

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім.
проф. А.П. Ладанюка

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Андрій ФОРСЮК _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ярослав СМІТЮХ _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024 р.

« ___ » _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Комп'ютерні технології та програмування в
автоматизованих системах управління

на тему: Автоматизована система керування паровим котлом з підсистемою
корекції солемісту в котловій воді

Виконав: здобувач 2 курсу, групи АК-2-3М

_____ Карунтаєв Олександр Павлович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Заєць Наталія Анатоліївна _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «07» жовтня 2024 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	7 жовтня 2024 р.	виконано
2	Розділ 1	1-2 тиждень	виконано
3	Розділ 2	2-3 тиждень	виконано
4	Розділ 3	4-5 тиждень	виконано
5	Розділ 4	6-8 тиждень	виконано
6	Підготовка матеріалів до захисту	9 тиждень	виконано
7	Захист кваліфікаційної роботи	10 тиждень	виконано

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Карунтаєв О. П.

(прізвище та ініціали)

Заєць Н.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена розробці автоматизованої системи керування паровим котлом з підсистемою корекції горіння за вмістом кисню в димових газах. Метою дослідження є підвищення ефективності роботи котла, зменшення теплових втрат і шкідливих викидів шляхом точного контролю параметрів горіння в реальному часі.

У роботі запропоновано методикау моніторингу та автоматичного корегування процесу горіння на основі вимірювання вмісту кисню в димових газах. Для цього розроблено математичну модель котла та алгоритми керування, які враховують динамічні зміни параметрів горіння. Важливим аспектом є інтеграція системи автоматизованого контролю з існуючим обладнанням котла для забезпечення оптимальних умов горіння при мінімальних викидах шкідливих речовин та максимальної енергетичної ефективності.

В рамках дослідження також проведено тестування та аналіз роботи системи в умовах реального виробництва, що дозволило оцінити її вплив на зниження рівня забруднення атмосфери та покращення економічних показників експлуатації котла.

Розроблена система забезпечує високу точність корекції горіння та адаптацію до змінних умов роботи, що робить її перспективною для впровадження в промислових котельнях та теплових станціях. Впровадження цієї системи сприятиме підвищенню енергоефективності та зниженню екологічного навантаження на навколишнє середовище.

ABSTRACT

The master's thesis is dedicated to the development of an automated control system for a steam boiler with a combustion correction subsystem based on the oxygen content in the flue gases. The aim of the research is to improve the boiler's efficiency, reduce heat losses, and minimize harmful emissions by accurately controlling the combustion parameters in real-time.

The work proposes a methodology for monitoring and automatically adjusting the combustion process based on measuring the oxygen content in the flue gases. To achieve this, a mathematical model of the boiler and control algorithms have been developed, which account for dynamic changes in combustion parameters. An important aspect of the work is the integration of the automated control system with the existing boiler equipment to ensure optimal combustion conditions with minimal harmful emissions and maximum energy efficiency.

The study also includes testing and analysis of the system's performance in real-world production conditions, which allowed for an evaluation of its impact on reducing atmospheric pollution levels and improving the economic indicators of boiler operation.

The developed system ensures high accuracy in combustion correction and adapts to changing operating conditions, making it promising for implementation in industrial boiler rooms and thermal power stations. The introduction of this system will contribute to enhanced energy efficiency and a reduction in the environmental impact on the surrounding area.

ЗМІСТ

Список умовних позначень	7
Вступ.....	8
Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при..... побудові систем управління.....	10
1.1. Аналіз видів парових котлів для ТЕЦ в промисловості та їх..... системи керування	10
1.2. Принцип функціонування жаротрубних котлоагрегатів	11
1.3. Принцип функціонування водотрубних котлоагрегатів.....	12
Розділ 2. Загальносистемні рішення.....	14
2.1 Аналіз систем керування парових котлоагрегатів.....	14
2.2 Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання.....	16
2.3. Опис функцій, що автоматизуються	18
2.4 Використання моделей в системах керування паровими котлами.....	22
2.5 Параметрична модель об'єкту автоматизації.....	24
Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом	27
3.1 Схема автоматизації та специфікація	27
3.2 Схеми електричні принципи.....	43
3.3. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК	47
Розділ 4. Розробка програмного забезпечення.....	49
4.1. Розробка людино машинного інтерфейсу	49
4.2. Програма системи регулювання співвідношення паливо – повітря з корекцією по кисню.....	54
Висновки	63
Список використаної літератури	65

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВР - автоматичне введення резерву;

АПВ - автоматичне повторне включення;

АЧР - автоматичне частотне розвантаження;

БНС - блокування від кидка намагнічуваного струму;

ВМП - визначення місця пошкодження;

ВРП - відкриті розподільні пристрої;

ВПЛ- вільно програмована логіка;

ЖА - журнал аварій;

ЖС - журнал подій;

ЗМН - захист мінімальної напруги;

ХОВ – хімічно очищена вода

ПТЕ – правила технічної експлуатації

ТЕЦ – тепло-електро централь

ВСТУП

Автоматизація є важливою складовою сучасного технологічного процесу в енергетиці. Одним із критично важливих аспектів у роботі парових котлів є контроль і корекція по вмісту кисню в димових газах.

Вміст кисню в димових газах при роботі парового котла має кілька важливих впливів на ефективність його роботи та екологічні показники:

1. Ефективність згоряння палива:

Якщо вміст кисню в димових газах занадто високий, це може свідчити про недостатнє згоряння палива. Надмірна кількість кисню означає, що паливо не використовується повністю, і таким чином зменшується теплотворна здатність процесу.

Якщо кисню в димових газах занадто мало, це може свідчити про недостатнє постачання кисню для згоряння, що призводить до утворення неповного згоряння, з наявністю шкідливих викидів, таких як чадний газ (CO) або інші продукти неповного згоряння.

2. Теплові втрати:

Високий вміст кисню в димових газах може збільшити теплові втрати, оскільки кисень також поглинає частину тепла. Це може знижувати загальну ефективність котла.

Оптимальний рівень кисню дозволяє забезпечити максимальну теплофікацію при мінімальних втратах енергії.

3. Викиди шкідливих речовин:

Високий рівень кисню в димових газах може сприяти утворенню оксидів азоту (NO_x), що є шкідливими для навколишнього середовища. Оксиди азоту утворюються при високих температурах у присутності кисню.

Занадто низький рівень кисню може призвести до утворення чадного газу (CO), який є отруйним і небезпечним для здоров'я.

4. Контроль процесу горіння:

Вміст кисню є важливим індикатором для автоматизованих систем управління, які регулюють подачу палива та повітря в котел для забезпечення оптимальних умов горіння.

Надмірна подача повітря (збільшення кисню) або недостача повітря може спричинити коливання в роботі котла, знижуючи його стабільність і ефективність.

Отже, контроль вмісту кисню в димових газах є критичним для забезпечення ефективної роботи парового котла, зменшення шкідливих викидів і максимізації теплофікації..

Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові систем управління.

1.1. Аналіз видів парових котлів для ТЕЦ в промисловості та їх системи керування

Котлоагрегат — це пристрій, що використовує теплову енергію, отриману при спалюванні палива, для вироблення гарячої води або водяної пари. Основними складовими котла є топка та теплообмінні поверхні. Топка, або топкова камера, є частиною котла, де відбувається спалювання палива. У котел подається вода, яка називається живильною. Вона нагрівається та перетворюється на насичену або перегріту пару з необхідними параметрами — тиском і температурою. Основним споживачем пари, що виробляється в котлах, є парові установки. Котлоагрегати можна поділити на парові та водогрійні залежно від отриманого продукту. На промислових ТЕЦ, де виробляється електроенергія з пари, використовують парові котли різних типів.

Парові котлоагрегати класифікуються за кількома ознаками:

1. За режимом руху теплообмінюваних середовищ (води, пари, димових газів): жаротрубні та водотрубні;
2. За типом палива: газові, мазутні, вугільні, газомазутні;
3. За призначенням: опалювальні, виробничо-опалювальні, енергетичні;
4. За типом теплоносія: парові та водогрійні;
5. За аеродинамічним режимом топки: з розрідженням або наддувом;
6. За транспортуванням: стаціонарні та пересувні.

Водотрубні котли можуть бути барабанными або прямоточними (з природною циркуляцією), залежно від типу циркуляції води та пароводяної суміші.

1.2 Принцип функціонування жаротрубних котлоагрегатів

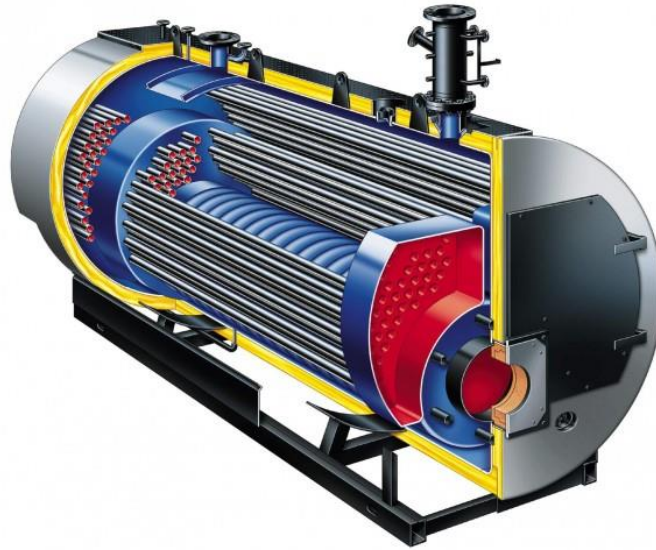


Рис.1.1 Конструкція жаротрубного парового котла.

Жаротрубні котлоагрегати складаються з кількох прямих труб, заповнених водою, та жарових труб, в яких під час згоряння палива виділяється тепла енергія.

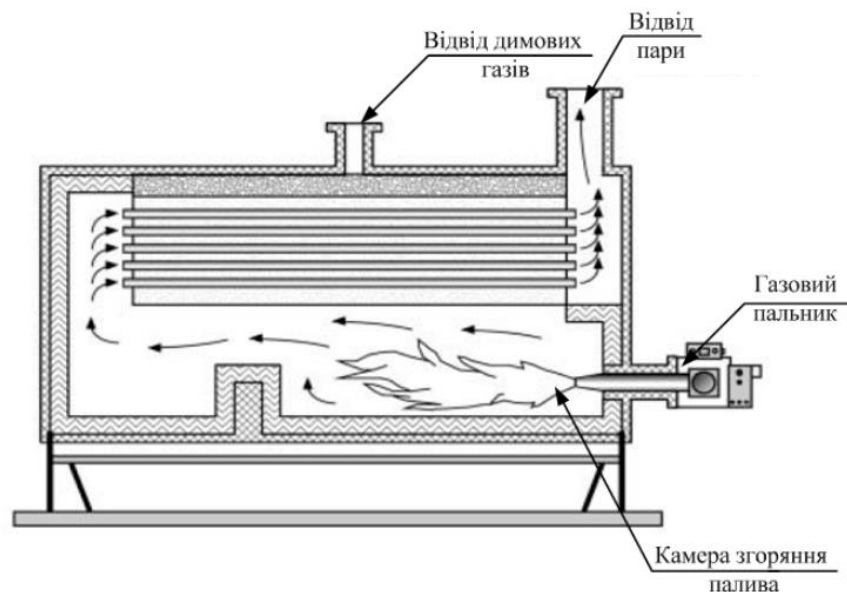


Рис.1.2 Принцип роботи жаротрубного парового котла

Пар у таких котлах отримується шляхом нагріву живильної води, що надходить до водотрубного змійовика, де вона нагрівається за рахунок теплової енергії, яка генерується при спалюванні газу в жаровій трубі, що є камерою згоряння палива в цих котлах.

Жаротрубні котли, завдяки простоті конструкції, мають менші вимоги до матеріалів, що дозволяє виготовляти їх з низькоякісної сталі. Однак цей тип котлів має низку недоліків:

Порівняно з водотрубними котлами, вони висувають високі вимоги до якості живильної води. Це обумовлено високими тепловими потоками в жаровій трубі та низькими швидкостями руху води, що сприяє утворенню шламу та накипу при низькій якості води. Якщо ці відкладення покривають поверхню труб, можуть виникати дефекти, такі як відтулени, що призводять до руйнування трубних пучків.

Вибухонебезпечність. Цей недолік проявляється при великій кількості нагрітої води: при розкритті шва знижується тиск до атмосферного, що викликає різкий викид пари і може призвести до вибуху.

Низька швидкість руху води в котлі створює невеликий гідравлічний опір, що робить ці котли менш надійними і менш довговічними.

Великий обсяг води в котлоагрегаті уповільнює його реакцію на зміни потреби в парі. Тривалий процес нагріву води потребує підтримки високої температури водяної маси для швидкої реакції на зміни навантаження, що призводить до підвищеного споживання палива.

Через ці недоліки жаротрубні котли поступово замінюються водотрубними котлами, які є значно економічнішими та ефективнішими.

1.3. Принцип функціонування водотрубних котлоагрегатів

Водотрубні котлоагрегати мають широкий спектр модифікацій.

Найпоширенішими є барабанні котли. Конструктивно барабанний котел являє собою агрегат що складається з ряду засобів для перетворення живильної води в перегріту пару.

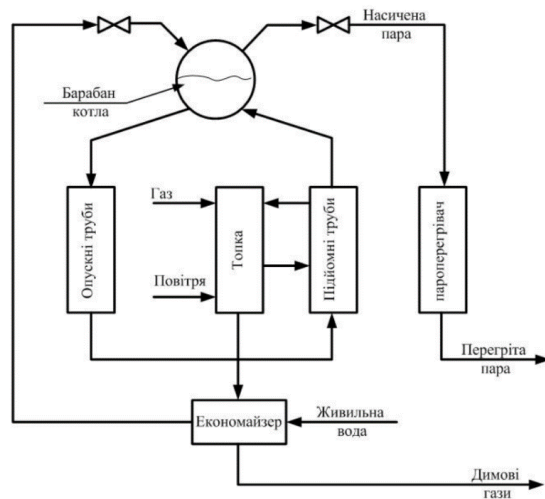


Рис.1.3. Принцип роботи барабанного котла.

