

Національний університет "Полтвська політехніка імені Юрія Кондратюка"
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки.
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри (предметної, цільової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

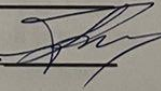
бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: "Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу котельні м. Полтава"

Виконав: студент 2 курсу, групи 201пМЕ
спеціальності 141 "Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка"
(шифр і назву напряму підготовки, спеціальності)

Щербінін Д.В. 
(прізвище та ініціали)

Керівник Бороздин М.К. 
(прізвище та ініціали)

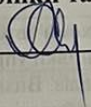
Рецензент Галай В.М.
(прізвище та ініціали)

Полтава - 2024 рік

Національний університет "Полтвська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки.
Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматичної,
електроніки та телекомунікацій**


О.В. Шефер
4 квітня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ**

Щербініну Данило Віталіовичу

1. Тема роботи "Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу котельні м. Полтава"
керівник роботи Бороздін Микола Кирилович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого національного закладу від ____ № ____
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.06.2024 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) технічна документація на котельну установку Б-25-15ГМ Вентилятор п - 730об/хв. N 30кВт Димосос п - 970об/хвN - 55кВт Давачи температури, тиску, перепаду тиск, разрядженні Моделювання та розрахунок САК...
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Характеристика обладнання для оснащення котельної. Аналіз недоліків і постановка задачі на кваліфікаційну роботу. Технологічна схема котельної установки. Карта технологічних параметрів котельної. Розрахунок параметрів котельної установки. Моделювання та розрахунок САК. Вибір та перевірка двигуна електроприводу компресора. Модернізація схеми автоматизації управління. Розроблення структурної схеми САК. Визначення якісних параметрів та стійкості системи.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним значенням обов'язкових плакатів):
 - 1) загальний вигляд котельної установки;
 - 2) карта технологічних параметрів установки;
 - 3) статичні та динамічні характеристики системи автоматизації котельної;
 - 4) технічні засоби автоматизації та контроль;
 - 5) структурна схема САК;
 - 6) визначення стійкості та якості системи.

6. Дата видачі завдання 01.04.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
		Дата початку	Етап	Відсоток виконання	
1	Аналіз недоліків системи автоматизації. Опис основних вузлів котельної установки.	25.04.24	I	20%	Пл.1
2	Розрахунок та моделювання САК, Статичні та динамічні характеристики системи автоматизації котельної установки	10.05.24		40%	Пл.2
3	Модернізація схеми автоматизації котельної установки управління системи.	24.05.24	II	60%	Пл.4
4	Побудова та аналіз. Визначення якісних параметрів та стійкості системи. Можливість автономної роботи системи.	07.06.24		80%	Пл.5
5	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	14.06.24	III	100%	Пл.6

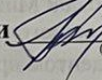
Студент



Щербінін Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



Бороздін М.К.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра "Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу котельні м. Полтава"

Робота містить 82 сторінок, 43 ілюстрацій, 16 таблиць, 17 використаних джерел.

Ключові слова: удосконалення, давачі, засоби автоматизації, з'єднувач, перетворювачі, індикатор, модуль вводу аналогових сигналів модуль дискретних сигналів, дослідження, перетворювачі, живлення.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є котельня м. Полтави. Дослідницька частина роботи включила розробку функціональної схеми автоматизації котельні, дослідження характеристик давачів температури.

Конструкторська-розрахункова частина роботи включила в себе розрахунок автоматизації та моделювання її роботи в різних умовах та її удосконалення.

У результаті проведених досліджень було виявлено, що удосконалення системи автоматизації технологічного процесу котельні м. Полтави може значно покращити її функціонування, знизити витрати енергоресурсів, підвищити рівень безпеки та ефективності виробництва.

