вертикальні труби; 13 – 14 – циліндричні апарати; 15 – перегрівачі; 16 – конвекційний перегрівач; 17 – другий рівень економайзера; 18 – перший рівень економайзера; 19 – устрій для підігріву повітря; 20 – вентиляційний вентилятор; 21 – система очищення газів; 22 – витяжний вентилятор; 23 – димова труба; 24 – видалення попелу та шлаку.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		10

В залежності від призначення та характеру робочого середовища (вода, пароводяна суміш, водяна пара або повітря), в котельні можуть бути використані різні типи поверхонь для передачі тепла. Зазвичай розрізняють нагрівальні, випарні і перегрівальні поверхні для відповідних процесів перетворення робочого середовища.

Тепло може передаватися від продуктів згоряння до поверхні нагріву за допомогою випромінювання (радіацією) і конвекцією. Залежно від методу передачі тепла поверхні нагріву можуть бути розділені на радіаційні, конвективні і комбіновані (радіаційно-конвективні) поверхні.

До конвективних нагрівальних поверхонь відноситься економайзер 18 (рис 1.1), призначений для підігріву живильної води, яка поступає до котла. Економайзер зазвичай розташовується у зоні з відносно низькими температурами у конвективній опускній шахті. Поверхні нагріву, які розташовані в зоні найвищих температур у топці 9 або в газовому каналі за нею, вважаються випарними. Зазвичай це радіаційні або радіаційно-конвективні поверхні нагріву, такі як екрани, фестони або котлові пучки. Екрани 12 - це поверхні нагріву котла, які розташовані на стінах топки та газових каналах, захищаючи їх від високих температур. Також екрани можуть бути встановлені всередині топки (двосторонні екрани), що піддаються двосторонньому опромінюванню.

Перегрівальні поверхні нагріву можуть бути радіаційними, ширмовими і конвективними. Радіаційні перегрівники розміщуються на стінах топки або на її стелі. Ширмові перегрівники, позначені як 15, складаються з поверхонь нагріву, на яких розташовані ширми з великим поперечним кроком труб. Ці труби отримують тепло від випромінювання і конвекції приблизно в однаковій пропорції. Конвективні перегрівники, позначені як 16, розташовуються в газових каналах, зазвичай у перехідному горизонтальному або на початку конвективної шахти в напрямку руху газів.

Пароводяний тракт котла - це сукупність послідовно розташованих поверхонь нагріву, трубопроводів і з'єднуючих їх пристроїв, через які

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		11

проходить робоче тіло. Він включає економайзер, труби відводу, барабан, опускні труби, нижній розподільний колектор, екрани, стельовий перегрівник, перший та другий ступінь конвективного перегрівника. Проміжний перегрівник є складовою частиною пароводяного тракту для додаткового перегріву пари.

Устаткування для подачі палива до пальників 8 та його підготовки до спалювання складає паливний тракт котла. Цей тракт включає конвеєр 1, бункер 2 та живильники 3 для вологого палива та пилу. Бункери для вологого палива призначені для постійного зберігання палива, забезпечуючи безперебійну роботу котла. Живильники вологого палива - це пристрої для дозування та подачі палива з бункера до млинів 4, які призначені для отримання вугільного пилу необхідної якості. Одночасно з паливом до млина подається сушильний агент, зазвичай - повітря, для підсушування палива за допомогою короба 5.

Устаткування для подачі палива до пальників 8 та його підготовки до спалювання складає паливний тракт котла. Цей тракт включає конвеєр 1, бункер 2 та живильники 3 для вологого палива та пилу. Бункери для вологого палива призначені для постійного зберігання палива, забезпечуючи безперебійну роботу котла. Живильники вологого палива - це пристрої для дозування та подачі палива з бункера до млинів 4, які призначені для отримання вугільного пилу необхідної якості. Одночасно з паливом до млина подається сушильний агент, зазвичай - повітря, для підсушування палива за допомогою короба 5.

Тепло від продуктів згоряння передається до повітря в рекуперативному повітропідігрівачі через їх теплообмінну відокремлювальну поверхню.

У регенеративному повітропідігрівачі (РПП) процес передачі тепла від гарячих газів до повітря відбувається через ту саму поверхню теплообміну, яка послідовно контактує з газами та повітрям.

Після проходження через всі поверхні нагріву та очищення від золи у золотловлювачах 21, продукти згоряння виводяться через димову трубу 23 в

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

атмосферу, утворюючи повний газовий тракт котла. Цей газовий тракт може бути під тиском духового вентилятора або під розрідженням. У випадку розрідження в газовому тракті після золотворювачів встановлюється димосос 22.

Теплофікаційний водотрубний газовий водогрійний котел ТВГ є прямоточним секційним теплогенератором з примусовою циркуляцією води. Він оснащений окремим димососом і вентилятором. Котли ТВГ доступні з тепловою потужністю 4,65 МВт (ТВГ-4Р), 9,3 МВт (ТВГ-8М) і 11,63 МВт (ТВГ10).

Котел ТВГ-8М складається з кількох екранних секцій, включаючи секції з двостороннім освітленням, оснащеними трубами діаметром 51x2,5 мм, які розміщені в котельній камері та оснащені подовими пальниками. За цегельною перегородкою розташований пучок труб, утворюючи конвективну поверхню. Димові гази входять у цей пучок зверху, а виходять - знизу. Продукти згоряння омивають конвективну поверхню, що складається з труб діаметром 28x2,5 мм, зі швидкістю 8 м/с. Перегородки між трьома газоходами формуються за допомогою плавників, зварених до труб. Вода з теплової мережі постачається у колектор конвективної частини, пройшовши через труби в газоході, і послідовно омиває труби кожної секції екрану, розділені для збільшення швидкостей. З секцій вода відводиться через патрубок, розташований у верхній частині.

Великі швидкості води, приблизно 1 м/с, були досягнуті за рахунок поділу пучка труб конвективного газоходу на три частини, а кожного екрана - на чотири частини. Це призвело до збільшення гідравлічного опору котла до 4 МПа (або 4 кгс/см²), що перевищує рекомендовані значення типуажу.

Топкова камера котла має теплове навантаження 4 кВт/м³ або 235.10³ ккал/(м³·год), кількість підлогових пальників дорівнює числу панелей екранів за винятком однієї.

					КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Під вогневими каналами для розподілу повітря встановлений металевий лист з отворами. Вентилятор має напір 0,5-1 кПа (або 50-100 кгс/см²), оскільки природний газ середнього тиску подається до пальників.

Велика швидкість димових газів та наявність пучка поперечно омиваних труб з великою кількістю рядів забезпечили потребу в установці димососа з напором близько 1 кПа (або 100 кгс/см²).

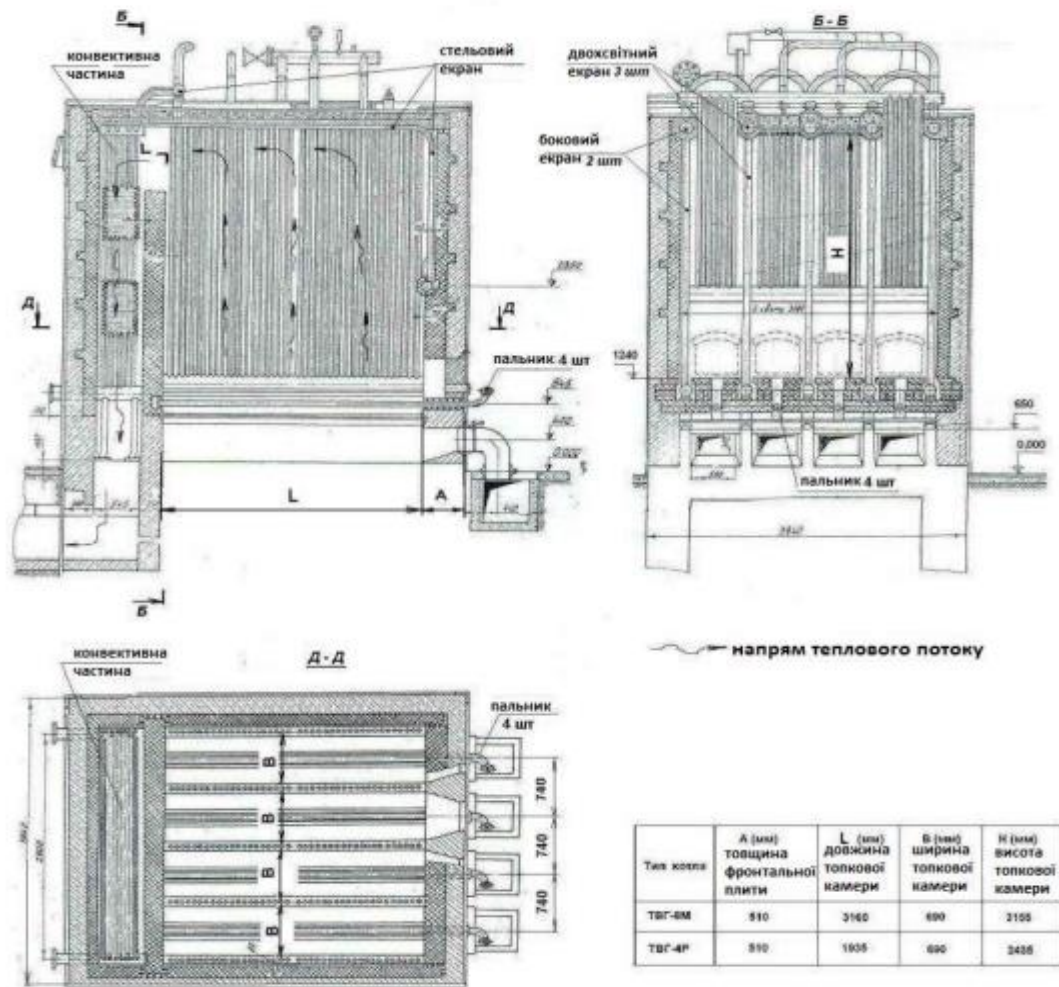


Рисунок 1.2 - Котли ТВГ- 4М та ТВГ- 8М

Топкова камера поділена на чотири відсіки за допомогою двох світніх екранів, де розташовані по чотири подових пальника. Ширина кожного відсіку становить 740 мм. Крім того, у кожного водогрійного котла зазначеного типу є стельовий екран, який частково переходить у фронтний екран. Кожен

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

топковий екран, за винятком стельового, складається з верхнього і нижнього колекторів, в які виварено по 40 вертикальних труб діаметром $\varnothing 51 \times 2,5$ мм.

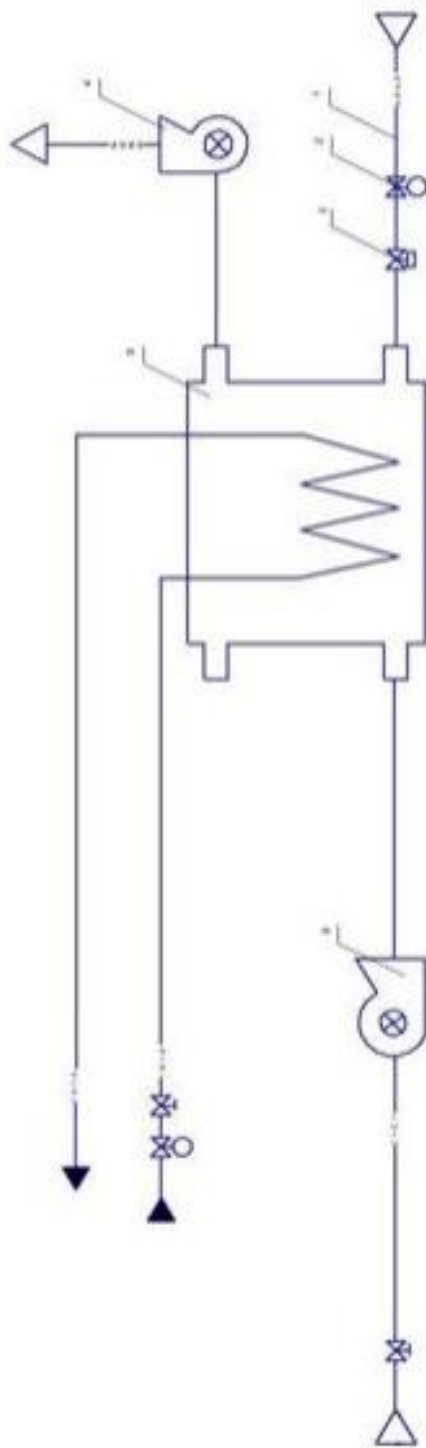
Для створення двох ходів руху води верхні колектори кожного топкового екрана мають посередині перегородки. Стельовий екран складається з 32 труб діаметром $\varnothing 51 \times 2,5$ мм, які уварені в передній (нижній) і задній (верхній) колектори у формі 8×4 .

Водогрійний котел ТВГ також має конвективну частину нагріву, яка складається з двох секцій, об'єднаних верхніми і нижніми колекторами через вісім стояків діаметром 51 міліметр і трубчастих змійовиків діаметром 28 міліметрів. Змійовики розташовані в паралельному порядку відносно фронту котла і мають перегородки для напрямку руху води. У кожному стояку розміщені по чотири змійовики. Під час спалювання газу використовуються подові пальники, розташовані між вертикальними топковими екранами. Кожен пальник має два ряди отворів діаметром 1,5 мм, розташованих у шаховому порядку. Продукти горіння подаються з топки в конвективний газохід через отвір у верхній частині висотою 800 мм, розташований над розділовою стінкою.

Схема переміщення води в котлах ТВГ може бути описана наступним чином: вода з тепломережі подається паралельно в два колектори, розташовані в нижній частині конвективної частини котла. Після проходження через ці колектори вода збирається у верхніх колекторах. Потім вона виходить з верхніх колекторів і, пройшовши по стельовій-фронтівій трубі, направляється в нижній колектор стельового екрану.