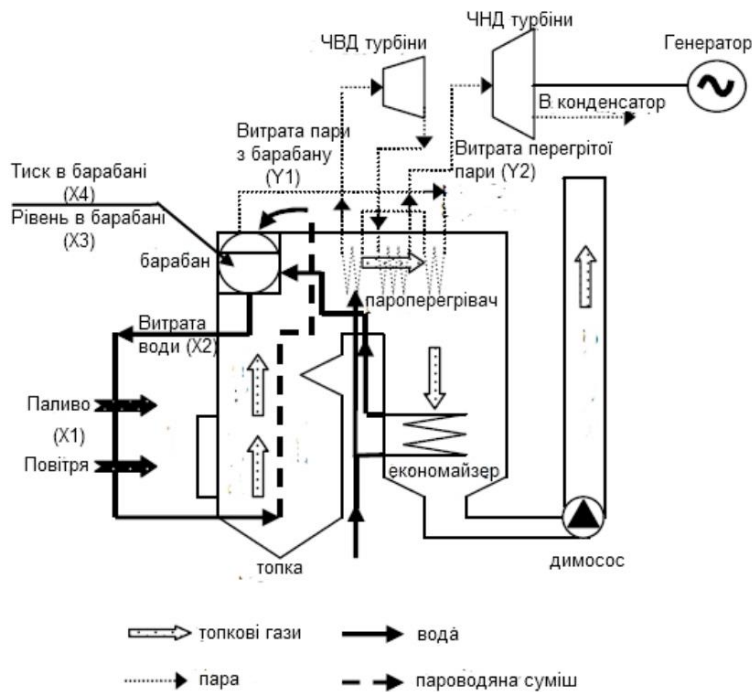


Рис.1.4. Технологічна схема взаємодії котла з турбіною різних тисків

Після водопідготовки живильна вода проходить через економізатор котлоагрегату, де підігрівається до потрібної температури, і потрапляє в барабан котла, де підтримується сталий рівень пароводяної суміші. З барабана вода спускається по опускних трубах вниз котла і надходить у підйомний трубний пучок, а в деяких моделях котлів внизу встановлюється "грязьовий" барабан для фільтрації забруднень з котлової води.

У підйомних трубах відбувається випаровування води завдяки тісному контакту з топковою камерою, де тепло передається від згорання

паливо-повітряної суміші. Пароводяна суміш з підйомних труб потрапляє в барабан котла, де відбувається відділення насиченої пари від води. Вода повертається в цикл, а насичена пара, проходячи через пароперегрівач, перетворюється на перегріту пару, яка направляється до споживача.

Димові гази, що утворюються при згоранні паливо-повітряної суміші, проходять через економайзер, де віддають залишкове тепло для підігріву живильної води.

На великих ТЕЦ, окрім газових котлів (які використовуються як резервні), застосовуються пиловугільні котлоагрегати типів П та ТПП. Це великогабаритні котли, які використовують вугільний пил, подрібнений з кам'яного вугілля різних марок.

Розділ 2. Загальносистемні рішення

2.1 Аналіз систем керування парових котлоагрегатів

Барабанні парові котлоагрегати є складними об'єктами управління, які мають низку особливостей, таких як квазістаціонарність регульовальних параметрів, нелінійність, багатовимірність та неконтрольовані збурення. Усі ці фактори суттєво ускладнюють управлінські процеси в цілому.

Існуючі системи управління не завжди ефективно реагують на великі збурення, зокрема на різкі стрибкоподібні зміни навантаження. У таких випадках регульовані параметри можуть виходити за межі допустимих значень, що часто призводить до спрацювання аварійних систем захисту котлоагрегатів.

Системи управління паровими котлоагрегатами мають взаємозв'язок між регульовальними параметрами, який можна умовно зобразити на рисунку 1.4.

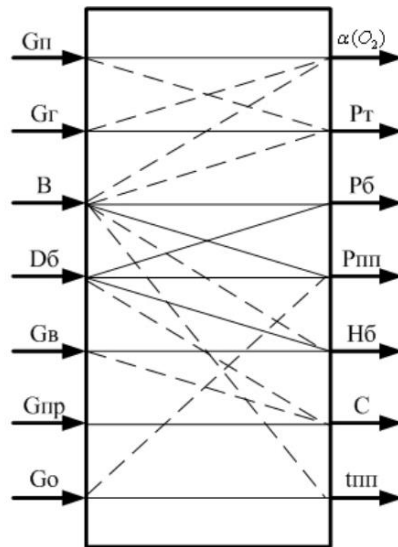


Рис.2.1. Схема взаємозв'язків технологічних параметрів в барабанному котлоагрегаті.

Коефіцієнт надлишку повітря в димових газах ($\alpha(O_2)$) безпосередньо залежить від витрати повітря в котел ($G_{п}$), а збурюючими факторами для цього параметра є продуктивність димососа ($G_{г}$) і витрата газу (B). Тиск розрідження в топці котла ($P_{г}$) також залежить від продуктивності димососа, а збуреннями виступають витрати повітря і газу в топку.

Тиск пари в барабані котла прямо корелює з витратою газу та витратою насиченої пари з барабана ($D_{б}$), а ці ж параметри також впливають на тиск в пароперегрівнику ($P_{пп}$), збурюючим фактором для якого є витрата охолоджувальної води ($G_{о}$). Рівень води в барабані ($H_{б}$) визначається витратою живильної води ($G_{б}$) і витратою насиченої пари, а збуренням для цього параметра служить витрата газу, оскільки вона впливає на кількість отриманого тепла, а отже, і на витрату та тиск пари.

Вміст солей в котловій воді (C) є важливим параметром, оскільки надлишок солей може спричинити швидку кальцинацію котлових труб. На цей параметр впливає витрата продувочної води ($G_{пр}$), а збуренням є витрата живильної води та витрата пари на виході з барабана. Температура перегрітої пари ($t_{пп}$) є ще одним важливим параметром, на який прямо впливає витрата охолоджувальної води, а збуренням є витрата газу.

Загальна система автоматичного керування (САК) паровим котлоагрегатом включає такі компоненти:

- САК для витрати живильної води;
- САК для розрідження в топці котла;
- САК для тиску пари;
- САК для економічності горіння палива;
- САК для температури перегрітої пари;
- САК для продувки.

2.2 Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання

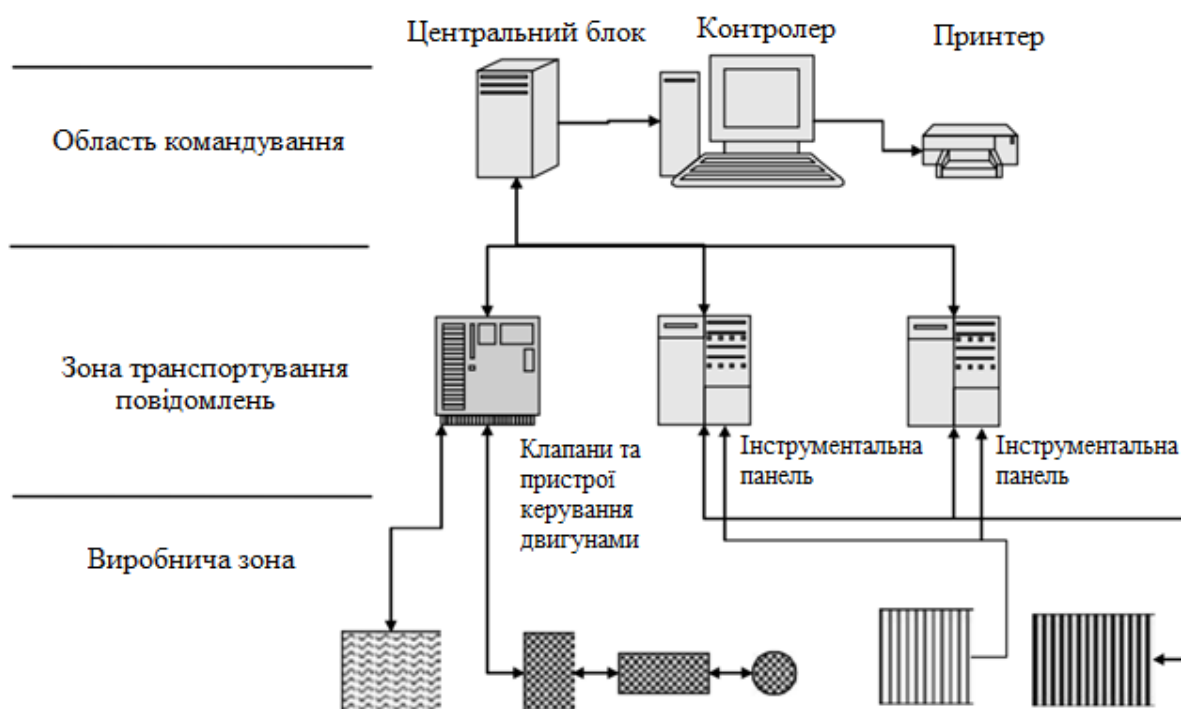


Рисунок 2.2. Типова автоматизована система.

АСУ ТП (автоматизована система управління технологічними процесами) є інтегрованою інформаційно-керуючою людино-машинною системою, розробленою для роботи в реальному часі з метою забезпечення:

1. стабільної, економічної, безпечної та довговічної експлуатації обладнання завдяки зменшенню впливу випадкових коливань параметрів технологічних процесів;
2. виконання складних алгоритмів управління та регулювання;
3. розширення інформаційних можливостей системи;

4. високого рівня надійності під час відмов елементів системи і зменшення ризику аварій;
5. захисту персоналу та обладнання в умовах потенційних аварій;
6. скорочення часу простою обладнання під час ремонтів чи аварійних зупинок;
7. мінімізації людських помилок;
8. аналізу техніко-економічних показників.

Система виконує такі завдання:

1. збір і попередню обробку даних;
2. надання оператору інформації про стан процесу;
3. автоматичну архівацію і протоколювання даних з контрольованих вимірювальних приладів, стану обладнання, команд оператора, аварійних повідомлень тощо;
4. дистанційне управління;
5. групове функціональне управління;
6. автоматичне регулювання;
7. реалізацію сигналізації технологічних параметрів;
8. використання захисних механізмів і блокувань.

АСУ ТП побудована як багаторівнева розподілена мікропроцесорна система, що включає:

польовий рівень, який складається з датчиків, перетворювачів, джерел дискретної інформації та виконавчих пристроїв;

нижній та верхній рівні, які представлені програмно-технічним комплексом (ПТК).

Програмно-технічний комплекс працює в умовах промислової експлуатації та забезпечує контроль і управління технологічним процесом у режимі реального часу. У складі ПТК використовуються контролери Siemens S7-1500, що відповідають міжнародним стандартам і дозволяють ефективно обробляти події та обмінюватися даними з іншими елементами системи.

Система управління котлом побудована за дворівневою структурою.

Нижній рівень розташований у шафах, де центральний ПЛК здійснює управління котлоагрегатом. Сигнали вимірювання технологічних параметрів вводяться через шафи віддаленого введення/виведення, які інтегруються із системами управління приводами.

Верхній рівень виконує функції управління та моніторингу, забезпечуючи:

- контроль обладнання та систем керування;
- зміну завдань і режимів роботи регуляторів;
- реєстрацію та архівування інформації;
- подання діагностичної інформації.

Верхній рівень оснащений двома АРМ оператора, на яких візуалізуються технологічні параметри та сигналізація на схемах, включаючи поля для аварійних повідомлень і кнопки швидкого доступу.

Функціональна структура ПТК включає:

- підсистему збору і обробки технологічних даних;
- інформаційну підсистему;
- підсистему сигналізації про відхилення параметрів;
- підсистему реєстрації та архівації;
- підсистему автоматичного регулювання.
- підсистема технологічних захистів і захисних блокувань.

Ця структура забезпечує надійне функціонування системи в умовах промислової експлуатації.

2.3. Опис функцій, що автоматизуються

САК витрати живильної води

Регулювання витрати живильної води є критично важливим для підтримки одного з основних технологічних параметрів — рівня води в барабані. Відхилення цього рівня від нормальних меж (± 100 мм) може призвести до серйозних пошкоджень котлоагрегату.

Невідповідність між витратою живильної води та витратою пари спричиняє зміщення рівня води в барабані. Цей дисбаланс має коригуватися за допомогою трьох імпульсної системи керування, показаної на рис. 1.5. Регулятор (1-4) коригує положення РО (3) на основі сигналів, що надходять від датчиків витрати пари (1-1) та витрати живильної води (1-3), а також реагує на зміни рівня води в барабані, що фіксуються датчиком (1-2). Ця система об'єднує методи регулювання за рівнем та за збуренням.

САК розрідження в топці котла

Постійне підтримання розрідження в топці на рівні 20-30 Па є важливою умовою для забезпечення стабільного режиму її роботи. Це розрідження виступає непрямим показником матеріального балансу між поданим до топкової камери повітрям і відведеними димовими газами. Схему системи керування наведено на рис. 1.6. У цій системі регулювання розрідження здійснюється шляхом коригування продуктивності димососа за допомогою регулятора (1-2), налаштування якого задається передавачем (1-3). Витрату димових газів вимірюють через падіння тиску, зафіксоване дифманометром (1-1) на відрізку газоходу через економайзер (2), а витрата повітря визначається за допомогою вимірювання падіння тиску дифманометром (2-1) через засувку (1). Контроль витрати повітря виконується стабілізуючим регулятором (2-2) відповідно до завдання (2-3).

При динамічних змінах теплового навантаження в процесі роботи котла змінюється й витрата повітря. Для усунення дисбалансу вводиться додаткова регулююча дія, що формується регулятором витрати повітря (2-2) через пристрій динамічного зв'язку (2-4). Цей пристрій подає сигнал про зміну витрати повітря раніше, ніж відбувається зміна розрідження. Як пристрій динамічного зв'язку зазвичай застосовується інерційна ланка з регульованим коефіцієнтом підсилення.

САК тиску пари

Система автоматичного керування (САК) тиском пари є важливою частиною САК, спрямованої на забезпечення економічного горіння палива.

У цій схемі тиск пари визначається датчиком (1-1), сигнал від якого передається до регулятора (1-4). Одночасно на регулятор надходить коригуючий сигнал від датчика витрати газу (1-3), що дозволяє зменшити затримки в подачі палива у разі самовільної зміни його витрати. Регулятор формує керуючий сигнал, який спрямовується до виконавчого механізму (1-6) відповідно до завдання (1-5).

Основним недоліком цієї схеми є нерівномірний розподіл навантаження між котлоагрегатами, якщо на одній паровій магістралі працює кілька агрегатів (що характерно для більшості теплоенергетичних установок) і змінюється споживання пари.

САК економічності горіння палива

Ефективність роботи котлоагрегату визначається його коефіцієнтом корисної дії (ККД), який представляє собою відношення корисної теплоти, використаної для генерування та перегріву пари, до тепла, яке могло бути отримане під час спалювання палива.

Основним завданням системи автоматичного контролю (САК) економічності горіння є підтримка заданого рівня ККД котла шляхом мінімізації втрат тепла, що виникають у процесі згоряння палива та передачі тепла воді й парі. Регулювання безпосередньо за ККД або за сумарними тепловими втратами поки що не отримало широкого застосування через відсутність точних і надійних методів для їх безперервного вимірювання.

Одним із найбільш ефективних непрямих способів оцінки економічності горіння є аналіз складу газів, що виходять із паливної камери.