Робота має практичну цінність і її результати після більш детальної доробки можуть бути розглянуті для використання на котельні навіть іншого міста.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
1.1. Загальна характеристика технологічного процесу котельні установки.....	9
1.2. Характеристики системи автоматизації.....	20
1.3. Вимоги до системи автоматизації.....	22
2. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	
2.1. Функціональна схема автоматизації котельні.....	23
2.2. Давачі температури тиску та розрядження.....	32
2.3. Джерело живлення котельні.....	39
3. КОНСТРУКТОРСЬКА-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	
3.1. Розрахунок САР та моделювання.....	42
3.2. Удосконалення засобів автоматизації.....	53
3.3. Дослідження АСУ ТП.....	72
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85
ДОДАТКИ	

Вступ

Одне з ключових завдань у розвитку економіки пов'язане з підвищенням ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, що безпосередньо впливає на такі актуальні проблеми сучасності, як забезпечення країни паливом та охорона довкілля.

Дані щодо співвідношення використання паливно-енергетичних ресурсів та їх порівняння з міжнародними показниками показують, що на одиницю національного доходу у нашій країні витрачається більше сировини та енергії, ніж у інших країнах. Тому підвищення ефективності використання палива дозволить збільшити виробництво кінцевої продукції за тих самих ресурсів.

Вітчизняний та закордонний досвід переконує, що видатки на енергозберігаючі технології та заходи в 3...7 разів ефективніші, ніж збільшення видобутку відповідного об'єму первинних енергоресурсів.

Значними споживачами палива є котельні, які служать джерелом теплоти в системах тепlopостачання. Домінуючою тенденцією в розвитку тепlopостачання було прагнення централізації підключення об'єктів до великих джерел теплоти. Однак на сьогодні маємо багато систем тепlopостачання на базі котлоагрегатів малої та середньої потужності. Котельні, продукцією яких є теплота, економія палива виявляється зниженні питомих витрат палива на одиницю виробленої теплоти.

Метою даного дипломного проекту є розробка автоматизованої системи управління котельним агрегатом завдяки впровадженню сучасних енерго- та ресурсозберігаючих

технологій. Як правило, існуючі котельні обладнані морально і технічно застарілими засобами автоматизації та технологічним обладнанням. Основною задачею автоматизації котельні є безпечна експлуатація котлів та зниження витрат енергоресурсів, але для цього необхідно замінити все обладнання. Повне заміщення існуючого обладнання є досить складним завданням через значні матеріальні та фінансові витрати, які це вимагає. Однак впровадження нових мікропроцесорних засобів керування дозволить суттєво зменшити витрати енергоресурсів та підвищити рівень безпеки під час експлуатації.

Вимоги до системи:

- забезпечити роботу в режимі реального часу;
- можливість роботи котла в автоматичному режимі з підтриманням на заданому рівні технологічних параметрів;
- зменшити шкідливі викиди (продукти згорання) в атмосферу;
- відображення інформації оперативному персоналу в усіх технологічних режимах роботи.

Апаратно автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) організована як шафа управління TVD (1800x600). На ній розміщено:

- програмований логічний контролер (ПЛК) управління та безпеки;
- автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора для відображення інформації про хід технологічного процесу;
- органи ручного управління виконавчими механізмами;

- прилади візуального контролю величин технологічних параметрів.

Контролер, який керує технологічним процесом через цифровий канал, з'єднаний з панеллю оператора. На цій панелі оператор може спостерігати технологічні параметри в режимі реального часу.

Основною продукцією котельні є тепло. Для вироблення тепла в котлі спалюється газ, отримана теплота при цьому передається теплоносію— воді, яка перетворюється в пар. Котли Б-25-15ГМ, якими обладнана котельня можуть працювати на газі та на мазуті. Однак при роботі на мазуті котли зазнають впливу корозії і швидко зношуються, тому використовується як резервне, або взагалі не застосовується. В даному дипломному проекті розробляється система автоматизації котла Б-25-15ГМ, який працює на газовому паливі. При роботі котла на газі забезпечується більш повне згорання палива, викидається менше шкідливих продуктів в атмосферу, зменшуються теплові втрати, спрощується регулювання подачі палива, оскільки газ має сталу питому теплотворність і відсутні пульсації палива.

Прилади автоматизації, які використовуються на котельні, є морально застарілими. Деякі з первинних вимірювальних пристроїв вилучаються (за винятком діафрагм, газоаналізаторів і т. д.) і зберігаються на складі. У наш час з'явилися нові, більш сучасні та точніші вимірювальні пристрої, які мають менші габаритні розміри. Ці пристрої забезпечують отримання точних даних і підвищують точність регулювання. Це дозволяє економити енергоресурси.