З нижнього колектора стельового екрана вода проходить через інший ряд стельово-фронтівих труб і збирається в верхньому колекторі стельового екрана. Потім вона послідовно проходить через лівий бічний односвітний екран, двохсвітні екрани і виходить у тепломережу з верхнього колектора правого бокового екрана. Топкові екрани мають секційну структуру з опускним та підйомним напрямом руху води.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		15



№	Об'єкт
1	Газопровід
2	Регулюючий клапан
3	Запобіжний клапан
4	Димосос
5	Котел ТВГ-8М
6	Повітрянагітач

№	Найменування
1.4.1.4	Гаряча вода
1.5.1.5	Живильна вода
3.1.3.1	Повітря
4.8.4.8	Природний газ
5.4.5.4	Димові гази

Рисунок 1.3 - Технологічна схема котла ТВГ- 8М

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ

Арк.

16

1.4 Аналіз існуючих рішень автоматизації технологічного процесу

Під час розгляду систем керування для даного об'єкту, було проаналізовано два основних варіанти систем: система автоматичного регулювання (САР) та система програмованого керування (СПК). Кожна з цих систем має свої переваги та обмеження, які необхідно враховувати при виборі оптимального варіанту для конкретного об'єкту.

- Система автоматичного регулювання (САР): САР базується на використанні автоматичних засобів для регулювання параметрів процесу без прямого втручання оператора. Вона забезпечує стабільність та точність регулювання, а також може автоматично реагувати на зміни вхідних параметрів та умови експлуатації. Однак, для успішної реалізації САР необхідно мати точну модель системи та великий обсяг інформації про процес, що може бути складним та витратним завданням.
- Система програмованого керування (СПК): СПК передбачає використання програмного забезпечення для управління об'єктом на основі заздалегідь заданих алгоритмів та програм. Вона надає гнучкість та можливість швидкої зміни параметрів керування в залежності від потреб системи. Однак, для ефективної роботи СПК необхідно мати досить точні моделі системи та алгоритми управління, а також постійно оновлювати програмне забезпечення з метою оптимізації роботи системи.

Після детального аналізу обох варіантів систем керування, виявлено, що для даного об'єкту більш доцільним є використання системи автоматичного регулювання (САР). Оскільки система має стабільність та точність управління, що особливо важливо у випадку котельної установки, де необхідно забезпечити надійну та ефективну роботу.

Отже, на основі проведеного аналізу можна зробити висновок про переваги системи автоматичного регулювання (САР) та доцільність її використання для даного об'єкту.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розробка та функціонування теплофікаційних водогрійних газових котлів, зокрема моделі ТВГ-8М, відіграють важливу роль у забезпеченні опалення та гарячого водопостачання в промислових, комерційних та житлових об'єктах. Ці системи, що працюють на основі згоряння газу, створюють теплову енергію, яка перетворюється в тепло, необхідне для опалення приміщень та нагрівання води. Наразі маємо докладно розглянути системи керування об'єктом ТВГ-8М.

Огляд системи керування:

- Температурний контроль: Система керування ТВГ-8М включає датчики температури, розташовані в різних зонах котла та системи опалення. Це дозволяє точно контролювати температуру теплоносія та уникнути перегріву або недостатнього нагріву.
- Контроль тиску: Для забезпечення безпеки та ефективності роботи котла, система керування моніторить тиск в системі, реагуючи на зміни та уникнення можливих аварій.
- Подача палива: Щоб оптимізувати співвідношення повітря та палива, система керування контролює процес подачі газу, регулюючи його кількість в залежності від потреб системи.
- Автоматична система безпеки: Система має аварійне відключення та інші заходи безпеки, що активуються автоматично у випадку виявлення небезпечних умов, таких як перегрів чи викиди.
- Аналіз системи керування:
- Надійність: Надійність системи керування є важливою, оскільки будь-які неполадки можуть призвести до негативних наслідків, включаючи зупинку опалення або навіть аварії.
- Ефективність: Ефективне керування допомагає зменшити споживання палива та енергії, що знижує витрати експлуатації та впливає на економічну вигоду.
- Безпека: Забезпечення безпеки об'єкта та користувачів є однією з ключових функцій системи керування.

					КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- Автоматизація: Використання автоматичних систем керування дозволяє покращити ефективність та точність процесів, знижуючи вплив людини на них.
- Екологічність: Модерні системи керування також забезпечують відповідність екологічним стандартам та зменшують викиди забруднюючих речовин в атмосферу.

Отже, система керування теплофікаційним водогрійним газовим котлом ТВГ-8М відіграє важливу роль у забезпеченні безпечної, надійної та ефективної роботи опалювальної системи. Її функції включають контроль температури, тиску, подачу палива та забезпечення безпеки, а також дотримання екологічних стандартів.

Після проведеного аналізу існуючих систем керування для даного об'єкту, було прийнято рішення використовувати автоматичну систему керування (АСК) з використанням цифрової регулювальної техніки. Це рішення було обґрунтоване наступними критеріями:

- Стабільність та точність керування: Цифрова регулювальна техніка дозволяє забезпечити високу стабільність та точність управління параметрами котельної установки. Вона може швидко та ефективно реагувати на зміни вхідних сигналів та забезпечувати потрібні значення параметрів процесу.
- Гнучкість та можливості розширення: Цифрова техніка дозволяє легко налаштувати та змінювати параметри керування відповідно до потреб системи. Вона також надає можливості для розширення функціональності системи керування, наприклад, додавання нових алгоритмів регулювання або підтримки додаткових сенсорів.
- Ефективне використання ресурсів: Цифрова регулювальна техніка забезпечує ефективне використання ресурсів обладнання та енергії, що дозволяє знизити витрати на управління та експлуатацію котельної установки.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		19

- Сумісність з сучасними технологіями: Використання цифрової регулювальної техніки дозволяє легко інтегрувати систему керування з іншими сучасними технологіями, такими як системи збір та аналізу даних, хмарні сервіси, мережі зв'язку тощо.
- Система збору та обробки даних: Включає датчики для вимірювання температури газів, тиску пари, рівня води в котлі та інші параметри. Отримані дані передаються до контролера керування для подальшої обробки.
- Контролер керування: Відповідає за аналіз та обробку вхідних даних, а також генерування відповідних команд для пристроїв керування. Контролер програмується для забезпечення оптимальних параметрів роботи котельної установки.
- Пристрої керування: Включають клапани, насоси, вентилятори та інше обладнання, які регулюють роботу котельної установки відповідно до команд, отриманих від контролера керування.
- Інтерфейс з оператором: Надає зручний інтерфейс для взаємодії з оператором, включаючи відображення інформації про стан системи та можливість введення команд та налаштувань.
- Система безпеки та аварійного відключення: Забезпечує автоматичне відключення в разі виявлення небезпечних умов або аварійних ситуацій для запобігання пошкодженням обладнання та забезпечення безпеки персоналу.

Отже, обрана структура автоматичної системи керування з використанням цифрової регулювальної техніки була обґрунтована її високою ефективністю, гнучкістю та сумісністю з сучасними технологіями. Це дозволить забезпечити надійну та ефективну роботу котельної установки в різних умовах експлуатації

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ</i>	Арк.
						20
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Висновки до розділу

Аналіз технологічного процесу та огляд існуючих рішень автоматизації є важливим етапом при розгляді питань оптимізації та підвищення ефективності у виробничих процесах, зокрема у сфері котельних установок. Під час аналізу робочого процесу котельні можна ідентифікувати ключові етапи, що включають в себе постачання та підготовку палива, горіння, теплопередачу від гарячих димових газів до води або пари, а також управління тиском та температурою.

Огляд існуючих рішень автоматизації дозволяє дослідити технології та системи, які вже застосовуються в даній галузі. Це можуть бути системи контролю параметрів палива, автоматичне регулювання теплопередачі, системи моніторингу тиску та температури, а також різноманітні сенсорні та контрольно-вимірювальні пристрої.

На основі проведеного аналізу можна визначити потенційність автоматизації та переваги, які вона може принести. Впровадження автоматизованих систем може підвищити ефективність виробничого процесу, знизити витрати палива, підвищити безпеку та надійність операцій, а також зменшити витрати на обслуговування та підтримку обладнання.

Окрім того, аналіз дозволяє визначити потребу в інтеграції нових автоматизованих систем у вже існуючі технологічні процеси. Це може включати розробку спеціальних інтерфейсів та протоколів зв'язку для забезпечення взаємодії між різними системами, а також впровадження додаткового обладнання та програмного забезпечення для оптимізації робочого процесу.

У цілому, аналіз технологічного процесу та огляд існуючих рішень автоматизації дозволяють зрозуміти потреби та можливості впровадження автоматизованих систем у котельні установці.

					КНУ КРБ.151.24.09.01.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБКА САК ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТА ЇЇ
ПРОГРАМНО - ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

2.1 Структура об'єкту керування

Функціональна схема автоматизації визначає основні функції та структуру системи автоматичного контролю, керування та регулювання технологічного процесу. Цей документ включає опис блоків та їх взаємозв'язків, спрямованих на забезпечення ефективного функціонування об'єкта управління.

Функціональна схема визначає роль кожного блоку та їх взаємодію у процесі автоматизації. Вона може містити блоки для зчитування даних з сенсорів, блоки обробки цих даних, блоки керування виконавчими пристроями та інші.

Основна мета функціональної схеми - забезпечити повноту та точність управління процесом, максимізувати продуктивність та ефективність виробничих операцій, а також забезпечити безпеку та стабільність роботи об'єкта управління.

Цей документ є важливим інструментом для інженерів та технічних спеціалістів, що працюють у галузі автоматизації, оскільки він надає зрозуміле представлення процесу автоматизації та дозволяє уточнити потреби в обладнанні та програмному забезпеченні для ефективного управління об'єктом.

Функціональна схема автоматизації є ключовим елементом проекту, який демонструє взаємодію різних блоків та компонентів системи автоматичного управління. Цей документ представляється у формі графічної

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разробив</i>		<i>Смолій С.С.</i>			<i>РОЗДІЛ 2</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевінив</i>		<i>Рубан С.А.</i>					22	73
<i>Н.контроль</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ – 20</i>			
<i>Затвердив.</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

схеми, що складається з умовних позначень та блоків, що відображають різні функціональні частини системи:

- Основне технологічне обладнання: Це включає в себе всі основні компоненти технологічного процесу, такі як котли, теплообмінники, насоси, резервуари, фільтри, трубопроводи та інше обладнання, яке використовується для обробки рідин, газів або пари.;
- Комунікації потоків рідин, газів і пари: Цей аспект описує способи, якими рідини, гази та пара переміщуються через систему. Важливо вивчити маршрути потоків, точки з'єднання, розподіл потоків та механізми регулювання та контролю їх руху.;
- Прилади і засоби автоматизації: Цей аспект охоплює прилади, сенсори, контролери, програмне забезпечення та інші засоби, які використовуються для автоматизації та керування технологічним процесом. Ці засоби можуть включати системи моніторингу, системи збору даних, системи управління та регулювання, які допомагають забезпечити оптимальну ефективність, безпеку та стабільність процесу.

На Функціональній схемі автоматизації (ФСА) відображається спрощена інформація про контрольовані параметри та тип обробки з використанням умовних позначень. Ці позначення зазвичай складаються з послідовності літерних кодів, які вказують на різні елементи системи та їх функціональні взаємозв'язки. Групи приладів, що виконують подібні завдання, об'єднуються в контури контролю або регулювання, які показані на схемі безперервними лініями.

На Функціональній схемі автоматизації (ФСА) всі первинні та вторинні прилади зазвичай позначаються окружністю. Ця окружність може бути розділена горизонтальним діаметром, що вказує на установку приладу на щиті - чи то місцевому, чи централізованому. Буквені позначення на цих окружностях вказують на передачу даних з приладу або датчика.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		23

Контур співвідношення газу та повітря є важливою частиною системи управління та регулювання в котельній установці. Цей контур відповідає за забезпечення оптимального співвідношення між кількістю горючого газу та киснем у повітрі, необхідним для ефективного згоряння палива. Відправними даними для роботи контуру можуть бути різноманітні параметри, такі як температура повітря, тиск газу, склад газів, інтенсивність згоряння тощо. Система автоматизації контролює цей контур, регулюючи подачу газу та повітря відповідно до зазначених параметрів, щоб забезпечити ефективне та економне згоряння палива. Результатом правильного функціонування цього контуру є забезпечення оптимальної температури та якості газових продуктів згоряння, а також мінімізація викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Контур розрідження в топці котла відіграє важливу роль у забезпеченні оптимальних умов для горіння палива та перетворення його в теплову енергію. Основна мета цього контуру полягає в управлінні тиском або рівнем розрідження в топці котла з метою забезпечення належної ефективності горіння та підтримки оптимальних умов для теплового обміну.

Контур розрідження може включати різноманітні компоненти, такі як димососи, вентилятори, клапани регулювання тяги, системи випуску продуктів згоряння та інші елементи. Вони спільно працюють для створення необхідних умов для горіння, забезпечуючи потрібний об'єм повітря та тяги в топці котла.

Ефективна робота контуру розрідження дозволяє досягти оптимального співвідношення між паливом та повітрям, що є важливим для забезпечення високої теплової ефективності котла. Крім того, правильне регулювання рівня розрідження допомагає уникнути негативних явищ, таких як недопал палива, утворення копоти або викиди шкідливих речовин у атмосферу. Таким чином, контур розрідження в топці котла відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності та екологічної безпеки його роботи.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Контур температури води на виході з котла є одним із важливих компонентів системи автоматизації теплового обладнання. Його основна мета полягає в забезпеченні стабільної і оптимальної температури води, яка подається до систем опалення або споживається для інших технологічних потреб.

У рамках контуру температури води на виході з котла реалізуються різні процеси регулювання та контролю. Він може включати в себе термостати, датчики температури, клапани та інші елементи, які дозволяють підтримувати задані параметри температури.