У цій системі двоімпульсний регулятор подачі повітря (поз. 1-4) отримує сигнали від датчика витрати газу (1-1) та сигнал про перепад тиску в повітряному підігрівачі (1), що передається через дифманометр (1-3). Відповідно до заданого сигналу (1-5), регулятор змінює продуктивність вентилятора (1-7), який забезпечує подачу повітря до топкової камери котла.

САК температури перегрітої пари

Підтримання температури перегріву пари в межах (+5...-10°C) є важливим з огляду на забезпечення надійності роботи обладнання та економічності паросилового циклу. Зниження температури нижче допустимих значень призводить до зменшення ефективності системи та посилення ерозії в останніх ступенях турбіни. Водночас перевищення температури пари може спричинити зниження надійності елементів пароперегрівника, трубопроводів і передньої частини турбіни через надмірні навантаження на метал.

У процесі експлуатації котлоагрегатів виникають різноманітні збурення, які впливають на роботу пароперегрівника та спричиняють відхилення температури пари. Ці збурення можна поділити на дві основні категорії:

1. Збурення, пов'язані зі змінами кількості тепла, поглиненого нагрівальними поверхнями пароперегрівника (газова сторона).

2. Збурення, викликані змінами теплового стану пари, що надходить у пароперегрівник (парова сторона).

До ключових збурень на газовій стороні належать:

зміна навантаження котла;

характеристики палива та форма факела;

коефіцієнт надлишку повітря;

шлакування та забруднення нагрівальних поверхонь золою або сольовими відкладеннями.

Основними збуреннями на паровій стороні є:

температура живильної води;

шлакування та забруднення нагрівальних поверхонь котла;

несправності сепараційних пристроїв.

Найзначніший вплив на температуру перегріву пари має зміна навантаження котла. Найпоширеніша схема регулювання перегріву пари представлена на рис. 1.9.

Вимірювання температури пари здійснюється за допомогою термопари (1-1),

САК солевмісту

Хімічний склад води значно впливає на термін служби теплоенергетичного обладнання. У котлах без систем автоматичного контролю (САК) регулювання солевмісту продувка виконується за результатами лабораторних аналізів.

Типова трьохімпульсна система автоматичного керування (САК) продувкою котла показана на рис. 1.10. У цій системі регулятор (1-4) визначає обсяг продувальної води, спираючись на дані датчика солевмісту (1-1), який реєструє концентрацію солей у котловій воді. Оскільки такі датчики мають значну інерційність, до системи вводиться сигнал про витрату пари (1-2), адже основною причиною зміни солевмісту вважається коливання навантаження котлоагрегату. Для підвищення точності регулювання додатково враховується зворотний сигнал про ступінь відкриття клапана. Завдяки цьому трьохімпульсна система мінімізує затримки в роботі.

Для запобігання утворенню накипу на трубах котлоагрегату застосовується система автоматичного регулювання (АСР) введення фосфатів. Концентрація фосфатів залежить від навантаження котла. Сигнал про витрату пари надходить до регулятора (2-1), який через пусковий пристрій (2-3) відповідно до заданих параметрів (2-2) вмикає або вимикає насос (2-4).

Співвідношення між кількістю фосфатів, паровим навантаженням і продувкою встановлюється на основі теплотехнічних випробувань.

2.4 Використання моделей в системах керування паровими котлами.

Математичні моделі парових котлоагрегатів відіграють важливу роль у сучасній теплоенергетиці. Вони застосовуються для створення тренажерів, навчальних програм, діагностичних систем, а також для синтезу та налаштування автоматизованих систем керування.

При розробці та налагодженні автоматичних систем регулювання (АСР) важливо мати точне уявлення про поведінку системи та об'єкта керування в різних стаціонарних і перехідних режимах, які можуть виникати як у процесі нормальної експлуатації, так і під час аварійних ситуацій.

Математичні моделі відображають реальні процеси в об'єкті та можуть бути побудовані аналітично (теоретично) або на основі експериментальних даних (емпіричні моделі). Емпіричні моделі найкраще відображають поведінку об'єкта, однак вони зображають його як «чорний ящик», де зміни вихідних параметрів є результатом внутрішніх взаємодій, без деталізації їх сутності. Через це емпіричні моделі менш інформативні.

Створення комплексної моделі парового котла є складним і трудомістким процесом. Зазвичай моделюють окремі частини котлоагрегатів для вирішення конкретних задач, наприклад, барабанний простір або процес пароутворення. Ці частини згодом об'єднуються в імітаційні системи.

Імітаційні системи займають важливе місце в моделюванні, оскільки відтворюють реальні процеси на основі математичних моделей. Вони складаються з набору моделей, що описують досліджувані процеси, а також допоміжних програм та інформаційних баз, які забезпечують оперативне проведення розрахунків. Імітаційне моделювання виконується чисельними методами і передбачає такі етапи:

1. Формулювання завдання.
2. Створення математичної моделі.
3. Розробка програми для ЕОМ.
4. Перевірка адекватності моделі.
5. Планування експерименту.
6. Аналіз отриманих результатів.

Методи математичного управління поділяються на кілька категорій:
Методи оптимізації.

Ймовірісно-статистичні методи та методи врахування невизначеностей.

Методи створення та аналізу імітаційних моделей.

Методи аналізу конфліктних ситуацій.

Основним недоліком імітаційних систем є їх вузька спеціалізація, зосереджена лише на конкретному агрегаті (наприклад, паровому котлі). Це ускладнює їх інтеграцію з моделями споживачів пари, такими як турбіни або технологічні апарати, що необхідно для створення єдиної системи моделювання виробництва та споживання пари на підприємстві.

2.5 Параметрична модель об'єкту автоматизації

Моделі класифікують залежно від врахування змін стану об'єкта в часі на статику та динаміку.

Моделі статички (static models) описують стан та функціонування об'єкта без врахування змін у часі. Зазвичай вони представлені у вигляді функціональних залежностей, рівнянь чи їх систем.

Моделі динаміки (dynamic models) враховують поведінку об'єкта у часі. Вони є більш складними порівняно зі статичними моделями, які можна розглядати як окремий випадок динаміки для фіксованого моменту часу. Динамічні моделі можуть бути представлені у різних формах, зокрема диференціальними рівняннями, операторними рівняннями, спектральними поданнями тощо.

Основними методами моделювання є:

1. Математичне моделювання – створення математичного аналога процесу або об'єкта управління, що відображає його основні характеристики.

2. Статистичне моделювання – використання статистичних закономірностей для побудови моделі.

3. Економіко-математичне моделювання – застосування математичних методів для вирішення економічних задач.

4. Імітаційне моделювання – заміна досліджуваної системи на модель, яка з достатньою точністю описує реальний об'єкт. На моделі проводяться експерименти для отримання необхідної інформації.

5. Фізичне моделювання – експериментальний підхід із використанням фізично подібної зменшеної копії об'єкта.

6. Натуральне моделювання – застосування матеріального або умовного аналога об'єкта, що достатньо точно повторює його основні властивості.

Для дослідження процесів виробництва та споживання пари обрано імітаційне математичне моделювання, оскільки цей метод не потребує значних фінансових витрат на проведення експериментів (на відміну від фізичного чи натурального моделювання). Основним недоліком цього методу є складність точного опису всіх умов і процесів, що відбуваються в обладнанні.

Через складність взаємозалежності параметрів парового котла його спрощену схему умовно поділяють на три основні частини: топку, барабан та пароперегрівач. Для кожної з цих частин виділяють відповідні змінні:

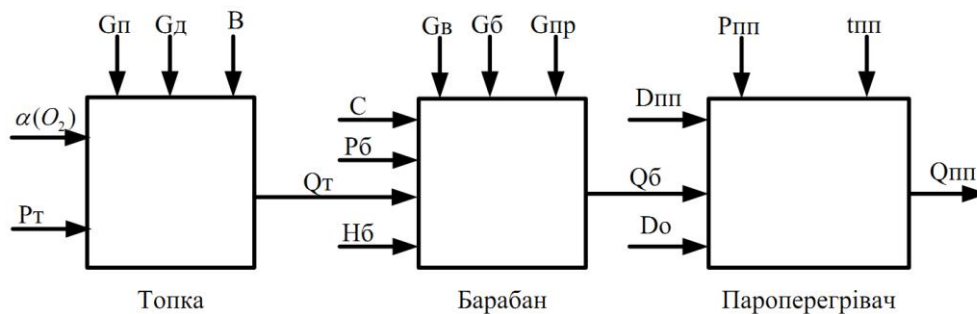


Рис.2.3. Спрощена параметрична модель парового котла.

$\alpha(O_2)$ - коефіцієнт надлишку повітря;

P_T - тиск розрідження у верхній частині топки;

Q_T -кількість теплоти що виділяється з топки;

Q_6 -кількість теплоти що виділяється з барабану;

$Q_{пп}$ -кількість теплоти що виділяється з пароперегрівача;

B - витрата газу, кг/с;

G_n - продуктивність вентилятора (витрата повітря);

- G_d - Продуктивність димососа (витрата димових газів);
- G_v – витрата живильної води ;
- G_6 – Витрата пари;
- $G_{пр}$ – Витрата продувочної води;
- C - солевміст котлової води;
- H_6 –Рівень в барабані;
- P_6 –Тиск в барабані;
- D_o –витрата води на пароохолодження;
- $D_{пп}$ -Паропродуктивність котла (витрата перегрітої пари);
- $P_{пп}$ –Тиск перегрітої пари;
- $t_{пп}$ –температура перегрітої пари;

2.6. Інформаційного забезпечення АСУТП

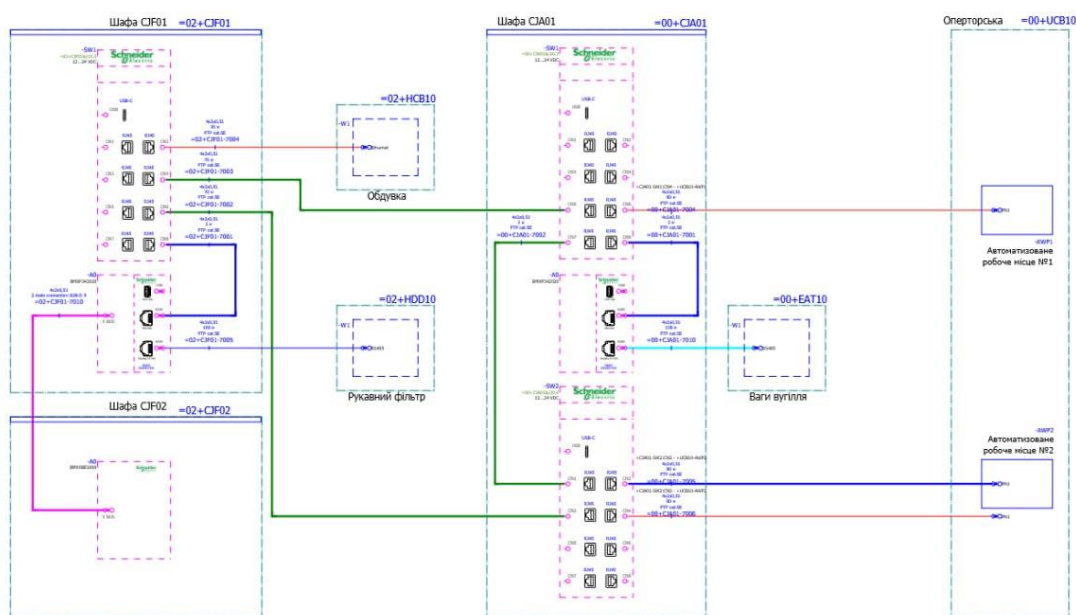


Рисунок 2.4 структурна схема КТЗ БК375

Одним з найважливіших елементів АСУ є комплекс технічних засобів, що забезпечує своєчасне та якісне виконання необхідних операцій з реєстрації, збору, передачі, обробці та використанню інформації в процесах управління складними об'єктами.

Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом

3.1 Схема автоматизації та специфікація

Паровий котел БКЗ-75 є вертикальним водотрубним однобарабанным агрегатом з природною циркуляцією, виконаним у П-подібній компоновці з врівноваженою тягою. Первісним проектним паливом для котла є природний газ із теплотворною здатністю 8200 ккал/кг. Система автоматизації котла базується на обладнанні, розробленому у 60-70-х роках минулого століття. Наразі це обладнання є морально і технічно застарілим, тому потребує заміни на сучасні аналоги. Реконструкція котла передбачає створення вугільної системи подачі палива, встановлення колосникової решітки, організацію систем для золовидалення, газовидалення та очищення газів, а також модернізацію тягодуттьових механізмів. У результаті збільшиться кількість технологічного обладнання, що потребуватиме розширення системи вимірювання параметрів і додаткових контурів регулювання.

Для впровадження сучасного рівня кодування технологічного обладнання, а також систем вимірювання й регулювання технологічних параметрів, використовується система ідентифікації KKS, яка відповідатиме міжнародному стандарту "Kraftwerks Kennzeichnungs System".

KKS базується на чередуванні літер (A) та цифр (N).

<i>Рівень 0</i>	<i>Об'єкт (N or A)</i>	<i>Об'єкт ідентифікується номером (N) або символом (A).</i>
<i>Рівень 1</i>	<i>Система ([N] AAA NN)</i>	<i>Система ідентифікується трьома символами і двома цифрами. Іноді префікс номер [N] включений.</i>
<i>Рівень 2</i>	<i>Обладнання (AA NNN)</i>	<i>Обладнання ідентифікується двома символами і трьома цифрами.</i>
<i>Рівень 3</i>	<i>Компонент (AA NN)</i>	<i>Компонент ідентифікується двома символами і двома цифрами.</i>

Головна мета полягає у створенні системи для ідентифікації компоненту. Кожну деталь обладнання труби або клапана носить унікальний код, який ідентифікує систему, до якої вони належать.

ПРИКЛАДИ:

Обладнання. 1LAA10BB501 (Резервуар живильної води).

рівень 0	об'єкт	1	
рівень 1	система	LAA10	
			L Парові, водяні та газові цикли
			LA Система живильної води
			LAA Зберігання, деаерація води
			10 Нумерація системи
рівень 2	обладнання	BB501	
			B Механічне обладнання
			BB Обладнання для зберігання (резервуари
			501 Нумерація обладнання

Трубопровід. 1LAA10BR031.