При виборі технічних засобів автоматизації для котлів марки ТВГ-8М необхідно враховувати всі їхні технічні характеристики та технологічні параметри. Це допомагає забезпечити найбільш ефективну та безпечну роботу котельні.

При виборі технічних засобів автоматизації для котлів ТВГ-8М слід враховувати їхню сумісність з технічними параметрами самого котла, такими як потужність, тип палива, робочий тиск та температура. Технічні засоби автоматизації повинні ідеально підходити для вибраного типу котла, щоб забезпечити його оптимальну роботу.

Крім того, важливо враховувати цінову категорію технічних засобів автоматизації. Вони повинні бути доступними за ціною та відповідати бюджету котельні. Вибір економічно доцільних технічних засобів допомагає знизити витрати на утримання котельні та забезпечує оптимальне співвідношення ціни та якості.

Таким чином, вибір технічних засобів автоматизації для котлів марки ТВГ-8М повинен бути здійснений з урахуванням всіх їхніх технічних параметрів, вимог до роботи системи та цінових можливостей котельні.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		26

2.2 Математичний опис об'єкту керування

Система автоматичного регулювання (САР) для контролю температури води на виході з котла складається з декількох ключових компонентів, які працюють разом для досягнення необхідного рівня температури. Основними компонентами цього контуру є датчики, регулятори і виконавчі механізми.

Засновуючись на функціональній схемі автоматизації котла, створимо схему для контролю температури води, яка виходить із котла.

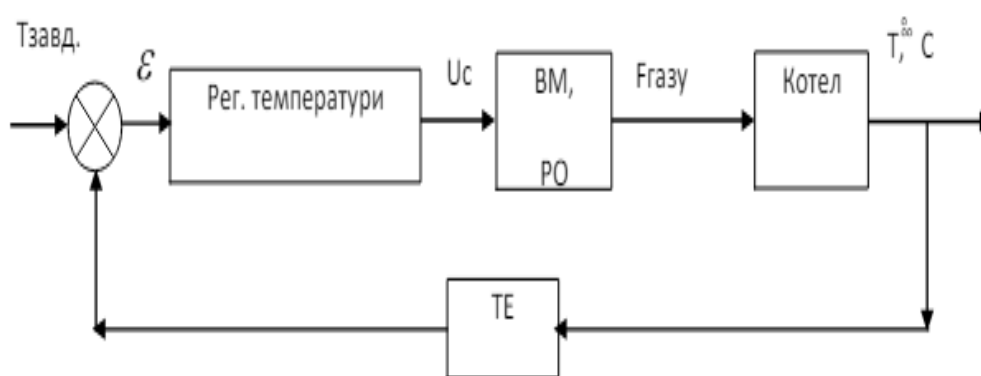


Рисунок 2.2 - Структурна схема регулювання температури води на виході котла

Зараз проведемо розрахунок передаточних функцій для кожного елемента, які показані на рис 2.19

В якості датчика температури води на виході з котла використовується пристрій із діапазоном вимірювання від 0.3 до 1.8 МПа і вихідним сигналом у формі струму від 4 до 20 мА. Отже, передаточна функція цього датчика температури виражена за допомогою відповідної формули:

$$W_1(p) = K_1 = \frac{400+50}{20-4} = 28 \left(\frac{^\circ\text{C}}{\text{мА}} \right), \quad (2.1)$$

Передаточна функція для ПІД - регулятора виражена у вигляді:

$$W_2(t) = k_t + k_i \cdot \frac{1}{t} + k_d t, \quad (2.2)$$

Для регулювання витрати газу використовується виконавчий механізм з регулюючим органом типу Kromschroeder VAS. Передаточну функцію виконавчого механізму і регулюючого органу можна представити у вигляді математичної моделі, яка враховує динаміку системи регулювання:

$$W_3(t) \frac{k_3}{T_3 t + 1}, \quad (2.3)$$

На котелі використовується клапан, який регулює витрату газу. Керуючий сигнал для цього клапана становить 0-10 Вольт. Максимальна витрата газу через цей клапан складає 1100 м³/год. Час, протягом якого клапан повністю відкривається, дорівнює 10 секундам. На основі цих даних можна розрахувати реальну витрату газу через клапан:

$$k_4 = \frac{F_{\text{газу}}}{U_c} = \frac{1100}{10 \cdot 3600} = 0.031 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{В} \cdot \text{с}} \right); T = 10 \text{с}, \quad (2.4)$$

2.3 Моделювання об'єкту (системи)

Для вивчення динамічних характеристик котла використовується метод експериментального аналізу. Температура гарячої води на виході з котла змінюється внаслідок регулювання витрати газу, який подається в топку і впливає на роботу регулюючого клапана. Наведено графік перехідного процесу зміни температури гарячої води на виході з котла при зміні витрати газу на $\Delta F = 22 \text{М}^3/\text{год}$.

При проведенні експериментального аналізу важливо враховувати інерційність системи та час реакції на зміну витрати газу. Регулюючий клапан, який контролює подачу газу, повинен мати високу точність і швидкодію для забезпечення стабільної роботи котла. Зміна витрати газу впливає на тепловий баланс в топці, що, у свою чергу, змінює температуру гарячої води на виході. Аналіз перехідних процесів дозволяє визначити основні параметри системи управління, такі як час запізнення, постійна часу та коефіцієнт підсилення.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

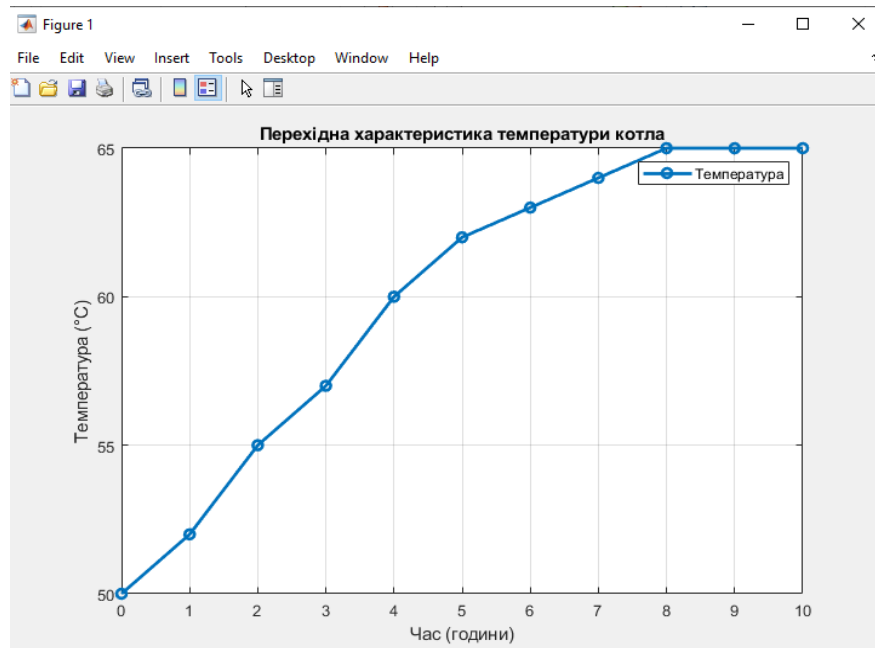


Рисунок 2.3 - Розгінна характеристика водяного котла

Дана розгінна характеристика виявляє ознаки перехідної характеристики аперіодичної системи з запізненням. Тому реальний перехідний процес замінюється ділянкою запізнення і експонентою: $y(t) = kx(1 - e^{-t/T})$ Для цього будемо пряму a а, яка проходить через усталене значення даної характеристики, та проводимо дотичну пряму b .

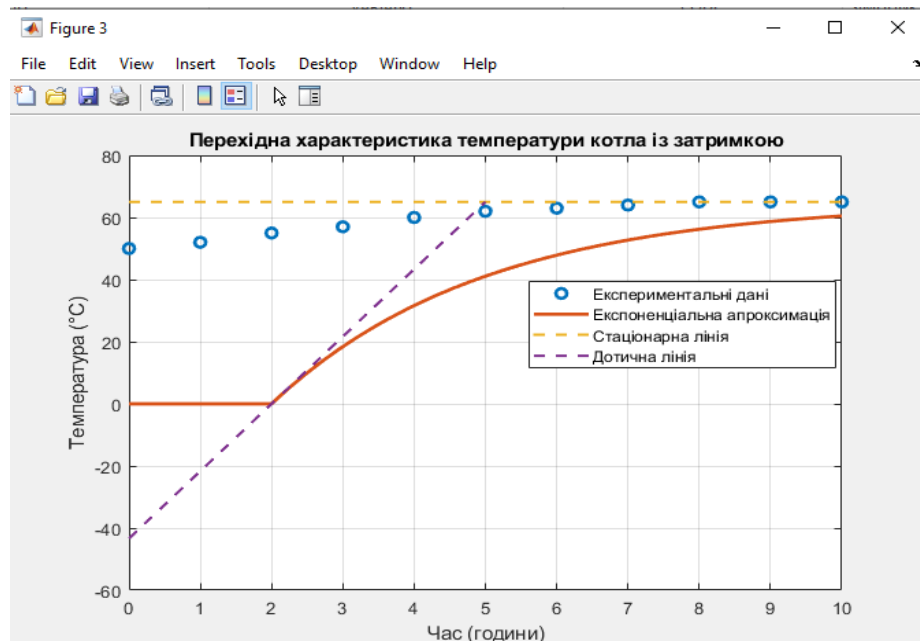


Рисунок 2.4 - Розгінна характеристика котла

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

З використанням вказаних побудов можна визначити довжини відрізків $T = 61 \tau = 20 \text{ с}$. Отже, можемо вважати досліджуваний об'єкт як послідовно з'єднаний двох ланок: ланки запізнення з часом запізнення τ і інерційної ланки першого порядку з коефіцієнтом підсилення k і сталою часу T .

$$k_4 = \frac{0.125 \cdot 10^6 \cdot 3600}{22} \approx 20.46 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{Па} \cdot \text{с}}{\text{м}^3} \right) \quad (2.5)$$

Результуюча передавальна функція котла через канал витрати газу – температури води буде визначена таким чином.

$$W_4(t) = \frac{k_4}{T_4 t + 1} \cdot e^{-n} = \frac{20.46 \cdot 10^6}{61 t + 1} \cdot e^{-20 \cdot t} \quad (2.6)$$

Проведемо моделювання системи автоматичного регулювання температури води на виході з котла з використанням програми Matlab. Для цього складемо таку схему в редакторі Simulink.

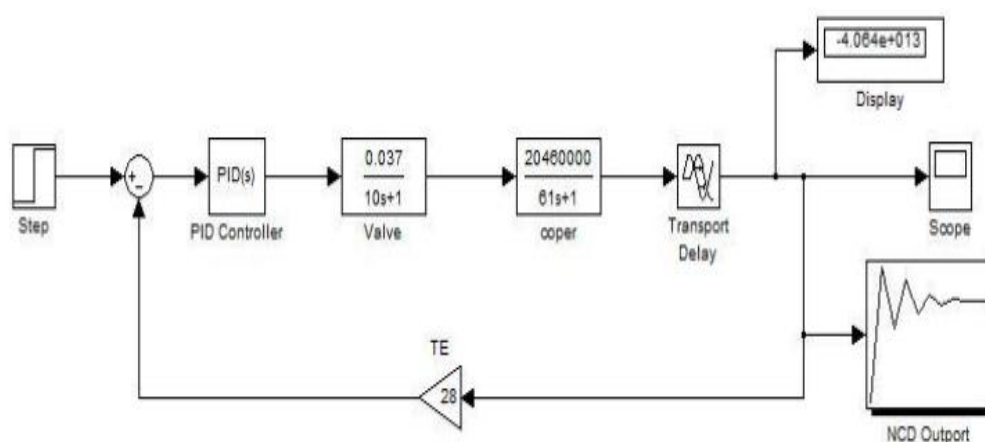


Рисунок 2.5 - Структурна схема САР температури води на виході котла

Для задання вхідного сигналу ми скористаємося блоком Step, який генерує стрибкоподібний сигнал. Щоб оптимізувати значення коефіцієнтів ПІД регулятора, ми використаємо блок NCD.

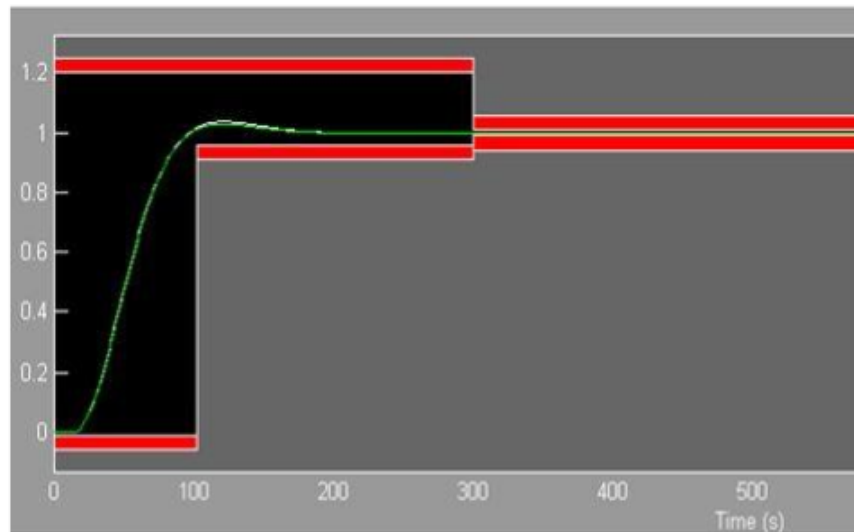


Рисунок 2.6 - Вікно блока NCD

```

kd =
    1.8192e+011

ki =
   -1.5011e+013

kp =
    2.0866e+011

```

Рисунок 2.7 - Оптимізовані значення коефіцієнтів ПІД регулятора

Введемо отримані значення коефіцієнтів у блок PID і здійснимо моделювання системи керування.