рівень 0	об'єкт	1	
рівень 1	система	LAA10	
рівень 2	обладнання	BR031	
			B Механічне обладнання
			BR Трубопроводи
			031 Нумерація обладнання

Регулювання. 1LAA10DP201

рівень 0	об'єкт	1	
рівень 1	система	LAA10	
рівень 2	обладнання	DP201	
			D Контур регулювання замкнутим контуром
			DP тиск
			201 Нумерація обладнання

Вимірювання. 1LAA10CP201

рівень 0	об'єкт	1	
рівень 1	система	LAA10	
рівень 2	обладнання	CP201	
			C Безпосереднє вимірювання
			CP тиск
			201 Нумерація обладнання

Клапан 1LAA10AA607

рівень 0	об'єкт	1	
рівень 1	система	LAA10	
рівень 2	обладнання	AA607	
			A Механічне обладнання
			AA Клапан, шибер і т.п.
			607 Нумерація обладнання

СИСТЕМНІ КОДИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ПРОЕКТІ

В таблиці 6 наведені коди позначення обладнання що використовується в проєкті:

КОД		ОПИС
B		Передача енергії та забезпечення власних потреб
	BF	Головні низьковольтні секції власних потреб і трансформатори низької напруги, мережа нормальної експлуатації
	BFA	Головні низьковольтні секції власних потреб 380 В
	BR	Низьковольтні розподільчі пристрої, аварійна (інверторна) мережа
	BRA	Розподільчий пристрій від джерела безперебійного живлення
	BRU	Інвертор, джерело безперебійного живлення АСУ СКК
C		Технічні засоби АСУ
	CB	Управління функціональними групами
	CBA	Шафи управління функціональними групами

КОД		ОПИС
	CF	Вимірювання, реєстрація
	CFA	Шафи обробки аналогових сигналів
	CJ	Загальноблочні пристрої управління
	CJF	Система управління котлоагрегатом (включаючи шафи)
	CK	Обчислювальна система (окрім інформаційної)
	CKN	Технологічні комп'ютерні системи АРМів Операторів (в т.ч. шафи операторської системи)
L		Системи пари, живильної води та газу
	LA	Системи живильної води
	LAB	Трубопроводи живильної води
	LB	Парові системи
	LBA	Головні паропроводи
H		Генерація тепла
	HA	Системи пароутворення.. Трубопроводи пари
	HAC	Економмайзери
	HAD	Головні системи варовидобування та пароутворення
	HAN	Пароперегрівачі високого тиску
	HB	Системи пароутворення. Допоміжні технологічні системи
	HBK	Системи парогенерації
	HC	Зона горіння, поверхні передачі тепла, системи очищення
	HCB	Парова система очищення поверхонь
	HD	Системи золовидалення
	HDA	Системи видалення сажі та золи
	HDF	Циклони, мультициклони, батарейні циклони
	HN	Системи розігнання, пальники
	HNC	Системи горіння на решітках
	HNG	Системи газорозподілу та газорозподільчі системи
	HNH	Допоміжні системи палива та ємності зберігання
	HNK	Системи сховищ та розподілу палива

Призначення системи

Система автоматизації паливоподачі та золовидалення забезпечує:

1. Контроль і реєстрацію основних параметрів:

- загальна вага кожного виду палива: вугілля, пелета;
- покази загально станційних вимірювань.

2. Попереджувальну сигналізацію за такими параметрами:

- вихід з ладу вагів, або помилка комунікації з ними;
- аварія приводів паливоподачі;
- вихід за попереджувальні/аварійні межі параметрів загально станційних вимірювань.

3. Автоматичний та ручний пуск з передпусковою сигналізацією.

В алгоритмі системи подачі палива передбачено 2 види палива (вугілля і пелети соняшника).

4. Аварійну і планову зупинку.

5. Місцеве та дистанційне (ручне або автоматичне) управління електроприводами:

- живильників подачі палива;
- конвеєрів подачі палива;
- конвеєрів золовидалення;
- дробарки;

6. Контроль стану вищевказаних електроприводів.

Система автоматизації парового котла БКЗ-75 забезпечує:

- Автоматичне регулювання:
 - рівень в барабані котла;
 - навантаження котла;
 - температура перегрітої пари (підпірний і температурний клапани);
 - температура первинного повітря;

- співвідношення паливо-повітря (швидкість колосникових решіток);

- висота шару палива;
- розрідження;
- розподіл палива в паливному ящику (каретка).
- Контроль і реєстрацію наступних параметрів:
 - Температура перегрітої пари до ГПЗ;
 - Температура перегрітої пари після ГПЗ;
 - Температура пари до пароохолоджувача;
 - Температура живильної води до водяного економайзера;
 - Температура живильної води за водяним економайзером;
 - Температура повітря на вході в повітряпідігрівач;
 - Температура повітря після повітряпідігрівача;
 - Температура димових газів перед димотягом;
 - Температура димових газів перед фільтром;
 - Температура димових газів перед батарейним циклоном;
 - Температура димових газів перед водяним економайзером;
 - Температура димових газів в топці;
 - Температура палива в паливному ящику (2 датчика);
 - Витрата перегрітої пари;
 - Витрата живильної води на котел;
 - Витрата живильної води на пароохолодження;
 - Витрата первинного повітря загальна;
 - Рівень в барабані котла (3 датчика);
 - Рівень в ваннах скребкових транспортерів золи (низький);
 - Тиск в барабані котла (2 датчика);
 - Тиск живильної води перед економайзером;
 - Тиск перегрітої пари за ГПЗ;
 - Тиск повітря після вентилятора первинного повітря;
 - Тиск повітря після вентилятора вторинного повітря;

- Розрідження в топці котла (2 датчика);
- Розрідження перед економайзером;
- Розрідження після економайзера;
- Розрідження перед фільтром;
- Розрідження перед димотягом;
- Положення клапану живлення котла водою;
- Положення клапану температурного;
- Положення клапану підпірного;
- Положення клапану підігріву повітря;
- Положення направляючих апаратів первинного вентилятора;
- Положення заслінки вторинного вентилятора;
- Положення направляючих апаратів димотягу;
- Швидкість колосникових решіток
- Автоматичний захист котла за основними параметрами:
 - аварійний (низький або високий) рівень в барабані котла;
 - аварійний (високий) тиск в барабані котла;
 - відсутність розрідження в топці котла;
 - аварійна (висока) температура палива в паливному ящику;
 - зупинка шнеків золовидалення;
 - зупинка шлюзових затворів золовидалення;
 - зупинка транспортерів золовидалення;
 - зупинка вентилятора первинного повітря;
 - зупинка димотяга.
- Аварійну і попереджувальну сигналізацію за вище вказаними параметрами.
 - Місцеве та дистанційне (ручне або автоматичне) управління електроприводами:
 - решіток;
 - каретки;
 - вентилятора первинного дуття;

- вентиляторів вторинного дуття;
- димотяга;
- арочних засувок палива;
- шлюзових затворів золовидалення;
- шнеків золовидалення;
- скребкових транспортерів мокрого золовидалення;
- живильним клапаном;
- підпірним клапаном;
- клапаном подаї води на пароохолоджувач.
- Контроль стану вищевказаних електроприводів.
- Аварійну і повну зупинку котла.

В алгоритмі роботи котла 2 вида палива (вугілля і пелети соняшника) без автоматичного сумісного спалювання.

1.2 Опис технічних засобів

Конструктивно система автоматизації складається з:

- датчиків та виконавчих механізмів;
- щитів управління котла;
- щитів управління паливоподачею та золовидаленням;
- щитів розподілу живлення та щитів РТЗО;
- щитів керування димотягом і вентилятором котла;
- АРМів операторів;

1 Автоматичне регулювання

1.1 Регулювання навантаження котла

- Завдання -. тиск пари в барабані, кгс/см²;
- Зворотній зв'язок - поточне значення тиску пари в барабані (по двом датчикам), витрата пари, витрата первинного повітря;
- Керуючий сигнал – управління направляючим апаратом вентилятора первинного повітря, або швидкістю вентилятора первинного повітря.
- Блокування роботи регулятора, якщо наявне невідпрацювання регулятора розрідження в топці.

1.2 Регулювання співвідношення паливо-первинне повітря (колосникові решітки)

• Завдання – розрахункова задана витрата палива, м³/год (висота шару, швидкість руху колосникової решітки) є функцією від витрати первинного повітря і задається в табличній формі:

<i>витрата первинного повітря, м³/год</i>				
розрахункова задана витрата вугілля, м ³ /год				
розрахункова задана витрата пелети, м ³ /год				

- Зворотній зв'язок – розрахункова дійсна витрата палива (висота шару, швидкість руху колосникової решітки);
- Керуючий сигнал – управління швидкістю руху колосникової решітки.
- Корегуючий сигнал – по вмісту кисню в димових газах;

Примітка: регулювання співвідношення паливо/повітря має часову затримку реагування на зміну висоти шару палива. Ця затримка автоматично адаптується під швидкість решітки.

1.3 Регулювання висоти шару палива

• Завдання – висота шару палива, (мм) є функцією від витрати пари і задається в табличній формі:

<i>Витрата пари, т/год</i>				
висота шару палива, мм				

- Зворотній зв'язок – Положення РО регулятора рівня шару палива;
- Керуючий сигнал – управління висотою шару палива.

1.4 Розподілення палива на решітці (каретка)

• Завдання – періодичність розподілення палива (хв) є функцією від розрахункової витрати палива (висота шару, швидкість руху решітки) і задається в табличній формі:

<i>розрахункова витрата палива, м³/год</i>				
періодичність розподілення палива, хв				

Під періодичністю розподілення палива розуміється затримка після проходження каретки.

- Зворотній зв'язок – зміна положення каретки (зліва, справа);
- Керуючий сигнал – управління рухом каретки (вліво, вправо).

1.5 Регулювання температури первинного повітря

- Завдання - температура первинного повітря, °С;
- Зворотній зв'язок – дійсне значення температури первинного повітря;

- Управління - регулюючим клапаном підпору води на калорифер;

1.6 Регулювання розрідження в топці

- Завдання - розрідження в топці, Па;
- Зворотній зв'язок – дійсне значення розрідження в топці (2 датчика);
- Керуючий сигнал – управління направляючим апаратом димотяга;

1.7 Регулювання рівня в барабані

- Завдання - рівень в барабані котла, мм.
- Зворотній зв'язок - значення рівня в барабані котла (середнє значення рівня по трьом датчикам з діагностикою цих датчиків), витрата пари, витрата живильної води;

- Управління - регулюючим клапаном подачі живильної води;

1.8 Регулювання температури перегрітої пари

- Завдання - температури перегрітої пари, °С;
- Зворотній зв'язок – дійсне значення температури перегрітої пари, швидкодіючий сигнал температури пари до пароохолоджувача, витрата пари та витрата води на пароохолоджувач;

- Управління - регулюючим клапаном подачі води на пароохолоджувач;

1.9 Регулятор підпірного клапану

• Завдання – задане положення підпірного клапану є функцією від положення клапану подачі води на пароохолоджувач і задається в табличній формі:

<i>положення підпірного клапану, %</i>				
положення клапану подачі води на пароохолоджувач, %				

- Зворотній зв'язок – дійсне значення положення підпірного клапану;
- Управління - підпірним клапаном;

1.10 Регулятор неперервної продувки лівого циклону

• Завдання – солеміст котлової води;

• Завдання – положення клапана безперервної продувки (%) є функцією від солемісту котлової води (мг/кг) і задається в табличній формі:

<i>солеміст котлової води, мг/кг</i>				
положення клапана безперервної продувки (%)				

- Корегуючий сигнал: витрата пари.
- Зворотній зв'язок – дійсне значення солемісту котлової води;
- Управління - регулюючим клапаном неперервної продувки;

2. Управління приводами

2.1 Для приводів з прямим пуском (без реверса) передбачено дистанційне управління «Пуск/Стоп»:

Котел

- вентилятори вторинного повітря
- шлюзові затвори з під економайзера
- шлюзові затвори з під мультициклона
- шнеки золовидалення з під топки
- транспортер золовидалення №1 (реверс лише по місцю)
- транспортер золовидалення №2 (реверс лише по місцю)

паливоподача та золовидалення

- живильники з бункерів палива
- транспортери подачі палива
- дробарка

- норія пелети
- транспортер видалення золи

2.2 Для приводів з реверсом передбачено дистанційне управління «Відкрити/Стоп/Закрити».

2.3 Для приводів з частотними перетворювачами передбачено дистанційне управління «Пуск/Стоп», короткі імпульси «менше/більше», довгі імпульси «менше/більше», завдання положення:

- колосникові решітки (реверс лише по місцю)
- димотяг
- вентилятор первинного повітря

2.4 Для привода каретки розподілення палива передбачено:

«Рух вліво/Рух вправо», режим «Ручний/Неперервно/Періодично»

2.5 Для приводів ножів шару палива передбачено:

короткі імпульси «менше/більше», довгі імпульси «менше/більше», завдання положення

Для всіх приводів передбачено «Місцевий»/«Дистанційний» та «Ручний»/«Автоматичний» режими управління. Вибір режиму відбувається з екрану АРМ оператора.

Контроль роботи обладнання

Наступні привода використовуються в парі з датчиком контролю обертання:

- транспортер №1 подачі палива
- транспортер №2 подачі палива
- транспортер №3 подачі палива
- транспортер №4 подачі палива
- норія пелети
- транспортер видалення золи
- скребковий транспортер видалення золи №1
- скребковий транспортер видалення золи №2
- колосникова решітка №1

- колосникова решітка №2

В роботі привода (через декілька секунд після ввімкнення) відбувається обрахунок швидкості обертання (%). Якщо швидкість падає на 10% видається попереджувальний сигнал, якщо на 20% - вимикається привід (якщо режим «Автомат»).

Стационарний швидкодіючий газоаналізатор MRU SWG 100 СЕМ



Рисунок 3.1. Газоаналізатор MRU SWG 100 СЕМ.



Рисунок 3.2 Вимірювальний зонд газоаналізатора MRU SWG 100 СЕМ.

Функціональний опис

Для аналізу газу аналізатор всмоктує газ за допомогою а насос для зразкового газу, який подається через лінії для зразкового газу. Об'ємна витрата пробного газу реєструється, і насос регулюється для досягнення постійного об'ємного потоку пробного газу.

- Залежно від обладнання пробний газ може подаватися з різних точок вимірювання. Аналізатор перемикається між точками вимірювання через регульований інтервал часу. Одночасно можна аналізувати лише газ з однієї точки вимірювання.

Газ осушується в газовому охолоджувачі Пельтьє, утворюючи конденсат, який виводиться через конденсаційний насос.

Зразок газу фільтрується для видалення шкідливих частинок пилу

Зразок газу подається до різних модулів аналізу, які аналізують

газ на основі різних принципів вимірювання залежно від типу газу.

Зразок газу виводиться з пристрою через загальний газовий вихід (VENT) після аналізу.

Пристроєм може керувати користувач через локальний пульт керування. Там можна переглянути виміряні значення, а також виконати параметризацію пристрою.

Пристрій зберігає індивідуальні вимірювані значення в кінці кожного інтервалу вимірювання у внутрішній пам'яті даних. Тут не гарантується постійна доступність узгоджених даних за короткі проміжки часу; для цього користувач повинен здійснити зовнішній збір даних.

Пристрій надає виміряні значення через різні аналогові або цифрові інтерфейси, які відповідають реальним значенням або присвоєні їхній відповідній точці вимірювання.

Пристрій дозволяє підключати балони з тестовим газом відомої концентрації. Тестовий газ може використовуватися користувачем вручну або автоматично самим пристроєм для налаштування (калібрування) технології вимірювання.

Видобування та газопостачання

Щоб мати можливість вимірювати водорозчинні компоненти, такі як NO₂ або SO₂, як правило, необхідно використовувати підігріті пробні зонди та нагріті газові лінії. Залежно від обладнання, аналізатор може регулювати температуру зонда та газової лінії зразка. Будь ласка, зверніть увагу на обмеження техніки контролю, особливо для шланга з підігрівом: вимірювана змінна, що несе температуру, записується в одній точці вздовж шланга для зразка. Ділянки шланга для відбору зразка до або після можуть мати різну температуру. В ідеалі вся довжина шланга для відбору проб повинна бути встановлена при однаковій температурі навколишнього середовища.

Газопостачання

Подача газу здійснюється через діафрагмовий насос. Об'ємна витрата, створювана цим насосом, реєструється та контролюється за допомогою вимірювання перепаду тиску через окреме вузьке місце.

Методи аналізу газу

Залежно від обладнання у вимірювальних пристроях використовуються такі принципи вимірювання:

1. O₂ вимірюється за допомогою електрохімічних датчиків газу або а парамагнітний датчик кисню

2. CO, NO, NO₂, SO₂ вимірюють за допомогою електрохімічного газу датчики або технологія вимірювання інфрачервоного поглинання NDIR, залежно від обладнання.

3. CO₂, CH₄, N₂O вимірюються за допомогою технології вимірювання інфрачервоного поглинання NDIR, якщо це підтримується обладнанням

4. H₂ вимірюється датчиком теплопровідності в залежності від обладнання
Обнулення

Усі використані методи аналізу газу піддаються короткочасному дрейфу в нульовій точці, що призводить до відхилень від нуля, навіть якщо в пробному газі немає компонентів цільового газу. Щоб виправити це,

вимірювальний пристрій виконує вимірювання нульової точки через заданий інтервал часу. Усі модулі датчиків продуваються свіжим повітрям (нульовий газ), а потім значення, що відображається для всіх датчиків, встановлюється на нуль (20,96 об.% для кисню). На величину дрейфу нуля впливають різні фактори, такі як зміни температури, фізичні чи хімічні зміни в датчиках. Інтервал часу для обнулення повинен регулювати користувач з урахуванням величини дрейфу нуля та необхідної точності вимірювання. Типові інтервали для обнулення коливаються від кількох годин до максимум одного дня. Калібрування приладу Чутливість кожного газового датчика піддається тривалому дрейфу, що може призвести до відхилень від цільового значення. Цей дрейф може бути спричинений загальним впливом старіння або зносу. Щоб виправити це, технологію вимірювання слід калібрувати (регулювати) через регулярні проміжки часу, використовуючи контрольні гази відомої концентрації. Це може бути виконано користувачем вручну. Крім того, залежно від обладнання, пристрій може виконувати автоматичне налаштування за допомогою постійно підключених балонів з тестовим газом. Часовий інтервал коригування повинен виконувати користувач залежно від спостережуваного відхилення та необхідної точності.

Типові інтервали калібрування коливаються від щотижня до щорічно.

3.2 Схеми електричні принципи

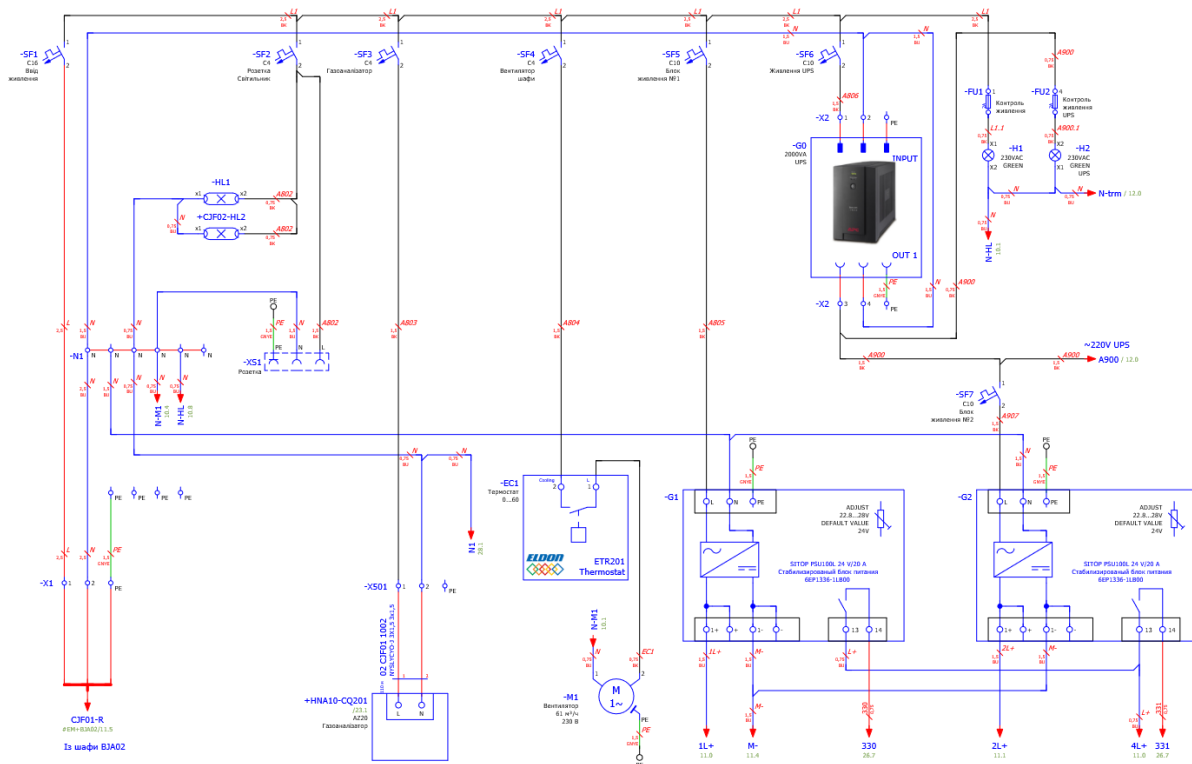


Рис. 3.3. Схема електрична принципова живлення шафи

На електричній принциповій схемі (рис 3.1) відображається підключення живлення споживачів шафи автоматизації котла. Надійність і безперебійність живлення забезпечується за рахунок використання резервованої системи із двох незалежних стабілізованих блоків живлення SITOP PSU100L 24V/20A. Перший блок живлення підключений до заводської мережі електропостачання, а другий підключається через лінійно-інтерактивне джерело безперебійного живлення Eaton 5E потужністю 2000VA. Так як живлення газоаналізатора являється не пріоритетним, то з метою підвищення тривалості автономної роботи головних вузлів системи автоматизації, було прийняте рішення підключити газоаналізатор напряму до заводської мережі без резервування.

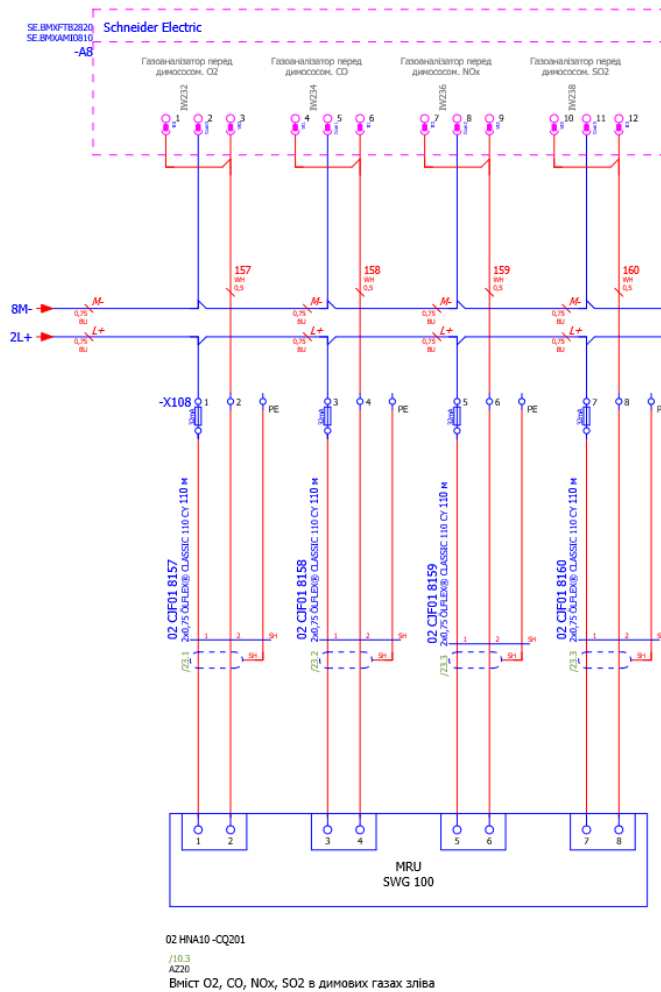


Рис. 3.4. Схема електрична принципова підключення модуля аналогових ВХОДІВ

На схемі підключення модуля аналогових входів (рис 3.2) зображено фрагмент підключення аналогових виходів газоаналізатора MRU SWG 100. В газоаналізатора є можливість конфігурувати до чотирьох пасивних аналогових виходів 4-20 mA. В даному випадку використано основний параметр вміст кисню O₂ в димових газах, а також обрано три додаткових параметри контролю, чадний газ CO, оксид азоту NO_x, діоксид сірки SO₂.

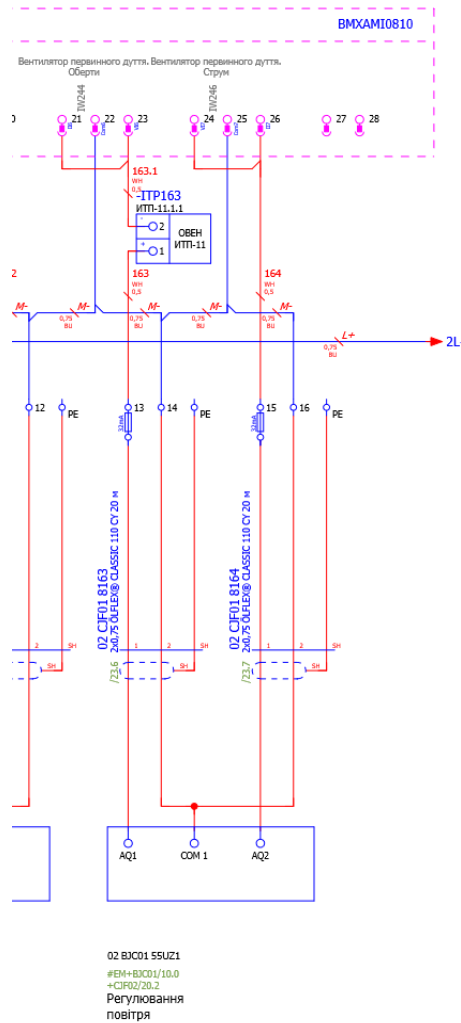


Рис. 3.5. Схема електрична принципова підключення модуля аналогових входів

На схемі підключення модуля аналогових входів (рис 3.3) зображено фрагмент підключення зворотних зав'язків по швидкості і по струму від перетворювача частоти вентилятора первинного повітря. Струмові сигнали 4-20mA з ПЧ являються активними, тому для їхнього підключення необхідно об'єднати потенціали М- сигналів з потенціалом М- блоку живлення контролера. Струмовий сигнал швидкості вентилятора заводиться в контролер через індикатор струмової петлі ІТП-11, для відображення значення параметра на щиті оператора.

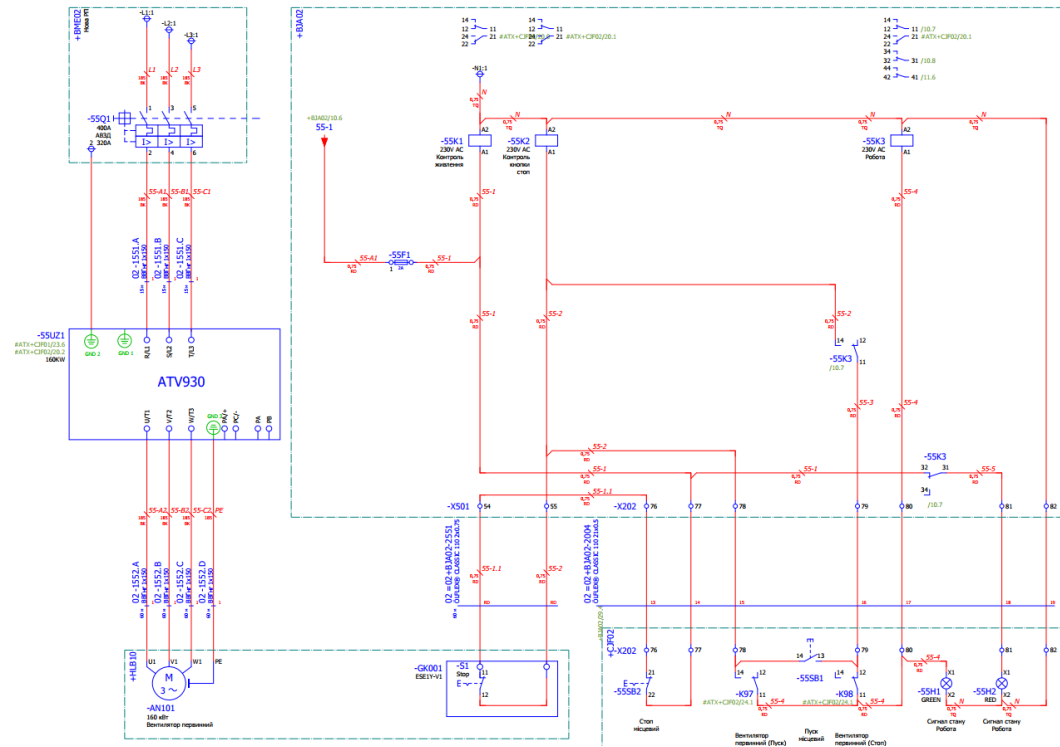


Рис. 3.6. Схема електрична принципова управління двигуном первинного повітря

На схемі відображено управління перетворювачем частоти вентилятора первинного повітря. Схема передбачає можливість запуску і зупинки двигуна, як з робочого місця АРМ оператора, так і зі щита управління. По місцю безпосередньо біля самого двигуна передбачено кнопку безпеки з фіксацією, кожне натискання цієї кнопки реєструється контролером, при натиснутій цій кнопці зникає можливість будь якого дистанційного запуску двигуна. Також стани роботи чи зупинки двигуна відображаються щиті в операторській та на складі.