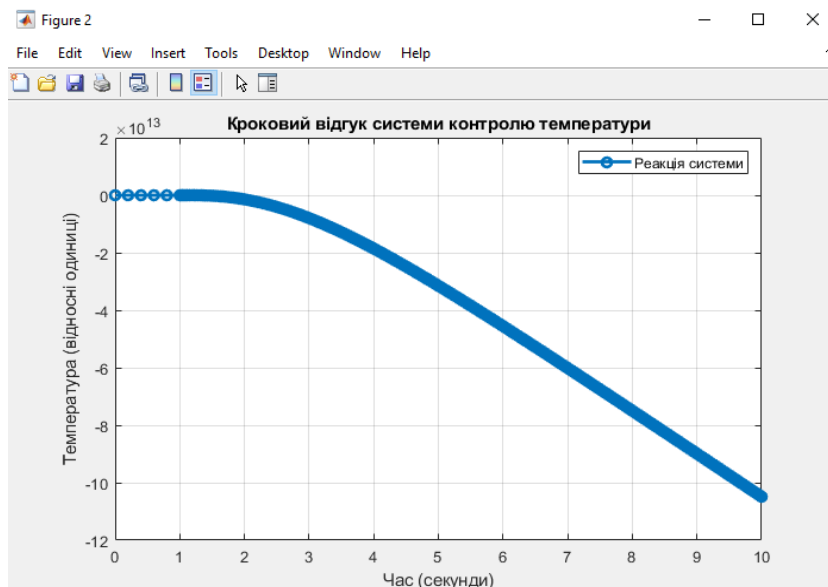


Рисунок 2.8 - Перехідна характеристика САР температури
(температура – у відносних одиницях)

Система керування досягла усталеного значення, тому є стійкою. Параметри якості перехідного процесу такі: час регулювання $t = 319\text{с}$, запізнення $\tau=20\text{с}$, перерегулювання $\sigma \approx 14\%$, коливальність $n = 1$, усталена похибка $\delta_{\text{уст}} = 0\%$.

2.4 Вибір технічних засобів автоматизації (апаратна реалізація)

Датчик іонізації полум'я (ІНД-2)

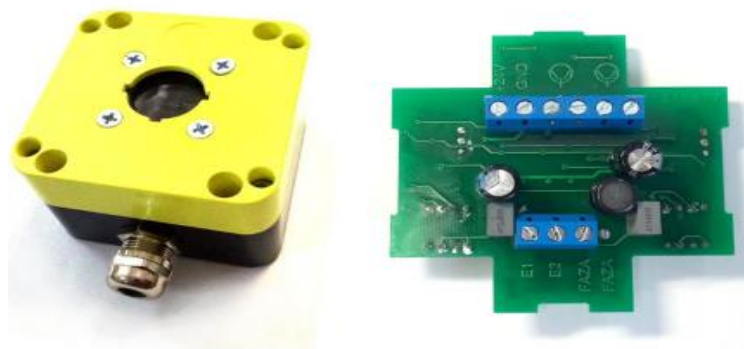


Рисунок 2.9 - Датчик іонізації полум'я

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

Датчик іонізації полум'я (ІНД-2) є важливим елементом системи автоматизації для котлів, таких як ТВГ-8М. Він використовується для виявлення наявності полум'я у топковій камері.

Функція датчика полягає в тому, щоб вчасно виявляти наявність полум'я, що сприяє безпеці та ефективності роботи котла. Якщо полум'я вимикається, датчик негайно спрацьовує та передає сигнал системі керування котлом, що може призвести до аварійного вимкнення котла та запобігти можливим аварійним ситуаціям.

ІНД-2 зазвичай встановлюється в найбільш критичних зонах топкової камери для ефективного контролю полум'я. Це забезпечує надійність та точність роботи датчика. Багато сучасних котлів обладнані подібними датчиками, що підвищує загальний рівень безпеки та надійності котельної системи.

Отже, Іонодатчик полум'я (ІНД-2) є важливим компонентом системи автоматизації котла ТВГ-8М, який відповідає за виявлення полум'я в топковій камері та забезпечення безпечної та ефективної роботи обладнання.

Газоаналізатор МАГ- 6 П-В



Рисунок 2.10 - Газоаналізатор МАГ- 6П-В

Газоаналізатор МАГ-6П-В є важливим компонентом системи автоматизації для котлів, таких як ТВГ-8М. Він використовується для аналізу складу газової суміші, що виходить з котла, що дозволяє контролювати та

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		33

регулювати процес спалювання для забезпечення оптимального відношення повітря та палива.

Функції газоаналізатора включають вимірювання концентрації різних компонентів газової суміші, таких як кисень (O₂), вуглекислий газ (CO₂), оксиди азоту (NO_x) та інші. Ці дані використовуються для контролю та оптимізації процесу згорання палива в котлі.

Газоаналізатор МАГ-6П-В зазвичай встановлюється у вихідному каналі котла або в димовій трубі для вимірювання параметрів газових викидів. Він має високу точність вимірювань та широкий діапазон робочих умов, що дозволяє ефективно контролювати якість згорання та відповідати вимогам екологічних стандартів.

Отже, газоаналізатор МАГ-6П-В є важливим інструментом для контролю якості згорання та оптимізації роботи котлів, таких як ТВГ- 8М, що допомагає забезпечити ефективну та екологічно чисту експлуатацію теплогенеруючого обладнання.

Димосос ДН10

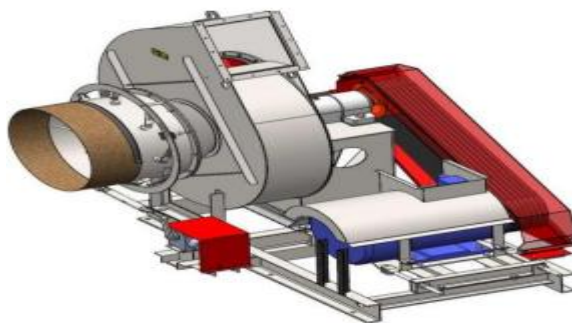


Рисунок 2.11 - Димосос ДН10

Димосос ДН10 - це пристрій, який використовується для відведення диму та відпрацьованих газів з систем опалення або інших технічних установок. Він забезпечує ефективне видалення відходів горіння з робочого простору, забезпечуючи безпечну та ефективну експлуатацію технічного обладнання.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Датчик температури ТГП 100 ЕК



Рисунок 2.12 - Датчик температури ТГП 100ЕК

Датчик температури, як от ТГП 100 ЕК, використовується для вимірювання температури рідин і газів у різних промислових процесах та системах. Основна функція полягає у точному вимірі температури і передачі цієї інформації для подальшого контролю або регулювання.

Цей прилад також може бути використаний для керування зовнішніми електричними ланцюгами, які відповідають за нагрівання. Наприклад, він може реагувати на зміну температури та вмикати або вимикати обігрівачі або інші елементи системи для підтримки потрібного рівня температури.

Робоча область вимірювання цього датчика від -60°C до $+600^{\circ}\text{C}$, що дозволяє вимірювати широкий діапазон температурних значень. Це робить його універсальним інструментом для застосування в різних умовах та галузях.

Принцип дії полягає в тому, що при зміні температури вимірювального середовища термобалон, в якому знаходиться датчик, деякі речовини розширюються або стискаються, що призводить до зміни тиску в середині датчика. Цей змінний тиск вимірюється манометром, який фіксує величину тиску і перетворює її в вимірювану температуру. Таким чином, датчик може точно визначати температуру за допомогою вимірювання тиску в його внутрішній системі.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Газовий клапан Kromschroeder VAS



Рисунок 2.13 - Газовий клапан Kromschroeder VAS

Газовий клапан Kromschroeder VAS - це високоякісний клапан, призначений для регулювання потоку газу у газових системах. Він використовується для керування газоподачею в системах опалення, промислових печах, котлах та інших газових установках.

Основна функція цього клапана - забезпечення точного та надійного регулювання потоку газу від повного закриття до максимального рівня. Це дозволяє забезпечити ефективне функціонування газової системи і забезпечити потрібний рівень газоподачі для оптимальної роботи обладнання.

Крім того, газовий клапан Kromschroeder VAS забезпечує високу стабільність і безпеку роботи, оскільки він оснащений надійними механізмами блокування та автоматичного відключення в разі несправності або виникнення аварійних ситуацій.

Завдяки своїм характеристикам і надійності, газовий клапан Kromschroeder VAS є популярним вибором для різноманітних газових систем і додаткових обладнання для опалення і промислових процесів.

Частотний перетворювач Altivar 38

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		36



Рисунок 2.14 - Частотний перетворювач Altivar 38

Частотний перетворювач Altivar 38 - це пристрій, який використовується для керування оберальною швидкістю асинхронних електродвигунів. Він забезпечує можливість зміни частоти живлення електродвигуна, що дозволяє регулювати його швидкість обертання і, отже, потужність і продуктивність обладнання, яке він приводить у рух.

Altivar 38 має широкий діапазон регулювання частоти і велику точність управління, що робить його ідеальним рішенням для застосувань в промисловості та автоматизації. Він може бути використаний у різноманітних галузях, таких як нафтохімічна, металургійна, хімічна промисловість, а також у секторі електротехніки та будівництва.

Цей перетворювач має вбудовані функції захисту, які дозволяють уникнути пошкоджень електродвигуна в разі перевантаження, перегріву або інших аварійних ситуацій. Крім того, він може працювати у різних режимах, включаючи векторне керування, імпульсне керування та інші, що робить його дуже гнучким і універсальним для різних завдань.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Загалом, частотний перетворювач Altivar 38 - це надійне, ефективне і просте у використанні обладнання, яке дозволяє оптимізувати роботу електродвигунів і забезпечити оптимальні умови їх роботи.

Датчик тиску Сапфір-22М



Рисунок 2.15 - Датчик тиску Сапфір-22М

Датчик тиску Сапфір-22М - це високоякісний прилад, призначений для вимірювання тиску в різних технічних системах і обладнанні. Він використовується для контролю тиску рідин, газів або пари в різноманітних промислових процесах та устаткуванні.

Основною функцією датчика тиску Сапфір-22М є точне вимірювання тиску і передача цієї інформації до системи керування або моніторингу. Він забезпечує високу точність та стабільність вимірювань навіть у важких умовах експлуатації.

Основною функцією датчика тиску Сапфір-22М є точне вимірювання тиску і передача цієї інформації до системи керування або моніторингу. Він забезпечує високу точність та стабільність вимірювань навіть у важких умовах експлуатації.

Крім того, датчик тиску Сапфір-22М має простий інтерфейс для підключення і налаштування, що дозволяє легко і швидко інтегрувати його в системи автоматизації і моніторингу. Він надійно працює в різних умовах

експлуатації і забезпечує довгий термін служби без необхідності в сервісному обслуговуванні.

Джерело живлення змінного струму (АСЕ-540А)



Рисунок 2.16 - Джерело живлення змінного струму

Джерело живлення змінного струму АСЕ-540А - це високоефективний пристрій, призначений для постачання електроенергії змінного струму для різноманітних електричних пристроїв та систем. Воно забезпечує стабільне живлення з необхідними параметрами напруги та струму, що робить його незамінним компонентом для багатьох промислових, комерційних та домашніх застосувань.

АСЕ-540А має компактну конструкцію і високу надійність, що дозволяє використовувати його як в стаціонарних, так і в переносних системах. Він оснащений захистом від перенапруги, короткого замикання та перегріву, що забезпечує безпеку підключених пристроїв і тривалу безперебійну роботу.

Пристрій АСЕ-540А може працювати з різними типами навантаження, включаючи різноманітні електронні пристрої, електромотори, освітлювальні прилади та інші електроприлади. Він має широкий діапазон вихідної напруги і струму, що робить його універсальним рішенням для різних застосувань.

Крім того, АСЕ-540А володіє ефективним системою охолодження, що забезпечує стабільну роботу пристрою навіть при тривалому використанні.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Його простий у використанні інтерфейс дозволяє легко налаштовувати параметри живлення відповідно до вимог конкретного застосування.

Він має наступні основні характеристики:

- Тип джерела живлення: змінного струму, що дозволяє ефективно живити різноманітні електричні пристрої.
- Вихідна потужність: 48 Вт, що забезпечує достатню енергію для живлення великої кількості пристроїв одночасно.
- Вихідні напруги: +24 В, що робить його ідеальним варіантом для живлення промислових контролерів і систем автоматизації, які працюють на цьому рівні напруги.

Контролери серії PLCnext Control АХС F 1152 для систем введення-виведення Ахіоліне характеризуються високою швидкістю, надійністю та простотою у використанні.

Основні характеристики цього контролера включають:

- Процесор Arm® Cortex®-A9 1x 800 МГц.
- Пам'ять: Контролер має 512 МБ внутрішнього флеш-накопичувача і 512 МБ DDR3 SDRAM, що забезпечує достатньо пам'яті для зберігання програм і даних.
- Інтерфейси: Інтерфейси включають Ethernet, системні шини Ахіоліне, USB та серійні порти, що дозволяють легко підключати контролер до різних пристроїв і мереж.
- Система програмування PLCnext Engineer, яка надає зручне середовище для розробки та програмування різноманітних програм для контролера.



Рисунок 2.17 - Промисловий контролер АХС F 1152

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		40



Рисунок 2.18 – Вентилятор

Вентилятор складається з алюмінієвого корпусу і двигуна з ротором. Використовується вентилятор для нагнітання повітря в топку котла, а також для вентиляції приміщень і технологічного обладнання.

Комплект KG Elektronik SP-05 LED складається з турбіни (вентилятора), виконаної у вигляді "равлика" в алюмінієвому корпусі. Цей вентилятор призначений для нагнітання повітря в топку котла і вентиляції приміщення. Крім того, комплект включає блок управління (автоматику), який відповідає за підконтрольну роботу турбіни і циркуляційного насоса. Завдяки цьому блоку можна задати потрібний режим роботи і температуру.