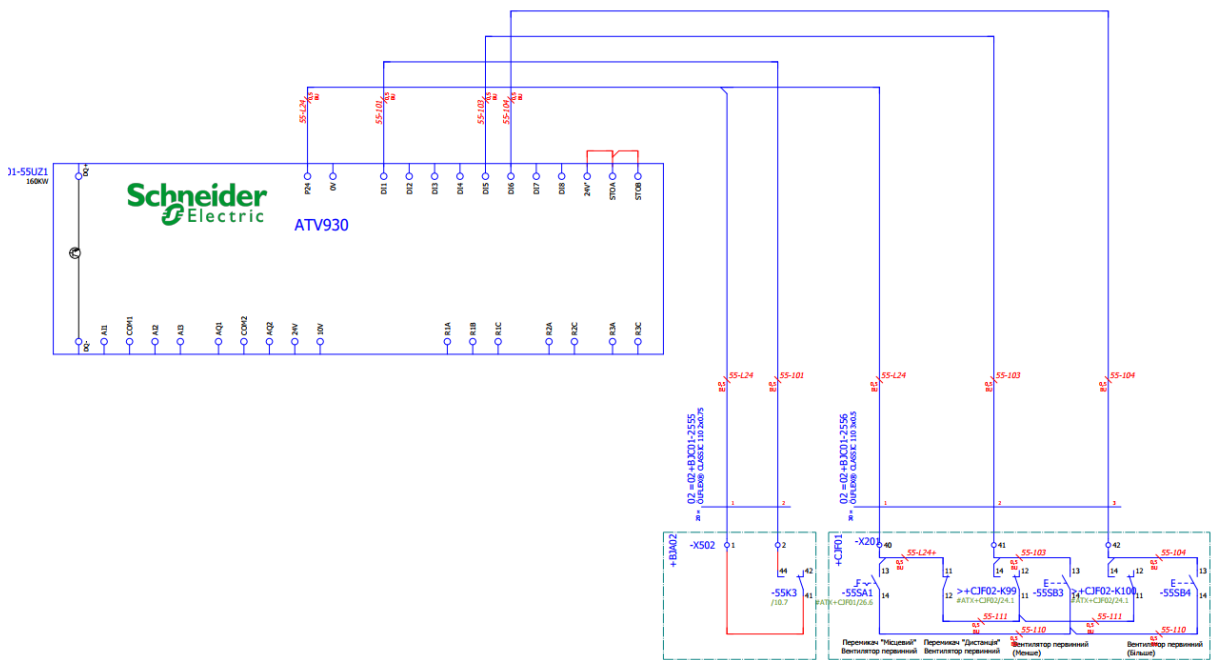


Рис. 3.7. Схема електрична принципова управління частотним перетворювачем

Система передбачає можливість, як управління в автоматичному режимі за допомогою дискретних виходів ПЛК, так і в ручному використовуючи кнопки «Менше» «Більше» на щиті в операторській. Перемикання цих режимів відбувається за допомогою перемикача Р\А (Ручний/автомат) на щиті.

3.3. Схема компоновання та специфікація модулів ПЛК

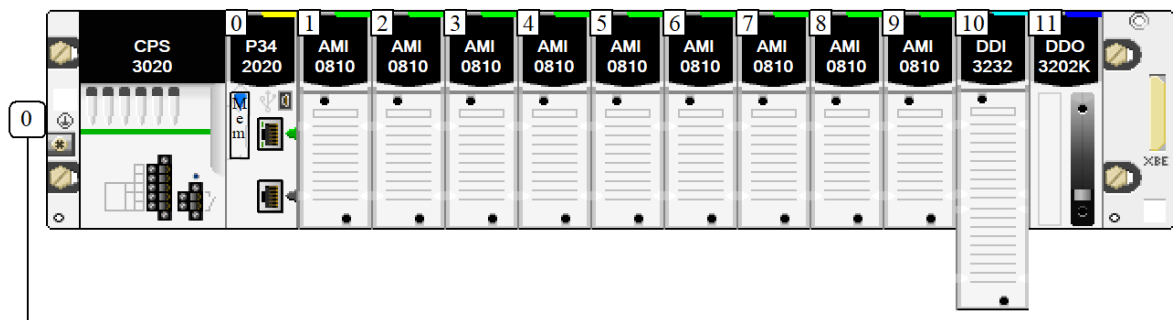


Рисунок 3.8 Компоновка ПЛК котла, рейка 1

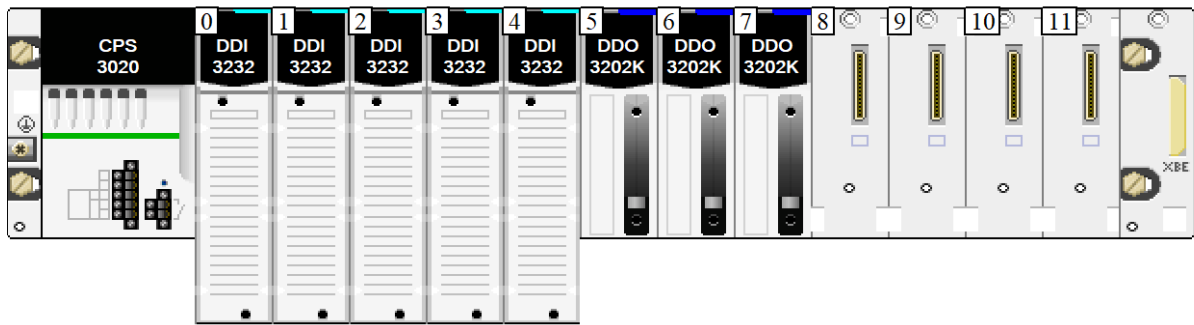


Рисунок 3.9 Компоновка ПЛК котла, рейка 2

ПЛК ПРМ та ПКЛ мають ідентичні модулі, проте їх кількість варіюється залежно від потр2б конкретної ділянки. Використання однакових марок модулів дає змогу зменшити кількість запасних модулів для заміни у разі несправностей, оскільки вони є взаємозамінними. Шасі обрано з урахуванням можливості встановлення додаткових модулів у разі модернізації системи.

Вибір модулів здійснювався відповідно до вимог щодо кількості входів та виходів до ПЛК, а також з урахуванням характеристик сигналів, що надходять від приладів польового рівня. Для контурів, де прилади не мають власного джерела живлення для формування сигналів або впливу, передбачено додаткові блоки живлення.

Процесорні модулі підбрано з урахуванням необхідної кількості підтримуваних входів та виходів, а також потреби у комунікаційних портах для інтеграції контролерів у загальну систему через Ethernet і Modbus. Повний перелік обладнання, розташованого на щитових конструкціях, представлений у специфікації комплексних засобів автоматизації.

Таблиця Специфікація комплексних засобів автоматизації

Поз	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення	Код обладнання	Завод-виготовлювач/виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
	Програмований логічний контролер ПЛК ПРМ - Modicon M340							
	1. Модуль живлення	BMX CPS 3020	-	Schneider	шт	1	0,3	-
	2. Процесорний модуль	BMX P34 2020	-	Schneider	шт	1	0,205	-
	3. Модуль аналогових входів	BMX AMI 0810	-	Schneider	шт	9	0,175	-

	4. Модуль дискретних входів	BMX DDI 3232	-	Schneider	шт	1	0,145	-
	5. Модуль дискретних виходів	BMX DDO 3202K		Schneider	шт	1	0,175	-
	7. Монтажне шасі	BMX XBP 0800	-	Schneider	шт	1	0,95	-
	Програмований логічний контролер ПЛК ЗБЕР - Modicon M340							
	1. Модуль живлення	BMX CPS 3020	-	Schneider	шт	1	0,35	-
	2. Модуль дискретних входів	BMX DDI 3232	-	Schneider	шт	5	0,145	-
	3. Модуль дискретних виходів	BMX DDO 3202K		Schneider	шт	3	0,175	-
	4. Монтажне шасі	BMX XBP 1200	-	Schneider	шт	1	1,27	
	Акустичний оповіщувач/зумер	M22-XAMP 229028	-	EATON-MOELLE R	шт	1	-	-
	Світлодіодний індикатор	XB4BVB4	-	Schneider	шт	6	-	-
	Панель оператора	HMIGXU5512	-	Schneider	шт	1	-	-

Розділ 4. Розробка програмного забезпечення

4.1. Розробка людино машинного інтерфейсу

Вікно налаштування регулятора має забезпечувати гнучке налаштування системи задля забезпечення більш адаптивного налаштування програмного забезпечення і режимів роботи для адаптації під характеристики існуючого обладнання.

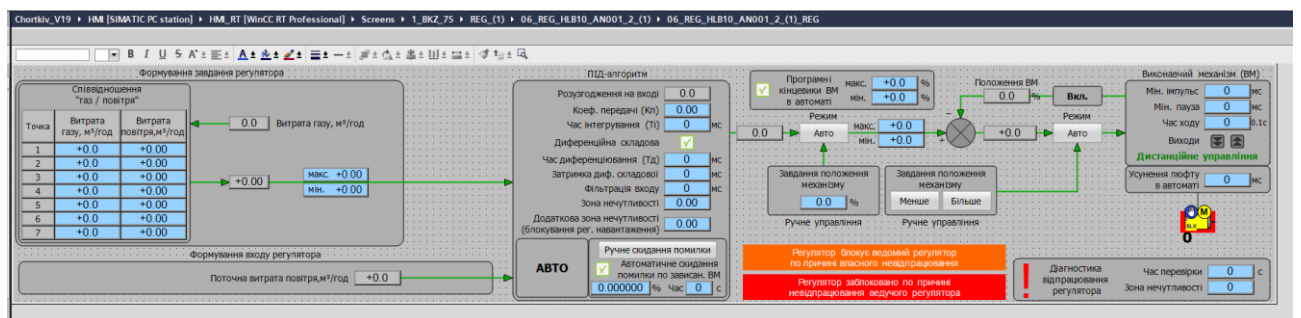


Рис. 4.1. Вікно налаштувань регулятора.

В зв'язку з значним навантаженням на вікно налаштувань регулятора – налаштування коректора кисню винесені в окреме вікно та мають та налаштування:

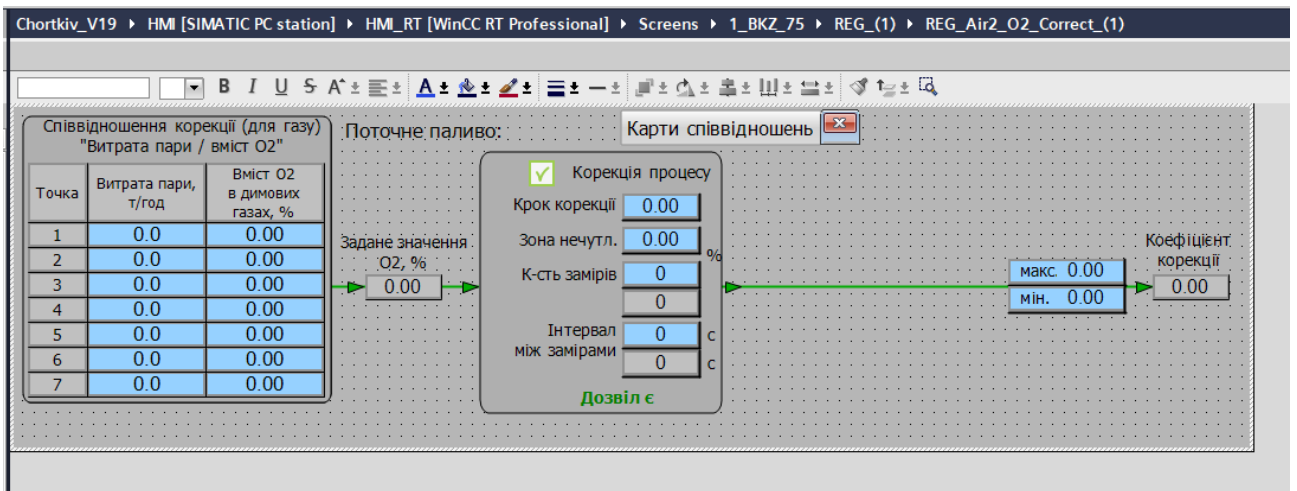


Рис. 4.2. Вікно налаштування коректора кисню.

АРМ оператора (автоматизоване робоче місце) являє собою незалежний термінал, що збирає, зберігає та відображає дані по котлу та допоміжному обладнанні і дозволяє ним керувати. Для зручності керування технологічним процесом система автоматизації має в своєму складі два АРМа оператора. При цьому забезпечується дублювання станцій (терміналів) в разі виходу з ладу однієї з них та є можливість одночасного керування одним обладнанням декількома операторами за різними АРМами.

Опис роботи зі SCADA-програмою АРМ оператора

При ввімкненні операторської станції автоматично відбувається запуск операційної системи та запускається програма оператора WinCC Runtime, яка відображає головне вікно з параметрами роботи обладнання.

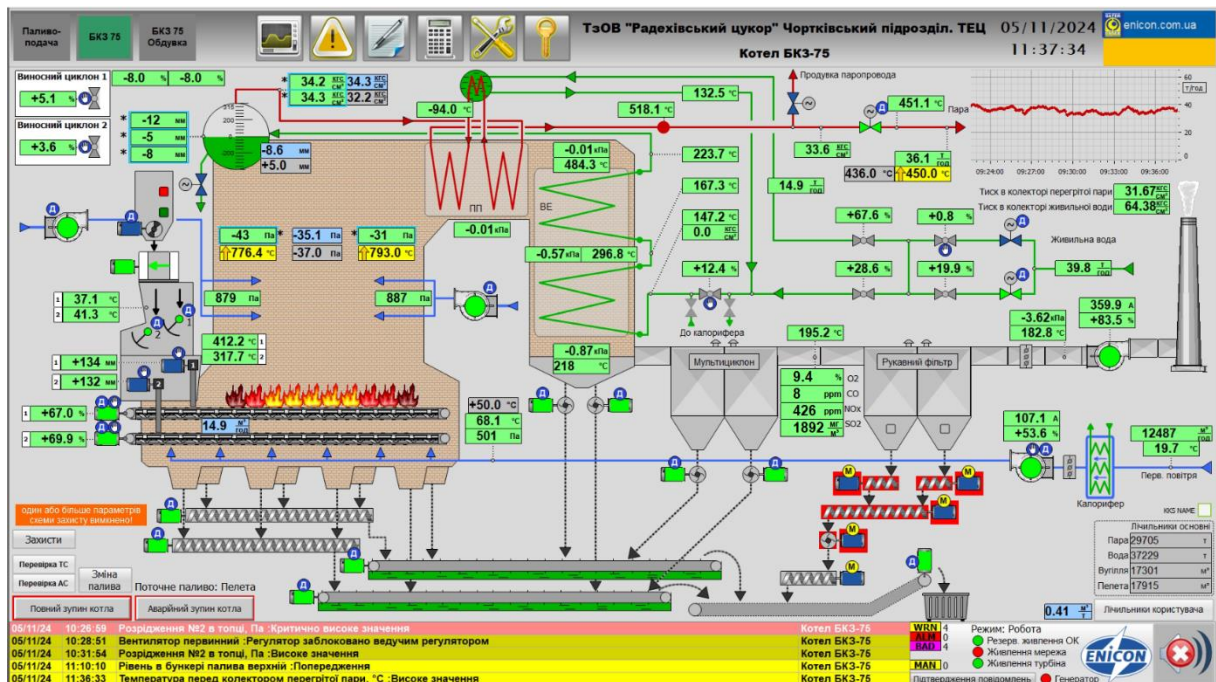


Рис. 4.3. SCADA на працюючому об'єкті. №2 «БКЗ-75»

Кнопки зліва направо: **1**-кнопка переходу на вікно «Паливоподача та золовидалення»; **2** кнопка переходу на мнемосхему котла №2 «БКЗ-75»; **3**-кнопка переходу на мнемосхему котла №2 з апаратами обдувки; **4**- вікно трендів; **5**- журнал подій; **6** – звітна відомість; **7**-калькулятор; **8** – налаштування; **9**- кнопка авторизації.

Якщо параметр в нормі – значення на зеленому фоні, якщо існує помилка датчика – на червоному фоні, що блимає. Сірим фоном позначено поля вводу даних, блакитним – розрахункові значення.

Загальна інформація та інструменти

Верхня панель робочого вікна містить: кнопки переходу на мнемосхеми установок ТЕЦ та додаткові кнопки для переходу на тренди, журнал подій, звітну відомість, налаштування. Дані додаткові кнопки дозволяють перейти в функцію конкретної установки, з мнемосхеми якого відбувався перехід. Також верхня панель містить назву установки, відображається дата та час ПЛК установки. На жовтому фоні прапора після авторизації з'являється ім'я користувача.

Нижня панель робочого вікна містить: журнал подій з п'ятьма останніми подіями, стан живлення щита керування установки, режим роботи установки, кнопку підтвердження наявних подій (повідомлень) та кнопку зняття звуку.

На мнемосхемах також присутні кнопки перевірки технологічної (перевірка ТС) та аварійної (перевірка АС) сигналізації.

В куті мнемосхеми знаходиться кнопка «Захист», при натисненні на яку випадає вікно.

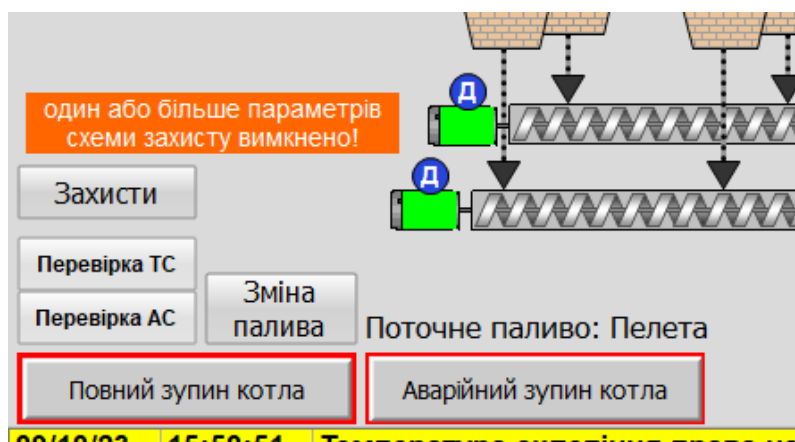


Рис.4.4. Розташування кнопки захистів.

Режими роботи привода

Режими роботи регулятора			
Автоматичний	Ручний позиційний	Ручний імпульсний	
Дистанційний			Місцевий
Привід управляється автоматично контролером	В ручну задається положення ВМ у призначеному для цього полі	Кнопками АРМа	3
		<ul style="list-style-type: none"> • імпульс Більше • імпульс Менше 	<ul style="list-style-type: none"> • Більше • Менше
		Кнопками на щиті / по місцю	

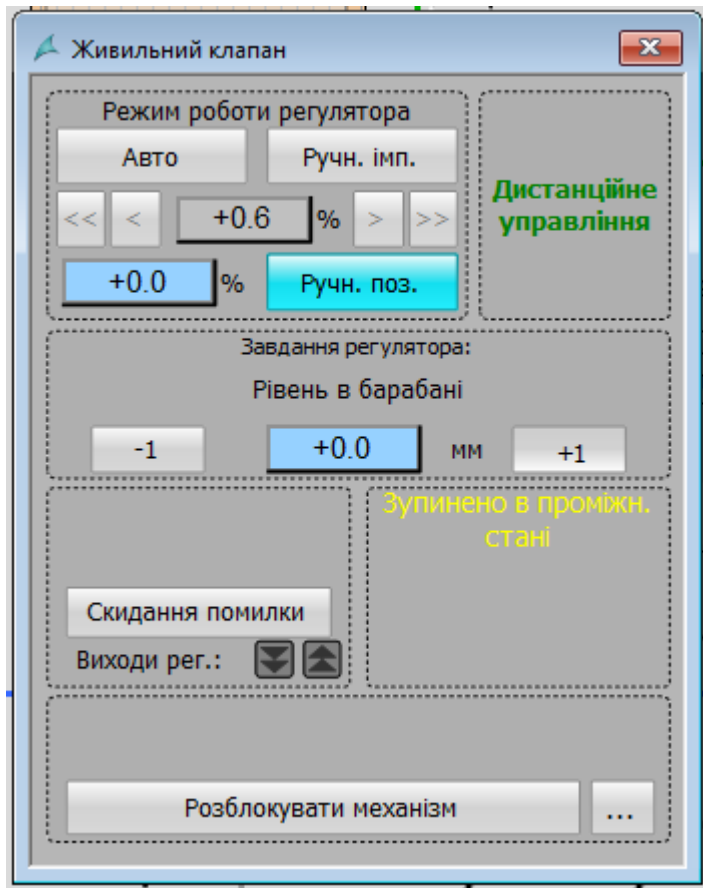


Рис.4.5. Вікно регулюючого приводу з керуванням Більше/Менше.

В даному вікні відображається наступна інформація про привід:

- Режим роботи регулятора: Автоматичний / Ручний імпульсний / Ручний позиційний;
- заблокований стан;
- аварійні стани: відсутність живлення, аварія обладнання по місцю, зависання регулятора, блокування автоматичного режиму, невідпрацювання регулятора;
- робочі стани: відкритий, закритий, зупинено в проміжному стані, відкривається, закривається, рухається в довільному напрямку;
- режими управління регулятора: дистанційне управління / ручний зі щита.

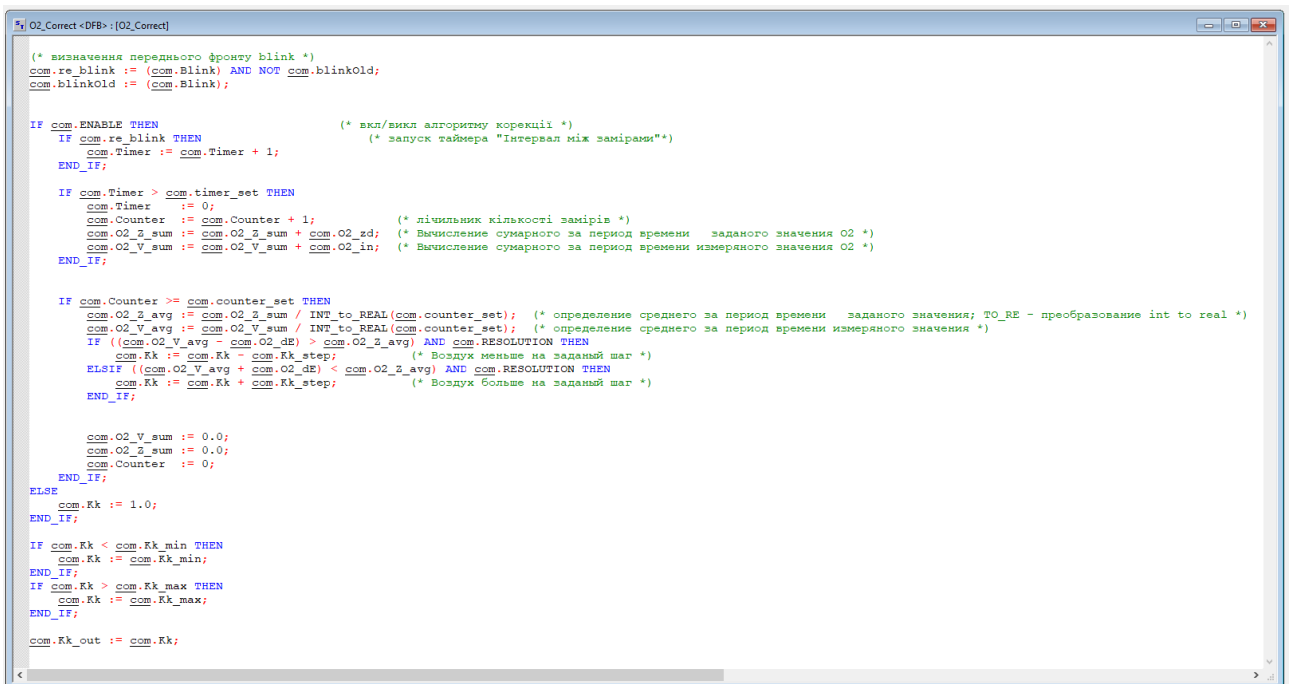
Окрім управління ВМ у вікні є можливість змінювати завдання регулятора на фіксований крок кнопками + / - , або введення в ручну необхідного положення / швидкості. У разі зависання регулятора в

автоматичному режимі є кнопка «Скидання помилки», яка оновлює регулятор.

Також у вікні управління є кнопка «Розблокувати механізм», яка призначена для скидання аварій та розблокування приводу для подальшого управління після виникнення аварійних ситуацій.

4.2. Програма системи регулювання співвідношення паливо – повітря з корекцією по кисню

Програма написана в середовищі розробки Control Expert (Unity Pro). Функціональні блоки написані з широким функціоналом, що дозволяє застосовувати їх для різних типових задач. Наприклад блок регулятора є універсальним, і застосовується для виконання автоматичного регулювання по іншим параметрам. Таким самим чином було написано блок корекції по кисню, аби була можливість забезпечити цим самим блоком корегування роботи регулятора інших параметрів (наприклад солевмісту).



```
O2_Correct <DFB> : [O2_Correct]

(* визначення переднього фронту blink *)
com.re_blink := (com.Blink) AND NOT com.blinkold;
com.blinkold := (com.Blink);

IF com.ENABLE THEN
  IF com.re_blink THEN
    com.Timer := com.Timer + 1;
  END_IF;
  IF com.Timer > com.timer_set THEN
    com.Timer := 0;
    com.Counter := com.Counter + 1;
    com.O2_2_sum := com.O2_2_sum + com.O2_2d;
    com.O2_V_sum := com.O2_V_sum + com.O2_in;
  END_IF;

  IF com.Counter >= com.counter_set THEN
    com.O2_2_avg := com.O2_2_sum / INT_to_REAL(com.counter_set);
    com.O2_V_avg := com.O2_V_sum / INT_to_REAL(com.counter_set);
    IF ((com.O2_V_avg - com.O2_db) > com.O2_2_avg) AND com.RESOLUTION THEN
      com.Kk := com.Kk - com.Kk_step;
    ELSEIF ((com.O2_V_avg + com.O2_db) < com.O2_2_avg) AND com.RESOLUTION THEN
      com.Kk := com.Kk + com.Kk_step;
    END_IF;

    com.O2_V_sum := 0.0;
    com.O2_2_sum := 0.0;
    com.Counter := 0;
  END_IF;
ELSE
  com.Kk := 1.0;
END_IF;

IF com.Kk < com.Kk_min THEN
  com.Kk := com.Kk_min;
END_IF;
IF com.Kk > com.Kk_max THEN
  com.Kk := com.Kk_max;
END_IF;

com.Kk_out := com.Kk;
```

Рис. 4.6. Вікно розробки програми коректора по кисню.


```
com.O2_Z_avg := com.O2_Z_sum / INT_to_REAL(com.counter_set); (*  
визначення середнього за період часу заданого значення; TO_RE -  
перетворення int to real *)
```

```
com.O2_V_avg := com.O2_V_sum / INT_to_REAL(com.counter_set); (*  
визначення середнього за період часу виміряного значення *)
```

```
IF ((com.O2_V_avg - com.O2_dE) > com.O2_Z_avg) AND  
com.RESOLUTION THEN
```

```
com.Kk := com.Kk - com.Kk_step; (* Повітря менше на заданий  
крок *)
```

```
ELSIF ((com.O2_V_avg + com.O2_dE) < com.O2_Z_avg) AND  
com.RESOLUTION THEN
```

```
com.Kk := com.Kk + com.Kk_step; (* повітря більше на заданий  
крок *)
```

```
END_IF;
```

```
com.O2_V_sum := 0.0;
```

```
com.O2_Z_sum := 0.0;
```

```
com.Counter := 0;
```

```
END_IF;
```

```
ELSE
```

```
com.Kk := 1.0;
```

```
END_IF;
```

```
IF com.Kk < com.Kk_min THEN
```

```
com.Kk := com.Kk_min;
```

```
END_IF;
```

```
IF com.Kk > com.Kk_max THEN
```

```
com.Kk := com.Kk_max;
```

```
END_IF;
```

```
com.Kk_out := com.Kk;
```

Всі теги, що застосовувались в цьому функціональному блоку наведено на рисунку 3.6.

Variables DDT Types Function Blocks DFB Types			
Filter			
Name	Type	Comment	
+	List_Reporter_and...	<Struct>	
+	List_Sensor1from3...	<Struct>	
+	List_Sensor_Choise	<Struct>	
+	list_tags_PROCs	<Struct>	
+	List_UserCounter	<Struct>	
+	List_WriteSqlRow	<Struct>	
+	LMNG_PID	<Struct>	Структура для блока PID
+	MODULE	<Struct>	
+	NVARS	<Struct>	
+	O2_Correct_DDT	<Struct>	Структура коректора співвідношення паливо/повітря по вмісту кисню
	O2_zd	REAL	
	O2_in	REAL	
	Kk_out	REAL	
	IN_bits	INT	
	RESOLUTION	BOOL	
	Blink	BOOL	
	ENABLE	BOOL	
	IN_bits_3	BOOL	
	IN_bits_4	BOOL	
	IN_bits_5	BOOL	
	IN_bits_6	BOOL	
	IN_bits_7	BOOL	
	IN_bits_8	BOOL	
	IN_bits_9	BOOL	
	IN_bits_10	BOOL	
	IN_bits_11	BOOL	
	IN_bits_12	BOOL	
	IN_bits_13	BOOL	
	IN_bits_14	BOOL	
	IN_bits_15	BOOL	
	Counter	INT	
	Timer	INT	
	timer_set	INT	
	counter_set	INT	
	Static_bits	INT	
	re_blink	BOOL	
	blinkOld	BOOL	
	Static_bits_2	BOOL	
	Static_bits_3	BOOL	
	Static_bits_4	BOOL	
	Static_bits_5	BOOL	
	Static_bits_6	BOOL	
	Static_bits_7	BOOL	
	Static_bits_8	BOOL	
	Static_bits_9	BOOL	
	Static_bits_10	BOOL	
	Static_bits_11	BOOL	
	Static_bits_12	BOOL	
	Static_bits_13	BOOL	
	Static_bits_14	BOOL	
	Static_bits_15	BOOL	
	Kk	REAL	
	O2_V_sum	REAL	
	O2_Z_sum	REAL	
	O2_Z_avg	REAL	
	O2_V_avg	REAL	
	O2_dE	REAL	
	Kk_step	REAL	
	Kk_min	REAL	
	Kk_max	REAL	
+	PARASTOIMI	<Struct>	

Рис. 4.8. Теги коректора кисню.