Модуль I-7060 - це пристрій з 4-канальним вводом і 4-канальним виводом, що має ізоляцію. Його функціонал полягає в забезпеченні можливості контролювати та керувати різноманітними пристроями та процесами у системі автоматизації. Завдяки ізольованому вводу і виводу, модуль забезпечує безпеку й надійність в роботі, захищаючи електроніку від перешкод та перенапруг. Використовуючи цей модуль, можна підключати зовнішні пристрої до системи контролю та керування, що робить його важливим елементом у промислових та автоматизованих системах.

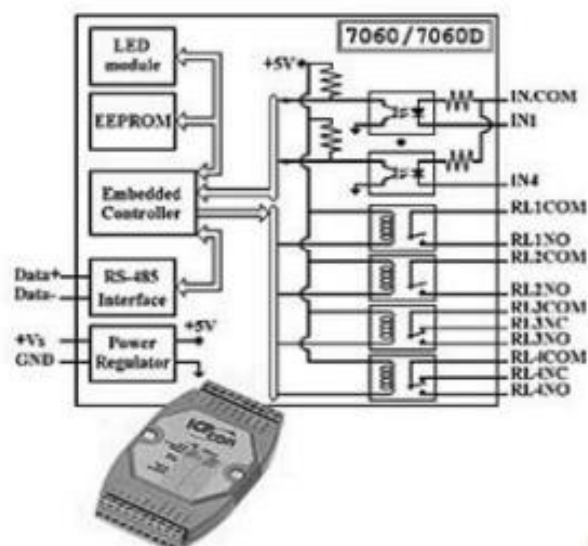


Рисунок 2.19 - Модуль дискретного вводу і виводу

Модуль I-7024 - це пристрій аналогового виводу з 4 каналами, обладнаний 12-бітним цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП) і забезпечений ізоляцією. Його головна функція - надавати можливість керувати аналоговими пристроями чи процесами з автоматизованої системи управління. Завдяки високій роздільній здатності 12 біт, модуль забезпечує точність та стабільність виводу аналогового сигналу, що дозволяє ефективно керувати різноманітними пристроями та системами, які вимагають аналогового управління. Ізольовані виходи забезпечують безпеку та надійність в роботі, захищаючи електроніку від перенапруг та перешкод. Модуль I-7024 є важливим компонентом у промислових та автоматизованих системах, де потрібен високопрофесійний аналоговий вивід з ізоляцією.

Датчик витрати води



Рисунок 2.21 - Датчик витрати води

Даний датчик є ідеальним рішенням для автоматизації контролю використання води в різних системах, таких як системи водопостачання, опалення, охолодження та інші. Його конструкція забезпечує надійне та точне вимірювання обсягу потоку води через трубопровід або канал, що дозволяє ефективно контролювати та управляти процесами, пов'язаними з використанням води.

Основна частина датчика складається з пластикового корпусу з вбудованим клапаном, водяного ротора та датчика Холла. При проходженні води через ротор він починає обертатися, а швидкість його обертання змінюється в залежності від швидкості потоку води. Датчик Холла видає імпульсний сигнал з частотою, що відповідає швидкості обертання ротора. Цей сигнал використовується для вимірювання обсягу потоку води та подальшого аналізу даних.

Підключення датчика до реєструючого пристрою здійснюється за допомогою трьох проводів: чорного (земля), червоного (живлення) і жовтого (сигнальний). Ця проста схема підключення робить датчик легким у використанні та інтеграції в будь-яку систему автоматизації.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		44



Рисунок 2.22 - Датчик витрати газу

Датчик витрати газу - це пристрій, який використовується для вимірювання кількості газу, що протікає через трубопровід або канал. Він зазвичай використовується в системах газопостачання для моніторингу та контролю витрати газу.

Основний принцип роботи полягає в тому, що датчик вимірює об'єм газу, який протікає через нього за певний період часу. Це може здійснюватися за допомогою різних методів, таких як вимірювання тиску, температури або швидкості потоку газу.

Датчики витрати газу можуть мати різні конструкції та технічні характеристики в залежності від конкретних потреб застосування. Деякі з них можуть бути обладнані електронікою для збору та передачі даних про витрату газу, в той час як інші можуть бути простими механічними пристроями.

Важливою характеристикою датчика витрати газу є його точність та надійність, оскільки ці дані можуть бути використані для розрахунків платежів за спожитий газ або для моніторингу роботи системи газопостачання. Також важливою є можливість легкої установки та обслуговування цього пристрою.

Датчик витрати повітря



Рисунок 2.23 - Датчик витрати повітря

Термодифференціальний масовий витратомір Thermatel моделі ТА2 - це надійний пристрій для вимірювання масової витрати повітря. Він забезпечує точність та надійність у вимірюванні, що робить його ідеальним вибором для різних застосувань. Корпус пристрою є компактним і вибухозахищеним, що забезпечує безпеку його експлуатації в різних умовах.

Блок електроніки, розташований всередині корпусу, має великі можливості, але при цьому залишається простим у використанні. Це дозволяє легко налаштовувати та обслуговувати пристрій, що робить його зручним у використанні для операторів та технічного персоналу.

Модель ТА2 відзначається чудовими експлуатаційними характеристиками та винятковою економічністю. Це дозволяє знижувати витрати на утримання та експлуатацію, збільшуючи в той же час продуктивність та надійність вимірювання.

Регулюючий клапан



Рисунок 2.24 - Регулюючий клапан Belimo PIQCV

Регулюючий клапан Belimo PIQCV - це сучасний пристрій, який застосовується для точного та ефективного регулювання потоку рідини або газу в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Цей клапан забезпечує високу точність і надійність регулювання, що робить його ідеальним вибором для вимогливих додатків.

Belimo PIQCV відомий своєю високою якістю конструкції і довговічністю. Він оснащений передовими технологіями, які забезпечують плавне і прецизійне регулювання потоку. Крім того, цей клапан має компактні розміри і легкий дизайн, що спрощує процес монтажу та обслуговування.

Однією з ключових особливостей Belimo PIQCV є його висока енергоефективність. Він дозволяє ефективно контролювати потік рідини або газу, що дозволяє зменшити споживання енергії і знизити витрати на опалення та кондиціонування повітря. Це робить його привабливим вибором для будь-яких систем опалення та вентиляції, де енергоефективність важлива.

Обґрунтуємо вибір застосованих приладів для котельної установки ТВГ-8М:

- Іонодатчик полум'я: Важливий для виявлення наявності полум'я у пальниках котла. Це забезпечує безпеку експлуатації та уникнення аварійних ситуацій (позиційний номер 1).
- Газоаналізатор МАГ-6П-В: Вимірює концентрацію газів у відходящих від продуктів згоряння газових струмів, що дозволяє контролювати

- ефективність згоряння та виявляти можливі проблеми з горінням (позиційний номер 2).
- Димосос ДН10: Відводить продукти згоряння з котла, забезпечуючи безпеку та ефективність роботи установки (позиційний номер 3).
- Датчик температури ТГП 100ЕК: Вимірює температуру води у котлі, необхідну для контролю процесу нагріву та підтримки оптимального режиму роботи (позиційний номер 4).
- Газовий клапан Kromschroeder VAS: Використовується для регулювання подачі газу до пальників, що дозволяє оптимізувати роботу котельної установки (позиційний номер 5).
- Частотний перетворювач Altivar 38: Використовується для регулювання швидкості обертання електродвигунів, забезпечуючи ефективне управління вентиляторами та насосами (позиційний номер 6).
- Датчик тиску Сапфір-22М: Вимірює тиск в системі, що дозволяє контролювати стан та ефективність роботи обладнання (позиційний номер 7).
- Джерело живлення змінного струму: Забезпечує електроживлення всіх електронних компонентів установки (позиційний номер 8).
- Промисловий контроллер Lagoon-3140: Використовується для програмного управління та моніторингу параметрів роботи установки (позиційний номер 9).
- Вентилятор: Відповідає за циркуляцію повітря у системі, що забезпечує оптимальні умови горіння та теплопередачі (позиційний номер 10).
- Модулі дискретного та аналогового вводу- виводу: Використовуються для зчитування та відправлення сигналів з датчиків та до пристроїв керування (позиційні номери 11, 12, 13).
- Датчик витрати води: Вимірює об'єм води, що проходить через систему, що дозволяє контролювати витрати води та ефективність системи опалення (позиційний номер 14).

- Датчик витрати газу: Вимірює об'єм газу, споживаного котельною установкою, що дозволяє ефективно контролювати його використання (позиційний номер 15).
- Регулюючий клапан Velimo PIQCV: Використовується для точного регулювання об'єму води чи газу, що подається до системи, забезпечуючи оптимальний режим роботи (позиційний номер 16).

Вибір цих приладів обумовлений їхньою важливістю для забезпечення безпеки, ефективності та надійності роботи котельної установки ТВГ-8М. Кожен прилад відповідає певним функціональним вимогам та забезпечує необхідний контроль та регулювання в системі.

2.5 Розробка структурної схеми системи керування

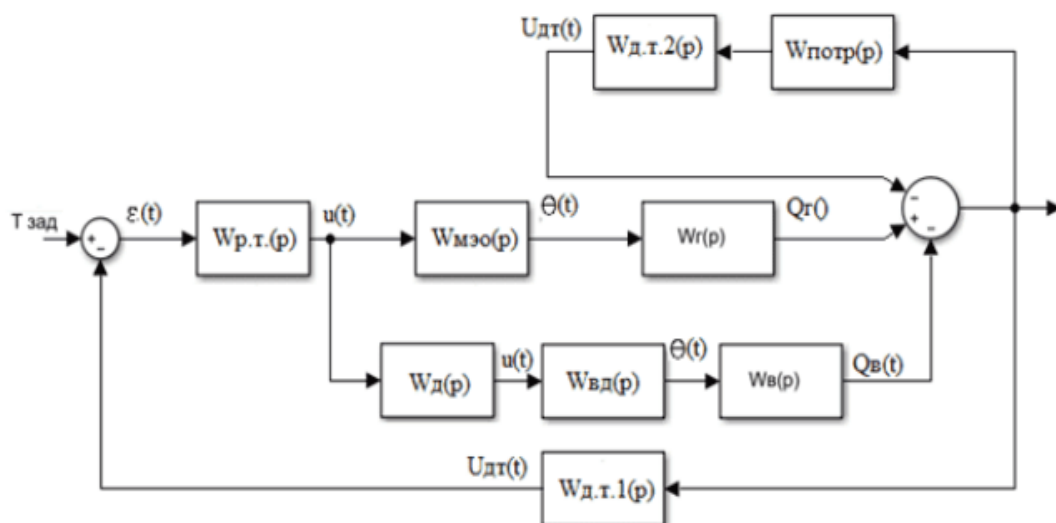


Рисунок 2.25 - Структурна схема керування водогрійного котла в середовищі Simulink

Визначення вхідних і вихідних параметрів об'єкту управління:

- Вхідні параметри: Сигнали від датчиків, які вимірюють температуру води, тиск газу, рівень води тощо.

- Вихідні параметри: Сигнали, що подаються на виконавчі пристрої, такі як витрата газу, положення клапану тощо.
- Фізична природа: Температура, тиск, рівень тощо.
- Кількість та діапазони змін: Залежать від конкретного об'єкту управління і його параметрів. Наприклад, діапазон змін температури може бути від 0 до 100 градусів Цельсія, діапазон витрати газу - від 0 до 1100 м³/год.
- Обґрунтування та розробка структурної схеми системи керування:
- Система керування включає в себе датчики, виконавчі пристрої, блок керування та пульт оператора.
- Функціональні зв'язки між цими елементами відображаються у структурній схемі, яка показує, як кожен елемент взаємодіє з іншими для досягнення поставленої мети.
- Підсистеми системи керування можуть бути реалізовані як програмні (наприклад, управління на основі алгоритмів PID) або апаратні (наприклад, виконавчі пристрої для регулювання витрати газу).

Аналіз вхідних та вихідних параметрів об'єкту управління, їх фізична природа, кількість та діапазони змін, а також розробка структурної схеми системи керування є ключовим етапом у процесі проектування та реалізації ефективних систем управління. Визначення цих параметрів дозволяє належним чином зрозуміти функціонування об'єкту управління та необхідність управління ним. Розробка структурної схеми системи керування відображає функціональні зв'язки між всіма компонентами системи, від датчиків і виконавчих пристроїв до блоку керування та пульта оператора. Цей підхід дозволяє ефективно керувати об'єктом управління та вирішувати різноманітні завдання від регулювання до дослідження параметрів системи.

Підсистеми можуть бути реалізовані як програмно, так і апаратно, залежно від специфіки системи та вимог до її функціонування.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
						50
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.6 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації - це важлива частина проекту, яка відображає логічні зв'язки між різними елементами системи автоматизації та їх функціональність. Основна мета функціональної схеми - це забезпечити зрозуміле та структуроване представлення роботи системи автоматизації.

Функціональна схема включає такі елементи:

- Блоки функцій: Представлені у вигляді прямокутників або кругів, які відображають окремі функції або операції системи.
- Взаємозв'язки між блоками: Показуються стрілками або лініями, які вказують на потік даних, сигналів або керування між різними блоками.
- Опис функцій блоків: Для кожного блоку надається короткий опис його функціональності та завдань.
- Сигнали та зв'язки: Показуються у вигляді стрілок, що вказують напрямок потоку сигналів між різними елементами системи.
- Введення та виведення: Представлені за допомогою відповідних символів, які показують вхідні та вихідні точки блоків.
- Опис взаємозв'язків: Для кожного з'єднання між блоками надається пояснення його призначення та значення.