Програмний код блоку регулятора наведено нижче:

```
(*REGION (*Автоматичний перезапуск регулятора*)
  AUTO_RESET(IN := REG_CFG.FEEDBACK,
             fdE := REG_HMI.AUTO_RESET_VAL,
             Tfs := REG_HMI.AUTO_RESET_TIME,
             ch_f_bad := AUTO_RESET_ch_f_bad); (*Перевіряємо на
зависання регулятора*)
  IF NOT AUTO_RESET_ch_f_bad AND auto_reset_act THEN
    auto_reset_act := FALSE;
  END_IF;
  REG_CFG.STA_ALM_FRZ := REG_HMI.AUTO_RESET_ON AND
REG_CFG.STA_AUTO AND AUTO_RESET_ch_f_bad;
  IF (REG_HMI.AUTO_RESET_ON AND REG_CFG.STA_AUTO AND
AUTO_RESET_ch_f_bad AND PID_ER <> 0.0 AND NOT auto_reset_act)
THEN (*Автоматичне скидання регулятора*)
  REG_CFG.STA_REG_RESETTING := TRUE;
  ELSIF REG_CFG.STA_MAN_RESET THEN (*Ручне скидання
регулятора*)
  REG_CFG.STA_REG_RESETTING := TRUE;
  REG_CFG.STA_MAN_RESET := FALSE;
END_IF;
Reset_Timer1(IN := REG_CFG.STA_REG_RESETTING,
             PT := T#1s);
PID_RESET := Reset_Timer1.Q;
DUMPING_RESET := Reset_Timer1.Q;
IF Reset_Timer1.Q THEN
  auto_reset_done := TRUE;
END_IF;
Reset_Timer2(IN := auto_reset_done,
             PT := T#1s);
```

```

IF auto_reset_done AND Reset_Timer2.Q THEN
    auto_reset_act := TRUE;
    auto_reset_done := FALSE;
    REG_CFG.STA_REG_RESETTING := FALSE;
END_IF;
(*END_REGION*)
(*REGION (*Вибір входів PV та SP*)
IF CHANGE_SP_PV THEN
    SP := IN_PV;
    REG_HMI.PV := REG_CFG.SP;
ELSE
    SP := REG_CFG.SP;
    REG_HMI.PV := IN_PV;
END_IF;
(*END_REGION*)
(*REGION (*Обмеження завдання*)
IF (SP <= REG_HMI.SP_MIN) THEN
    SP := REG_HMI.SP_MIN;
END_IF;
IF (SP >= REG_HMI.SP_MAX) THEN
    SP := REG_HMI.SP_MAX;
END_IF;
REG_CFG.SP_MAX := REG_HMI.SP_MAX;
REG_CFG.SP_MIN := REG_HMI.SP_MIN;
(*END_REGION*)
(*REGION (*Фільтрація входу (мс)*)
IF (REG_HMI.DUMP_PV <= 100) THEN
    REG_HMI.DUMP_PV := 100;
END_IF;
DUMPING(IN := REG_HMI.PV,

```

```

DUMP := DINT_TO_TIME(REG_HMI.DUMP_PV),
RESET := DUMPING_RESET,
CYCLE := CYCLE,
OUT := DUMPING_OUT);
(*END_REGION*)
(*REGION (*Зона нечутливості, Взаємне блокування регуляторів*)
IF REG_CFG.STA_AUTO THEN
    REG_HMI.ER := SP - DUMPING_OUT;
ELSE
    REG_HMI.ER := 0.0;
END_IF;
er_abs := ABS(REG_HMI.ER);
IF er_abs <= REG_HMI.DBAND THEN
    PID_ER := 0.0;
END_IF;
IF er_abs > REG_HMI.DBAND THEN
    PID_ER := REG_HMI.ER;
END_IF;
er_dband := REG_HMI.ER - REG_HMI.DBAND;
BLOCK_MORE_OUT := er_dband > REG_HMI.DBAND2;
BLOCK_LESS_OUT := er_dband < REG_HMI.DBAND2 * -1.0;
(*END_REGION*)
(*REGION (*PID алгоритм*)
PID_TI:=DINT_TO_TIME(REG_HMI.TI);
PID_TD:=DINT_TO_TIME(REG_HMI.TD);
PID_TD_DUMP := DINT_TO_TIME(REG_HMI.TD_DUMP);
PID_CYCLE := CYCLE;
PID(ER := PID_ER,
    PV := DUMPING_OUT,
    KP := REG_HMI.KP,

```

```

TI := PID_TI,
TD := PID_TD,
TD_DUMP := PID_TD_DUMP,
D_ON := REG_HMI.D_ON,
CYCLE := PID_CYCLE,
PidOutv := REG_HMI.PidOutv,
LMNG_PID := REG_CFG.LMNG_PID,
PID_LMNG => REG_CFG.PID_LMNG);
(*END_REGION*)
(*REGION (*Обробка блокувань*)
  (*Вхідні блокування транслюються в девайс, бо їх обробка має
відбуватись там*)
  REG_CFG.STA_BLOCK_MORE_IN := BLOCK_MORE_IN;
  REG_CFG.STA_BLOCK_LESS_IN := BLOCK_LESS_IN;
  REG_CFG.STA_BLOCK_MORE_OUT := BLOCK_MORE_OUT;
  REG_CFG.STA_BLOCK_LESS_OUT := BLOCK_LESS_OUT;
  Timer_block_IN(IN := (BLOCK_LESS_IN OR BLOCK_MORE_IN),
    PT := T#20s,
    Q => REG_CFG.STA_ALM_REG_BLOCK_IN);
  Timer_block_OUT(IN := (BLOCK_MORE_OUT OR BLOCK_LESS_OUT),
    PT := T#20s,
    Q => REG_CFG.STA_ALM_REG_BLOCK_OUT);
(*END_REGION*)
(*REGION (*Діагностика відпрацювання приводу*)
  TON_ER_ALARM(IN := (REG_CFG.STA_AUTO AND PID_ER >
REG_HMI.DBAND_ER_ALARM AND NOT BLOCK_LESS_IN AND NOT
BLOCK_MORE_IN),
    PT := DINT_TO_TIME(REG_HMI.T_ER_ALARM * 1000));
  IF TON_ER_ALARM.Q THEN
    REG_CFG.STA_ALM_ER := TRUE;

```

```

END_IF;
IF (REG_CFG.STA_AUTO AND PID_ER <=
REG_HMI.DBAND_ER_ALARM) OR NOT REG_CFG.STA_AUTO THEN
    REG_CFG.STA_ALM_ER := FALSE;
END_IF;
(*END_REGION*)
REG_HMI.PV := IN_PV;

```

Всі теги, застосовані в программі регулятора прокоментовані та наведені на рисунку 3.7.

Name	no.	Type	Value	Comment
PID_HLB10_AN001		PID_framework		
PID_HLB10_AN001_2		PID_framework		Співвідношення газ-повітря
<inputs>				
<outputs>				
<inputs/outputs>				
REG_CFG	6	REG_CFG		
ID		UINT		Унікальний ідентифікатор
CLSID		UINT		Ідентифікатор класу
STA		INT		Біти статусу
STA_AUTO		BOOL		=1 - автоматичний режим (девайс => рег.)
STA_BLOCK_LESS_IN		BOOL		=1 - блокування регулятора на менше (по сигналу ведучого регулятора) (рег. => девайс)
STA_BLOCK_MORE_IN		BOOL		=1 - блокування регулятора на більше (по сигналу ведучого регулятора) (рег. => девайс)
STA_BLOCK_LESS_OUT		BOOL		=1 - блокування веденого регулятора на менше (рег. => девайс)
STA_BLOCK_MORE_OUT		BOOL		=1 - блокування веденого регулятора на більше (рег. => девайс)
STA_MAN_RESET		BOOL		=1 - ручне скидання помилки регулятора (HMI => девайс => рег.)
STA_REG_RESETTING		BOOL		=1 - відбувається автоматичне скидання регулятора (рег. => девайс)
STA_bt7		BOOL		
STA_bt8		BOOL		
STA_bt9		BOOL		
STA_bt10		BOOL		
STA_bt11		BOOL		
STA_ALM_REG_BLOCK_O...		BOOL		=1 - блокування ведомого регулятора
STA_ALM_REG_BLOCK_IN		BOOL		=1 - Регулятор заблоковано іншим регулятором/девайсом
STA_ALM_FRZ		BOOL		=1 - зависання регулятора (рег. => девайс)
STA_ALM_ER		BOOL		=1 - не відпрацювання регулятора по завданню (велике розузгодження) (з блоку регулятора)
PID_LMNG		PID_LMNG		Структура від регулятора (рег. => девайс)
LMNG_PID		LMNG_PID		Структура від SERVVO (девайс => рег.)
SP		REAL		Завдання регулятора (девайс => рег.)
SP_MAX		REAL		Завдання регулятора макс (рег. => девайс)
SP_MIN		REAL		Завдання регулятора мін (рег. => девайс)
FEEDBACK		REAL		Зворотній зв'язок (Положення ВМ) (девайс => рег.)
REG_HMI	7	REG_HMI		Налаштування регулятора і об'єкти, налаштовується з HMI. Також деякі теги надходять в HMI тільки для відображення.
ER		REAL		Розузгодження регулятора
PV		REAL		Від (регулюємий параметр)
PidOutv		REAL		Вихід ПІД-алгоритму
KP		REAL		Кр
TI		DINT		Ti, мс
TD		DINT		Td, мс
TD_DUMP		DINT		Час запізнення Td, мс
SP_MIN		REAL		Обмеження Завдання регулятора по мін.
SP_MAX		REAL		Обмеження Завдання регулятора по макс.
DBAND		REAL		Зона нечутливості
DBAND2		REAL		Додаткова зона нечутливості для блок рег.
AUTO_RESET_VAL		REAL		Автоскидання регулятора: діапазон нечутливості на зависання
AUTO_RESET_TIME		DINT		Автоскидання регулятора: час перевірки на зависання
T_ER_ALARM		DINT		Діагностика на не відпрацювання регулятора по завданню (велике розузгодження) - час перевірки, с
DBAND_ER_ALARM		REAL		Діагностика на не відпрацювання регулятора по завданню (велике розузгодження) - уставка розузгодження
DUMP_PV		DINT		Фільтрація входу, мс
Bits		INT		
D_ON		BOOL		Активція Д-складової
AUTO_RESET_ON		BOOL		Активція автоскидання регулятора при зависанні
Bits_2		BOOL		
Bits_3		BOOL		
Bits_4		BOOL		
Bits_5		BOOL		
Bits_6		BOOL		
Bits_7		BOOL		
Bits_8		BOOL		
Bits_9		BOOL		
Bits_10		BOOL		
Bits_11		BOOL		
Bits_12		BOOL		

Рис. 4.9. Теги регулятора співвідношення паливо – повітря.

Висновки

1. Аналіз існуючих систем автоматизації котелень показав, що забезпечення ефективної роботи котлів, підвищення їх ККД та зменшення витрат палива можливе завдяки оптимізації складу димових газів.

2. Дослідження процесу горіння в котлоагрегатах виявило, що спалювання палива з контрольованим рівнем недопалювання сприяє зменшенню викидів NOX на 30-40% і водночас підвищує ефективність котла. При цьому сумарний показник шкідливості таких режимів є у 1,5-2 рази нижчим, ніж за стандартного спалювання відповідно до режимної карти, а частка оксиду вуглецю у загальній шкідливості викидів не перевищує 3-7%.

3. Впровадження режиму з контрольованим помірним недопалюванням є економічно вигідним і легко реалізується завдяки налагоджувальним випробуванням. Для його ефективної роботи необхідно мати точну інформацію про завершеність процесів згорання, що забезпечується одночасним вимірюванням концентрації CO в димових газах після димососа.

4. Для вирішення задачі підвищення ККД та скорочення витрат палива через оптимізацію складу димових газів було розроблено параметричну схему котлоагрегату, яка демонструє взаємозв'язок між параметрами. Також були створені статистичні моделі, що дозволили виконати апроксимацію регулюючих параметрів. На основі отриманих даних розроблено графік співвідношення "паливо-повітря", який сприяє оптимізації роботи котлоагрегату та всього комплексу управління на ТЕЦ.

5. Використання сучасного інструментального обладнання дало змогу запропонувати ефективні механізми регулювання процесу горіння в котлах, засновані на безперервному контролі рівня оксиду вуглецю.

6. Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що запропонована система автоматизації сприяє зниженню витрат палива та

електроенергії, а також зменшенню обсягів шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Список використаної літератури

1. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи зі спеціальностей 8.05020201 «Автоматизоване управління технологічними процесами» 8.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» / Уклад.: А.П. Ладанюк, І.В.Ельперін, В.Д. Кишенько, В.М.Сідлецький. – К.: НУХТ, 2011. – 15 с.
2. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л.Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2006. – 552 с.
3. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л.Нестеров. – СПб.:
4. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.slideshare.net/pupenasan/kri-oee>.
5. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навч. посібник / О.М.Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк.– К.:Ліра-К, 2011. – 552 с.
6. Пупена, О.М. [Електронний ресурс]: Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт. ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. – К.: НУХТ, 2016. – 135 с.
7. Трегуб, В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: Підручник / В.Г.Трегуб. – К.: Ліра-К, 2016. – 136 с.
8. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.– 344 с.
9. Фёдоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие / Ю.Н. Фёдоров. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 928 с. 1. Мадоян А. А., Базаянц Г. В. Сероулавливание на ТЭС: К.: Техніка. 1992.160 с.

10. Трёмбовля, В.И. Теплотехнические испытания котельных установок [Текст] /В.И. Трёмбовля .– М., "энергия", 1977. – 237 с.
11. Александров В.Г. Паровые котлы средней и малой мощности [Текст] / В.Г. Александров. – М.: Энергия, 1966. – 248 с.
12. Наладка автоматических систем и устройств управления технологическими процессами [Текст] /А.С. Ключев, А.Т. Лебедев, Н.П. Семенов, А.Г. Товарнов. – М.: Энергия, 1977. – 400 с.