Функціональна схема дозволяє зрозуміти логіку роботи системи автоматизації, визначити послідовність операцій та взаємозв'язки між різними її складовими частинами. Це важливий інструмент для проектування, розробки та впровадження систем автоматизації в різних галузях промисловості.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		51

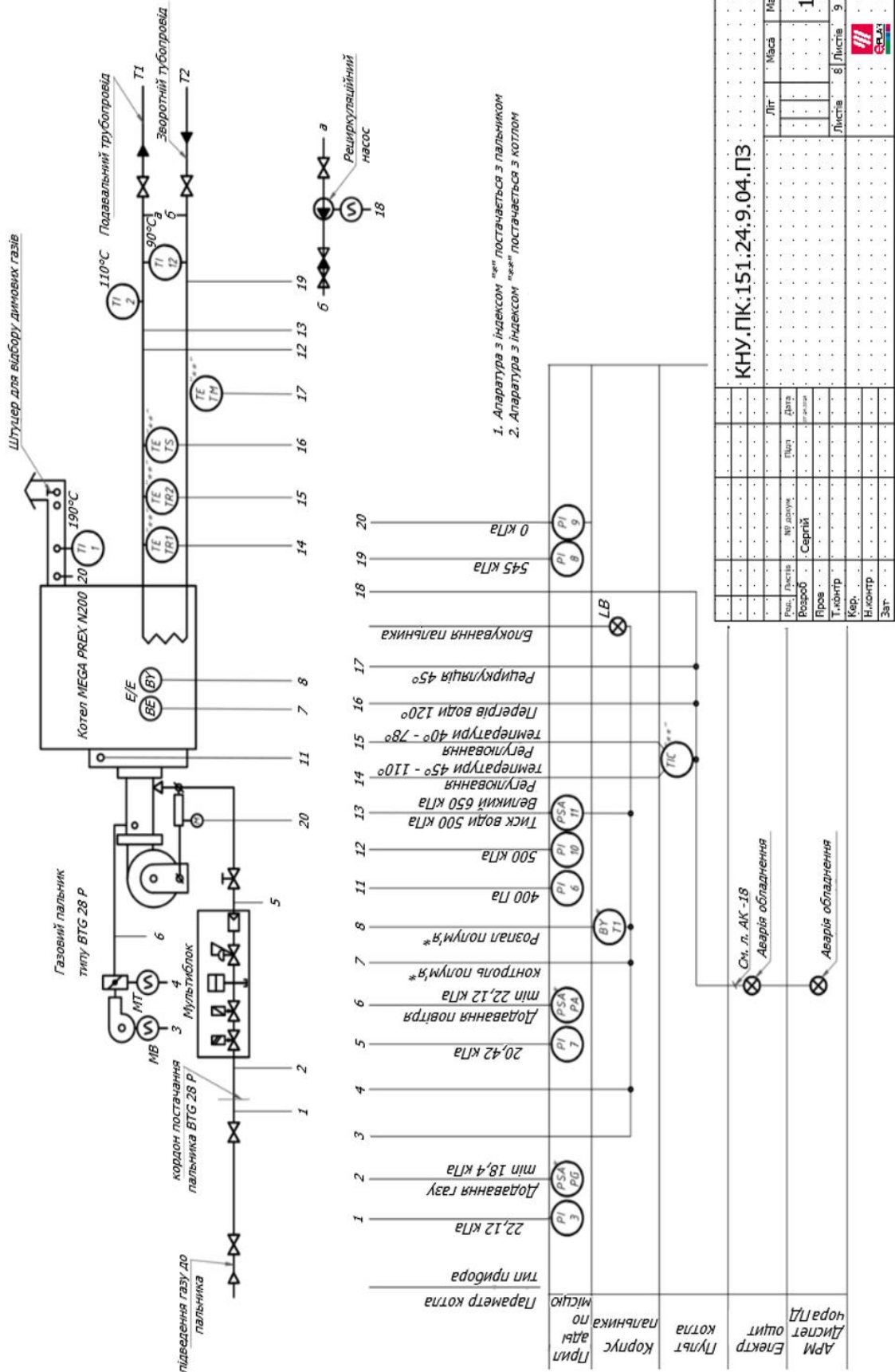


Рисунок 2.26 - Функціональна схема

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

2.7 Розробка схеми електричної принципової

Принципова схема - це візуальне представлення основних компонентів системи або пристрою, яка демонструє їх взаємозв'язки та функціональність на рівні концепції без деталей реалізації. Основна мета принципової схеми - це показати принцип роботи системи чи пристрою, зазначивши взаємозв'язки між її основними складовими.

Принципова схема включає наступні елементи:

- Блоки функцій: Представлені у вигляді символів або прямокутників, які відображають окремі функції чи компоненти системи.
- З'єднання між блоками: Показуються стрілками або лініями, які вказують на потік даних, сигналів або керування між різними блоками.
- Опис функцій блоків: Для кожного блоку надається короткий опис його функціональності та завдань.
- Сигнали та зв'язки: Показуються у вигляді стрілок, що вказують напрямок потоку сигналів між різними елементами системи.
- Введення та виведення: Представлені за допомогою відповідних символів, які показують вхідні та вихідні точки блоків.
- Опис взаємозв'язків: Для кожного з'єднання між блоками надається пояснення його призначення та значення.

Принципова схема допомагає визначити загальний принцип роботи системи чи пристрою, встановити взаємозв'язки між його основними компонентами та зрозуміти логіку роботи системи. Це важливий інструмент для проектування та розробки нових систем та пристроїв.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		53

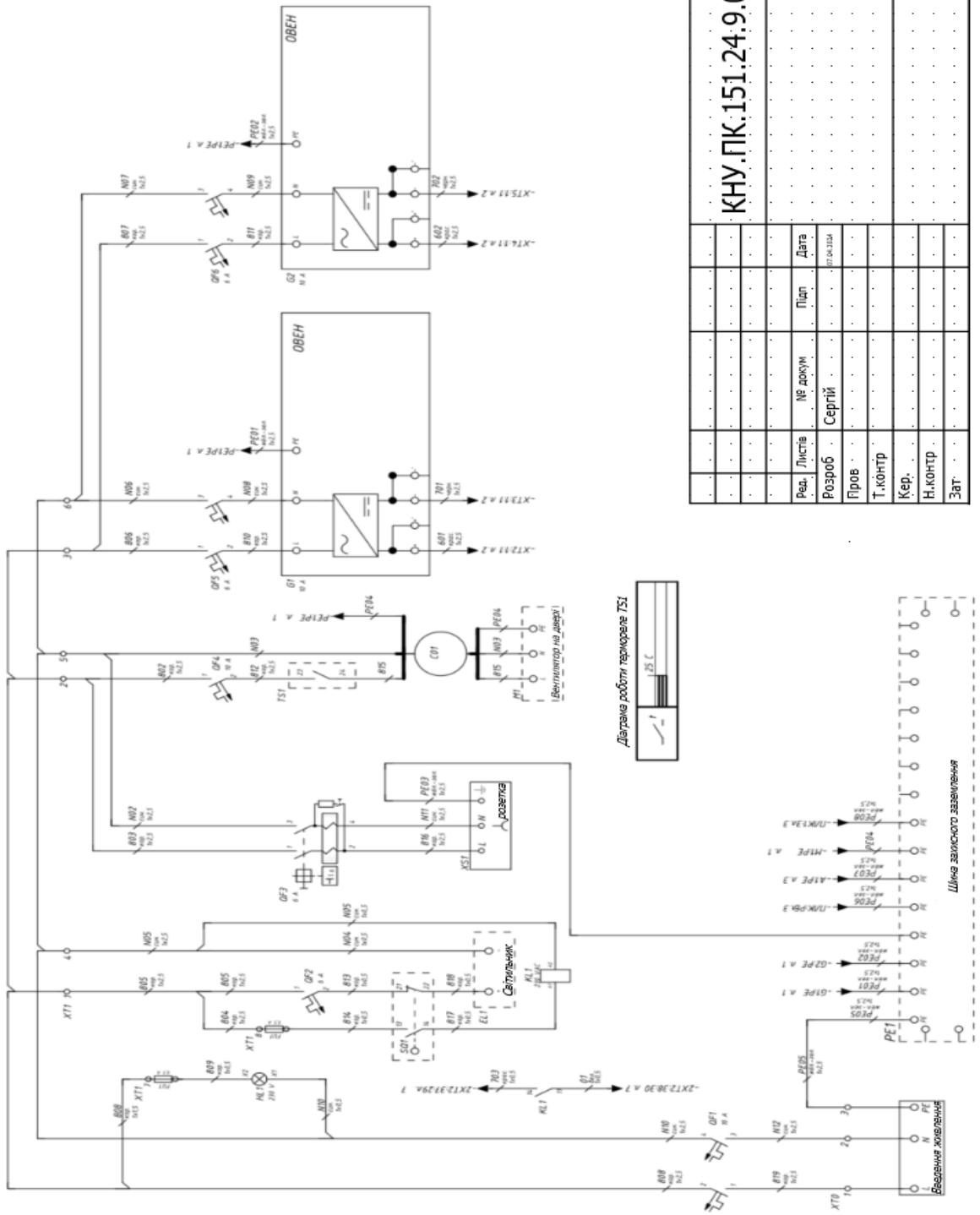


Рисунок 2.27 - Принципова схема

КНУ.ПК.151.24.9.04.ПЗ				Літ	Маса	Масштаб	
						1:1	
Ред. Листів	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб	Сергій		07.04.2024				
Пров.							
Т.контр.				Листів	9	Листів	12
Кер.							
Н.контр.							
Зат.							

2.8 Розробка програмного забезпечення

PLCnext Engineer – це сучасне середовище розробки програмного забезпечення для платформи автоматизації PLCnext від Phoenix Contact. Це потужний інструмент для розробки, тестування і впровадження проектів автоматизації, який забезпечує широкий набір функціональних можливостей та інтеграцію різних технологій в єдиній платформі. Програма підтримує кілька мов програмування, включаючи стандарти IEC 61131-3 (LD, FBD, ST, IL, SFC), що дозволяє розробникам використовувати знайомі інструменти для створення проектів. Вона також підтримує інтеграцію коду на мовах високого рівня, таких як C/C++ та Python, для реалізації складних алгоритмів і функцій.

PLCnext Engineer має зручний інтерфейс користувача, який дозволяє легко управляти проектами, конфігурувати контролери та додавати нові компоненти. Програма містить інструменти для налагодження, включаючи онлайн-симуляцію, моніторинг змінних і налаштування точок зупину. Завдяки підтримці операційної системи реального часу забезпечується висока продуктивність і надійність.

Інтегрований редактор НМІ дозволяє створювати користувацькі інтерфейси з графічними елементами, такими як графіки, гістограми, кнопки та області введення. Програма підтримує динамічні форми відображення даних і інтерактивні елементи управління.

PLCnext Engineer широко використовується в різних галузях промисловості для автоматизації технологічних процесів, включаючи виробництво, енергетику, транспорт і будівництво.

PLCnext Engineer є потужним інструментом для створення комплексних рішень в області автоматизації. Завдяки своїм широким можливостям і гнучкості, він дозволяє розробникам ефективно реалізовувати проекти будь-якої складності.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		55

2.9 Конфігурування програмованого логічного контролера

Процедура трансляції здійснює зв'язок між апаратним та реальним значенням одного каналу, тоді як процедура перетворення співвідносить користувачке значення даного каналу з реальним значенням одного або декількох каналів. Цей проект автоматизації включає два основні компоненти: контролер PLCnext (модуль аналогового вводу-виводу АХС F 1152) та автоматизоване робоче місце (АРМ, мережа, М-link).

Відкриваємо програму PLCnext Engineer. Потім створюємо новий проект, обравши опцію "File" -> "New Project".

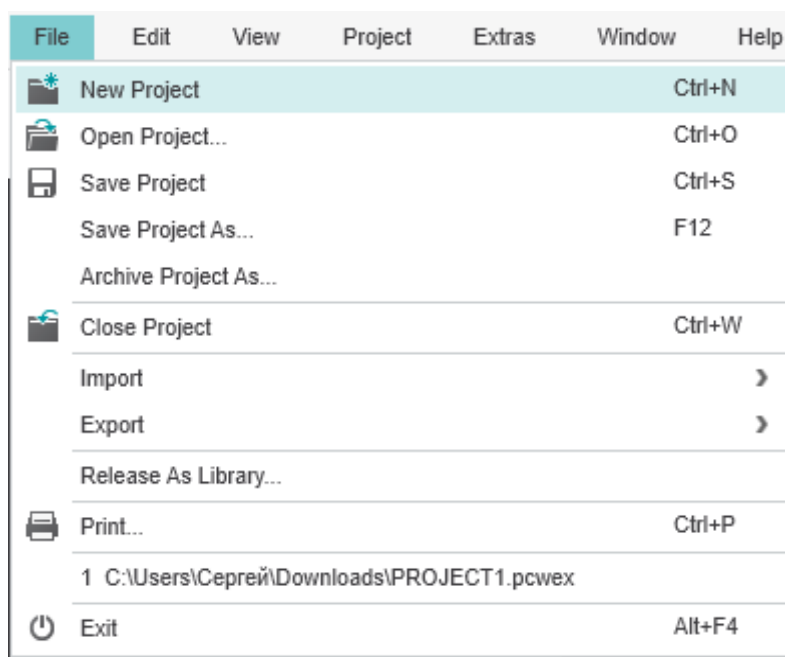


Рисунок 2.28 - Створення нового проекту

Додамо контролер АХС F 1152 до проекту, вибравши відповідний контролер у бібліотеці апаратних засобів.

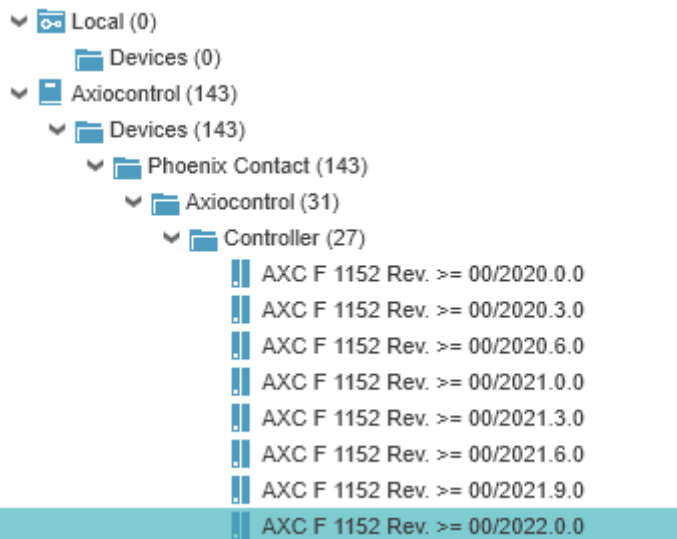


Рисунок 2.29 - Додавання контролера АХС F 1152

Визначимо канали для вимірюваних вхідних величин: витрата води, тиск пари, температура вихідних газів, тиск повітря, тиск газу перед пальником, тиск газу після клапана, витрата газу, тиск перегрітого пари, тиск у топці.

Для кожного каналу встановимо наступні параметри: назва, одиниця виміру, коментар, прапор доступу, початкове значення для роботи при запуску, а також граничні значення.

Variables												
Name	Type	Usage	Translate	Comment	Init	Retain	Constant	OPC	HMI	Proficloud	I/Q	
Time_Constant	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Derivative	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
TimeConstant_PID	TIME	Local	<input type="checkbox"/>		T#0s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
AnalogInput	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
StartPID	BOOL	Local	<input type="checkbox"/>		FALSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Adjustment	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
NewProcessVariable	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawWaterFlowInput	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawSteamPressureInput	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawExhaustGasTempln...	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawAirPresureInput	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawGasPressureBefor...	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawGasPressureBetwe...	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawGasFlowInput	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawSuperheatedSteam...	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
RawFurnacePressureIn...	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Рисунок 2.30 - Конфігурування каналів вхідних сигналів

Функціональні блоки для масштабування вхідних величин - це програмні засоби, які дозволяють змінювати масштаб значень вхідних сигналів з одного діапазону на інший. Наприклад, якщо вхідний сигнал подається з діапазону 0-10 В, але потрібно отримати значення від 0 до 10000, то за допомогою функціонального блоку масштабування можна це здійснити. Ці блоки дозволяють налаштувати відповідність між вхідними і вихідними значеннями, враховуючи різницю у масштабах.

Variables у блоку масштабування (Scale) використовуються для визначення вхідних та вихідних значень, що масштабуються, а також для налаштування параметрів масштабування, таких як масштабні коефіцієнти та зміщення.

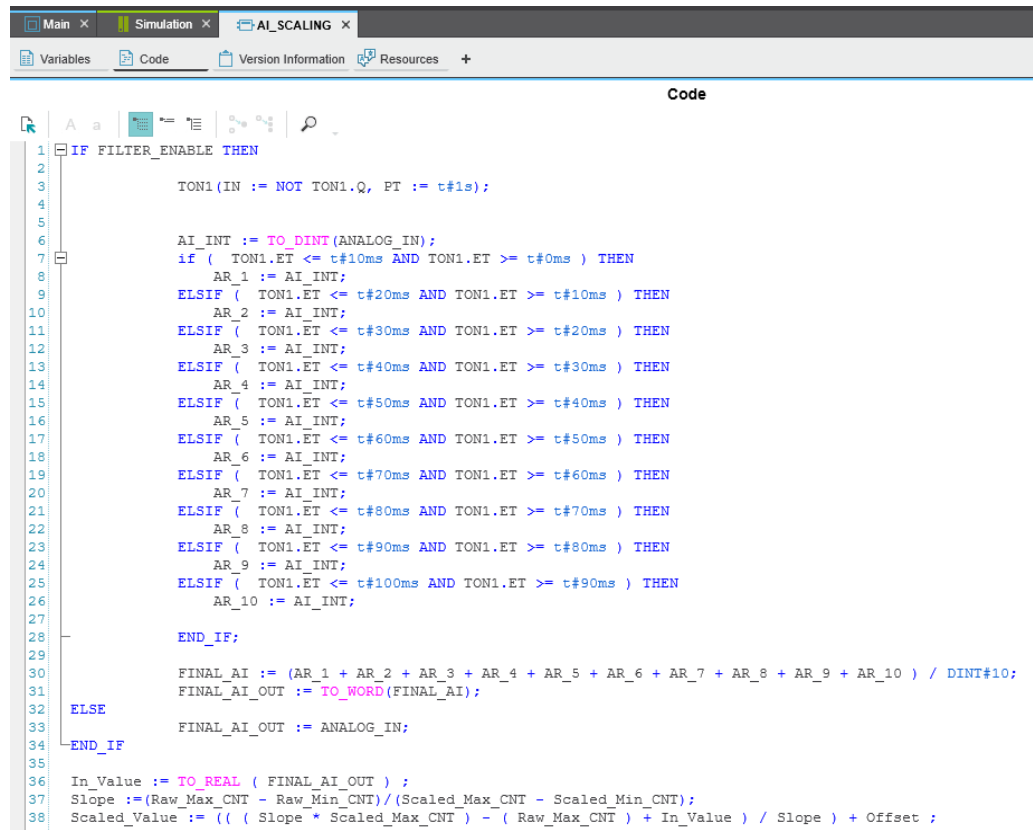
Задамо Параметри блоку масштабування.

Name	Type	Usage	Translate	Comment	Init	Access	Retain	Constant	OPC	HMI	Proficloud	I/Q
▼ NewGroup												
ANALOG_IN	WORD	Input	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
FINAL_AI_OUT	WORD	Local	<input type="checkbox"/>		WORD#16#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
FINAL_AI	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AI_INT	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TON1	TON	Local	<input type="checkbox"/>			Private						
AR_10	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_9	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_8	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_7	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_6	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_5	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_4	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_3	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_2	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AR_1	DINT	Local	<input type="checkbox"/>		DINT#0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Slope	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Raw_Max_CNT	REAL	Input	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Raw_Min_CNT	REAL	Input	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Scaled_Max_CNT	REAL	Input	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Scaled_Min_CNT	REAL	Input	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
In_Value	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	Private	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Scaled_Value	REAL	Output	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Offset	REAL	Input	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Enter variable name here												
▼ Default												
FILTER_ENABLE	BOOL	Input	<input type="checkbox"/>		FALSE				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Enter variable name here												

Рисунок 2.31 - Параметри блоку масштабування

Код для функціонування цього блоку включає в себе налаштування вхідних і вихідних діапазонів значень, а також можливість обробки сигналів з врахуванням цих параметрів.

Напишемо код для масштабування вхідних значень у вихідні значення.



```
1 IF FILTER_ENABLE THEN
2
3     TON1(IN := NOT TON1.Q, PT := t#1s);
4
5
6     AI_INT := TO_DINT(ANALOG_IN);
7     if ( TON1.ET <= t#10ms AND TON1.ET >= t#0ms ) THEN
8         AR_1 := AI_INT;
9     ELSIF ( TON1.ET <= t#20ms AND TON1.ET >= t#10ms ) THEN
10        AR_2 := AI_INT;
11    ELSIF ( TON1.ET <= t#30ms AND TON1.ET >= t#20ms ) THEN
12        AR_3 := AI_INT;
13    ELSIF ( TON1.ET <= t#40ms AND TON1.ET >= t#30ms ) THEN
14        AR_4 := AI_INT;
15    ELSIF ( TON1.ET <= t#50ms AND TON1.ET >= t#40ms ) THEN
16        AR_5 := AI_INT;
17    ELSIF ( TON1.ET <= t#60ms AND TON1.ET >= t#50ms ) THEN
18        AR_6 := AI_INT;
19    ELSIF ( TON1.ET <= t#70ms AND TON1.ET >= t#60ms ) THEN
20        AR_7 := AI_INT;
21    ELSIF ( TON1.ET <= t#80ms AND TON1.ET >= t#70ms ) THEN
22        AR_8 := AI_INT;
23    ELSIF ( TON1.ET <= t#90ms AND TON1.ET >= t#80ms ) THEN
24        AR_9 := AI_INT;
25    ELSIF ( TON1.ET <= t#100ms AND TON1.ET >= t#90ms ) THEN
26        AR_10 := AI_INT;
27
28    END_IF;
29
30    FINAL_AI := (AR_1 + AR_2 + AR_3 + AR_4 + AR_5 + AR_6 + AR_7 + AR_8 + AR_9 + AR_10 ) / DINT#10;
31    FINAL_AI_OUT := TO_WORD(FINAL_AI);
32 ELSE
33     FINAL_AI_OUT := ANALOG_IN;
34 END_IF
35
36 In_Value := TO_REAL ( FINAL_AI_OUT ) ;
37 Slope :=(Raw_Max_CNT - Raw_Min_CNT)/(Scaled_Max_CNT - Scaled_Min_CNT);
38 Scaled_Value := (( ( Slope * Scaled_Max_CNT ) - ( Raw_Max_CNT ) + In_Value ) / Slope ) + Offset ;
39
```

Рисунок 2.32 - Код масштабування вхідних значень у вихідні значення

Блоки масштабування (Scaling Blocks), щоб перетворити вхідні аналогові сигнали в бажані одиниці вимірювання або шкали.

Зформуємо необхідні блоки масштабування.

точно і стабільне управління системою. Його широко використовують в різних галузях, включаючи промисловість, робототехніку, авіацію і побутову техніку, для підтримки постійного рівня температури, тиску, швидкості, положення і інших параметрів.

Зробимо змінні які використовуються для налаштування та виконання операцій у PID-регуляторі. Вони контролюють запуск регулятора, визначають поточне та цільове значення процесу, регулюють вихідний сигнал регулятора та впливають на його чутливість до змін вхідних даних та час відгуку.

Variables												
Name	Type	Usage	Translate	Comment	Init	Retain	Constant	OPC	HMI	Proficloud	I/Q	
PID_Output	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Process_Variable	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
SetPoint	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Loop_Offset	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Amp_Factor	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Time_Constant	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Derivative	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
TimeConstant_PID	TIME	Local	<input type="checkbox"/>		T#0s	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
AnalogInput	REAL	Local	<input type="checkbox"/>		REAL#0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
StartPID	BOOL	Local	<input type="checkbox"/>		FALSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Рисунок 2.34 - Зробили змінні які використовуються для налаштування та виконання операцій у PID - регуляторі

Зробимо програму яка виконує процес керування з використанням PID-регулятора для управління системою залежно від зміни вхідних значень та параметрів регулятора.


```

1 Process_Variable := AnalogInput;
2 Amp_Factor := -0.5;
3
4 Time_Constant :=100.0;
5 Loop_Offset := 1;
6 Derivative := 1.0;
7
8 Adjustment := PID_Output;
9
10 IF Process_Variable > 0 then StartPID := True;
11 ELSE StartPID := False;
12 END_IF;
13
14 NewProcessVariable := Process_Variable +PID_Output;
15 Process_Variable := NewProcessVariable;
16
17
18

```

Рисунок 2.35 – Програма яка виконує процес керування, з використанням PID-регулятора, для управління системою

Опис кожного з елементів PID-регулятора:

Input 5 – вхідний сигнал, що надходить до PID-регулятора. Може бути сигналом від датчика або іншого вимірювального пристрою.

StartPID – сигнал запуску PID-регулятора. Використовується для початку роботи регулятора. Може бути кнопкою або командою від оператора.

Process_Variable – змінна процесу, яка представляє поточне значення параметра, що контролюється, наприклад, температура, тиск або рівень рідини. Це вхідний сигнал, який порівнюється з заданим значенням.

Setpoint – задане значення параметра, до якого прагне система. Це мета, яку повинен досягти PID-регулятор.

Loop_Offset – зміщення контуру, яке додається до вихідного сигналу PID-регулятора для компенсації постійних відхилень. Використовується для точного налаштування регулятора.

Amp_Factor – коефіцієнт підсилення, який визначає, наскільки сильно пропорційна складова регулятора реагує на помилку. Впливає на швидкість реакції системи на відхилення.

Time_Constant – часова стала інтегральної складової, яка визначає швидкість, з якою інтегральна складова реагує на накопичену помилку. Визначає, як швидко система коригує постійні відхилення.

Derivative – коефіцієнт диференційної складової, який визначає, наскільки сильно диференційна складова реагує на швидкість зміни помилки. Впливає на здатність системи зменшувати перерегулювання.

TimeConstant_PID – загальна часова стала для всього PID-регулятора, яка визначає його загальну динаміку. Включає часові сталі для всіх трьох складових регулятора.

PID_Output – вихідний сигнал PID-регулятора, який надходить на керуючий пристрій, такий як клапан, мотор або інший виконавчий механізм. Це скоригований сигнал, який допомагає досягти заданого значення параметра.

Зберемо цей блок для функціонування PID-регулятора.

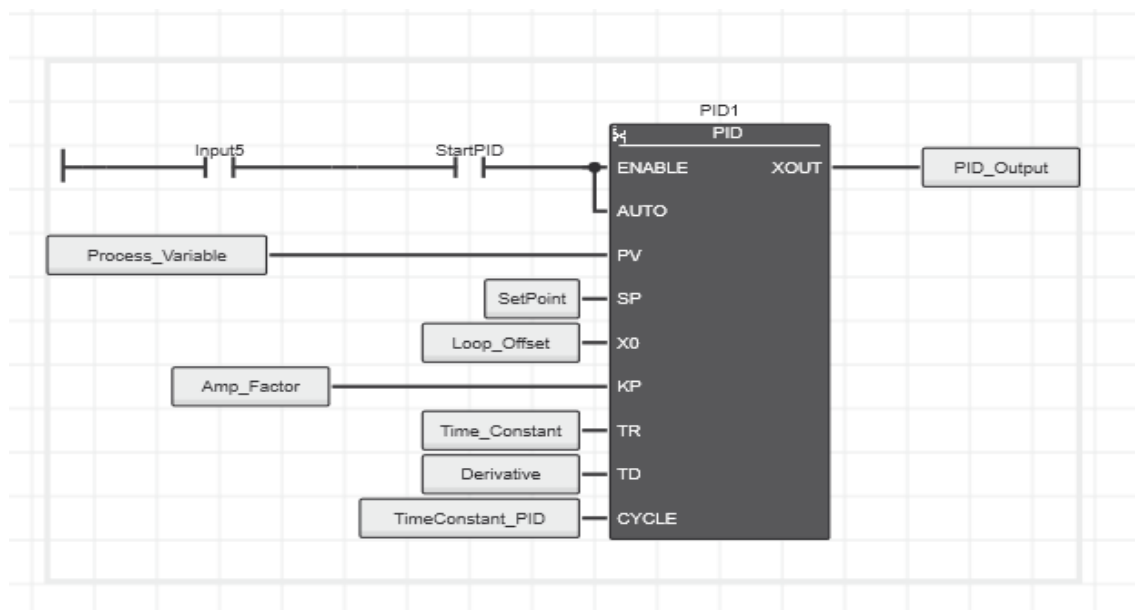


Рисунок 2.36 – Зібраний блок PID-регулятора

2.10 Розробка програмного забезпечення для SCADA системи

Створення графічної частини проекту в PLCnext Engineer починається з запуску програми та створення нового проекту. Після відкриття програми виберіть "File" -> "New Project", щоб розпочати роботу над новим проектом.

Далі додається контролер АХС F 1152 до проекту. Це робиться шляхом вибору відповідного контролера у бібліотеці апаратних засобів та додавання його до проекту.

Наступним кроком є налаштування бази каналів для вимірюваних величин, таких як витрата води, тиск пари, температура вихідних газів, тиск повітря, тиск газу перед пальником, тиск газу після клапана, витрата газу, тиск перегрітого пари, тиск у топці. Ці параметри задаються у відповідних полях конфігурації контролера.

Графічна частина проекту розробляється у візуальному редакторі PLCnext Engineer. Спочатку створюється статична схема технологічного процесу, яка служить основою для подальшого додавання динамічних елементів. До таких елементів належать графіки, гістограми, кнопки, поля введення значень та області, що дозволяють переходити до інших графічних фрагментів.

Всі графічні елементи пов'язані з базою каналів, яка була налаштована раніше. Це дозволяє відображати реальні дані та здійснювати керування процесами безпосередньо з графічного інтерфейсу. В редакторі можна створювати як прості статичні елементи, так і складні динамічні об'єкти, що реагують на зміни параметрів.

Графічні екрани можуть включати функціональні схеми, які відображають структуру технологічного процесу і взаємозв'язки між його компонентами. Крім того, на екрані розміщуються кнопки керування, що

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		64

дозволяють оператору взаємодіяти з процесом: запускати, зупиняти та регулювати параметри. Це значно підвищує ефективність та зручність управління технологічним процесом. Проект зберігається у відповідній директорії, що дозволяє легко завантажувати та редагувати його у будь-який момент. Усі зміни у проекті відображаються у реальному часі, що забезпечує точне та оперативне управління процесами.

Авторизація в PLCnext перед симуляцією необхідна для забезпечення безпеки та обмеження доступу до системи. Основна мета авторизації - перевірка ідентифікації користувача та його прав доступу до функціоналу контролера. Це може включати права на зміну програми, налаштування системи, доступ до конфіденційної інформації тощо.

Авторизація перед симуляцією важлива, оскільки під час симуляції можуть відбуватися тестові операції та зміни в програмі, які можуть мати великий вплив на реальну систему. Обмеження доступу до симуляції забезпечує контроль над процесом тестування і запобігає непередбаченим змінам, які можуть виникнути внаслідок несанкціонованого доступу або помилок користувача.

Таким чином, авторизація в PLCnext перед симуляцією допомагає забезпечити безпеку та стабільність проекту, зменшуючи ризик виникнення непередбачених проблем під час тестування та розробки програмного забезпечення.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		65

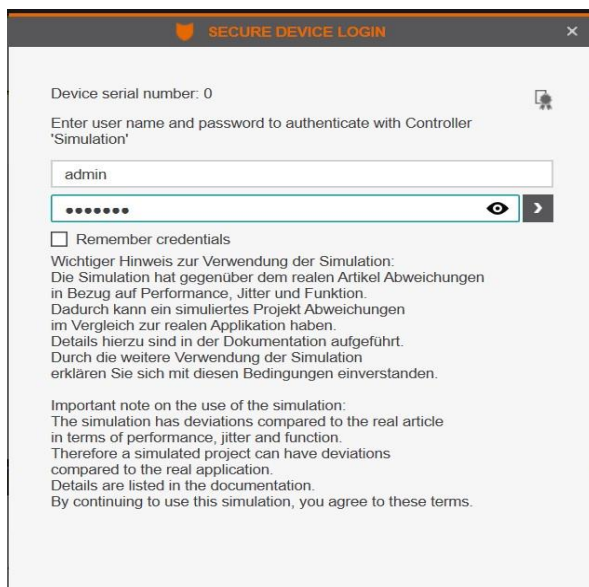


Рисунок 2.37 – Вікно для Авторизації в PLCnext

Додамо функціональна схему технологічного процесу і прив'яжемо кожний текст до змінної.

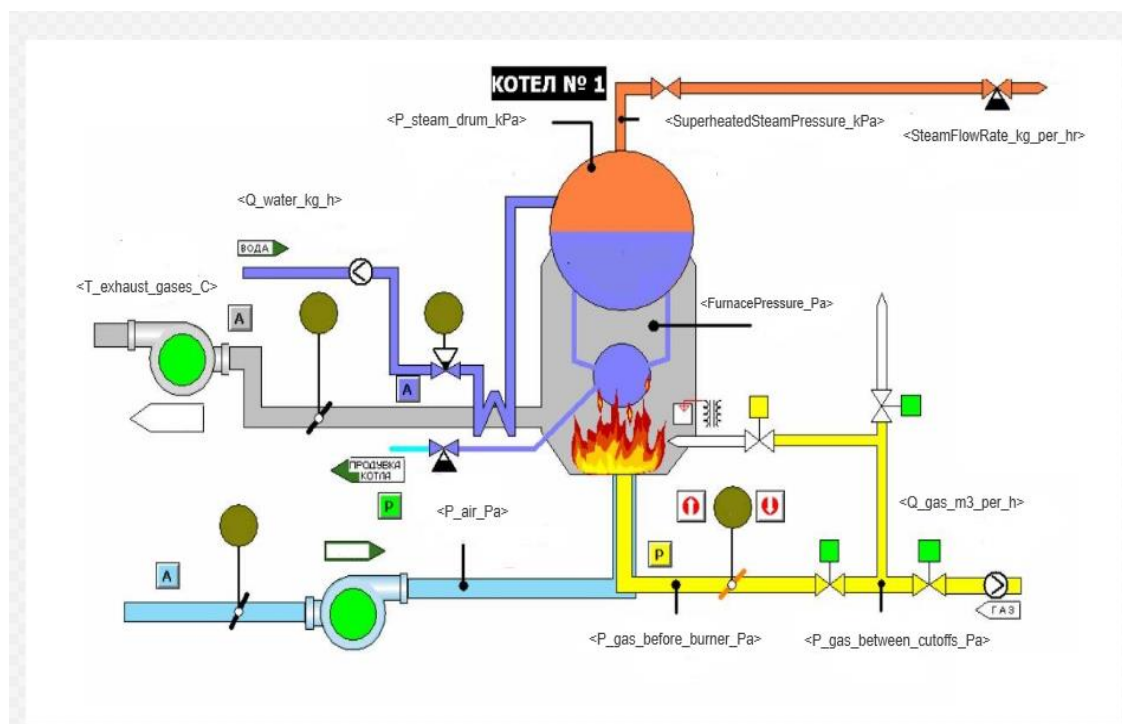


Рисунок 2.38 – Функціональна схема технологічного процесу

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

Висновки до розділу

В даному розділі було виконано комплекс робіт, спрямованих на автоматизацію котельної установки, включаючи розробку системи автоматичного керування (САК) та її програмно-технічну реалізацію. Спочатку було проведено детальний аналіз технологічного процесу котельної установки, що дозволило визначити ключові параметри для контролю та регулювання, такі як витрата води, тиск пари, температура вихідних газів та інші.

На основі цього аналізу було створено функціональну схему автоматизації, яка включає всі необхідні контури керування та датчики для збору даних. Використовуючи PLCnext Engineer, було розроблено програмне забезпечення для контролера АХС F 1152, яке забезпечує стабільну роботу котельної установки в автоматичному режимі.

Для візуалізації та зручності керування технологічним процесом було створено графічний інтерфейс у PLCnext Engineer. Цей інтерфейс включає функціональні схеми, що дозволяють оператору контролювати стан системи в режимі реального часу, а також здійснювати необхідні коригування параметрів. Особлива увага була приділена забезпеченню інтуїтивності та зручності користування інтерфейсом, що сприяє зниженню ймовірності помилок оператора.

Було реалізовано механізм авторизації перед запуском симуляції, що забезпечує безпеку та цілісність даних, дозволяючи тільки уповноваженим користувачам вносити зміни в систему.

Результати роботи підтвердили ефективність розробленої системи автоматизації, яка забезпечує надійне та безперервне управління технологічним процесом котельної установки, підвищуючи її продуктивність та знижуючи операційні ризики.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Тема дипломної роботи "Автоматизація котельної установки з розробкою системи візуалізації" охоплює комплексну розробку системи автоматичного керування для котельної установки з використанням сучасних програмно-технічних засобів. У ході роботи було виконано детальний аналіз технологічного процесу котельної установки, що дозволило виявити критичні параметри для контролю та регулювання.

Основним результатом роботи стало створення функціональної схеми автоматизації, яка включає всі необхідні контури керування, датчики та виконавчі механізми. Використовуючи програму PLCnext Engineer, було розроблено програмне забезпечення для контролера АХС F 1152, яке забезпечує стабільне та надійне керування котельною установкою в автоматичному режимі.

Особливу увагу було приділено розробці інтуїтивно зрозумілого та зручного графічного інтерфейсу. Цей інтерфейс включає функціональні схеми та інструменти для візуалізації, що дозволяють оператору контролювати всі аспекти роботи котельної установки в режимі реального часу. Інтерфейс також надає можливість оперативного внесення коригувань до налаштувань системи, що забезпечує гнучкість та ефективність управління.

Загалом, виконана робота підтвердила ефективність розробленої системи автоматизації, яка забезпечує надійне та безперервне керування котельною установкою, підвищує її продуктивність, знижує операційні ризики та покращує умови праці персоналу.

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Смолій С.С.</i>			ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Рубан С.А.</i>					68	73
<i>Н.контроль</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ – 20</i>			
<i>Затвердив.</i>		<i>Тронь В.В.</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баранов О.В., Петров, І.М. (2017). Автоматизація технологічних процесів і виробництв. Київ: Техніка.
2. Гаврилук Ю.П. (2015). Автоматизація систем управління. Харків: Прапор.
3. Дорошенко А.В. (2018). Програмування та експлуатація систем управління на базі контролерів. Львів: Енергетика.
4. Ілюшина В.М., Іванова, І.В. (2019). Основи автоматизації промислових процесів. Київ: Академія.
5. Кривцов В.В., Савельєв, М.А. (2016). Технічні засоби автоматизації: Навчальний посібник. Київ: Гаряча лінія - Телеком.
6. Михайлов А.Ю., Петров І.Н. (2020). Системи управління і автоматика. Харків: БХВ-Україна.
7. Румянцев Є.В., Фролов П.М. (2018). Автоматизовані системи управління технологічними процесами. Київ: Логос.
8. Соколов А.А. (2015). Проектування систем автоматизації. Київ: Наука.
9. Широков С.В. (2019). Контролери та їх застосування в системах автоматизації. Харків: КОРОНА-друк.
10. PLCnext Engineer. Посібник користувача. (2021). Київ: Phoenix Contact. Доступно за адресою: <https://www.phoenixcontact.com/>.
11. Міжнародний стандарт МЕК 1131-3. (2017). Програмовані логічні контролери. Частина 3: Ядро та мовні засоби.
12. Голованов, Н. Н., & Іванищев, В. В. (2018). Технології програмування ПЛК. Київ: Діалектика.

					КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Смолій С.С.</i>				СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ		
<i>Перевірів</i>	<i>Рубан С.А.</i>						
					69	73	
<i>Н.контроль</i>	<i>Маринич І.А.</i>				КНУ АКІТ – 20		
<i>Затвердив.</i>	<i>Тронь В.В.</i>						

13. Козлов, В. А. (2016). Інтеграція систем автоматизації. Київ: Гаряча лінія - Телеком.
14. Технічна документація на обладнання котельних установок. (2020). Завод "Теплоавтомат", Київ: Теплоавтомат.
15. Гончарук, В. П., & Ковальчук, М. С. (2017). Системи автоматичного управління тепловими процесами. Київ: Політехніка.
16. Моркун Н. В., Маринич І. А. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавру для студентів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології". Кривий Ріг : Видавничий центр КНУ, 2019. 50 с.
17. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ, ДП «УкрННЦ», 2015. 26с. (Інформація та документація).
18. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання Київ, ДП «УкрННЦ», 2016. 16 с. (Інформація та документація).
19. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень в українській мові. Загальні вимоги та правила. Київ, ДП «УкрННЦ», 2013. 23 с. (Інформація та документація)
20. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення Київ, Держстандарт України, 1998. 27 с. (Інформація та документація).

					<i>КНУ КРБ.151.24.09.02.ПЗ</i>	Арк.
						70
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		