Впроваджувана система автоматичного регулювання має однорівневу структуру. На нижньому рівні керування використовується контролер фірми Schneider Electric TSX Micro 37-21 з модулями зв'язку з об'єктом. АРМ оператора виконано у вигляді панелі ХВТ F 024110. TSX Micro 37-21 є потужним багатофункціональним РС- сумісним промисловим контролером. Обмін даними між ПЛК та АРМ здійснюється по протоколу Unitelway.

Застосування частотно-регульованого електроприводу Altivar, витяжних та нагнітальних вентиляторів, дозволить економити електроенергію та більш точно регулювати співвідношення газ-повітря, а це в свою чергу економить паливо та зменшує викиди шкідливих речовин в атмосферу.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика технологічного процесу котельний установки

Паровий котел - це складний агрегат, призначений для виробництва водяної пари. Цей агрегат складається з різних теплообмінних пристроїв, які взаємодіють між собою для передачі тепла від продуктів згоряння палива до води і пари. Паливо слугує джерелом енергії, необхідним для перетворення води в пару. Паровий котел разом з допоміжними пристроями, такими як різноманітні апарати, призначені для перетворення хімічної енергії палива на теплову енергію пари, називається котлоагрегатом. Кілька таких котлоагрегатів, що розташовані разом у спільному приміщенні, утворюють котельну установку, яка може складатися з одного або більше котлоагрегатів.

Котельні установки в промисловості призначені для виробництва пари, яка використовується у парових двигунах (парових машинах і парових турбінах), а також при різних технологічних процесах (наприклад, сушка, випаровування і т. д.), а також для обігріву, вентиляції і побутових потреб. Тому в залежності від призначення розрізняють наступні види котельних установок:

- енергетичні— виробітку пари для парових двигунів;
- виробничо-нагрівальні— виробітку пари для потреб виробництва, обігрівання і вентиляції;
- обігрівальні— виробітку пари для опалення промислових і жилих приміщень;

- змішаного призначення— виробітку пару для забезпечення одночасно живлення парових двигунів, технологічних потреб і обігрівально-вентиляційних установок.

Основними елементами котлоагрегату являються: котел, топка, пароперегрівач, економайзер, повітропідігрівач, а також обмурівка і каркас.

Робочими тілами, що приймають участь в процесі отримання гарячої води або пару для виробничо-технічних цілей і опалення, служать вода, паливо і повітря.

Паропродуктивність котельної установки або її потужність визначається як сума паровиробництва окремих агрегатів, що входять до її складу. Паропродуктивність котлоагрегату вимірюється кількістю пари, яку він виробляє за годину, вираженою в кілограмах або тоннах.

Топковий пристрій котлоагрегату служить для спалювання палива і перетворення його хімічної енергії в тепло найбільш економічними способом.

Пароперегрівач призначений для перегріву пару, отриманого в котлі за рахунок передачі йому тепла димових газів.

Економайзер використовується для нагрівання подачі живильної води до котла за рахунок передачі тепла від димових газів.

Повітропідігрівач служить для нагрівання повітря, що подається в топковий пристрій, за рахунок передачі тепла від димових газів.

Пристрій для підготовки живильної води включає в себе апарати і засоби для хімічної очистки та пом'якшення води, а також видалення газів з неї.

Живильна установка складається з насосів для постачання води під тиском до котла і відповідних трубопроводів.

Тягово-вентиляційний пристрій включає в себе вентилятори, системи газо-повітроводів, димосос і димові труби, які забезпечують подачу потрібної кількості повітря в топковий пристрій, рух продуктів згорання по газоходам і видалення продуктів згорання з котлоагрегату.

Пристрій теплового контролю і автоматичного управління складається із контрольно-вимірювальних пристроїв і автоматів, що забезпечують безперебійну і злагоджену роботу окремих пристроїв котельної установки для виробітку необхідної кількості пару певної температури і тиску.

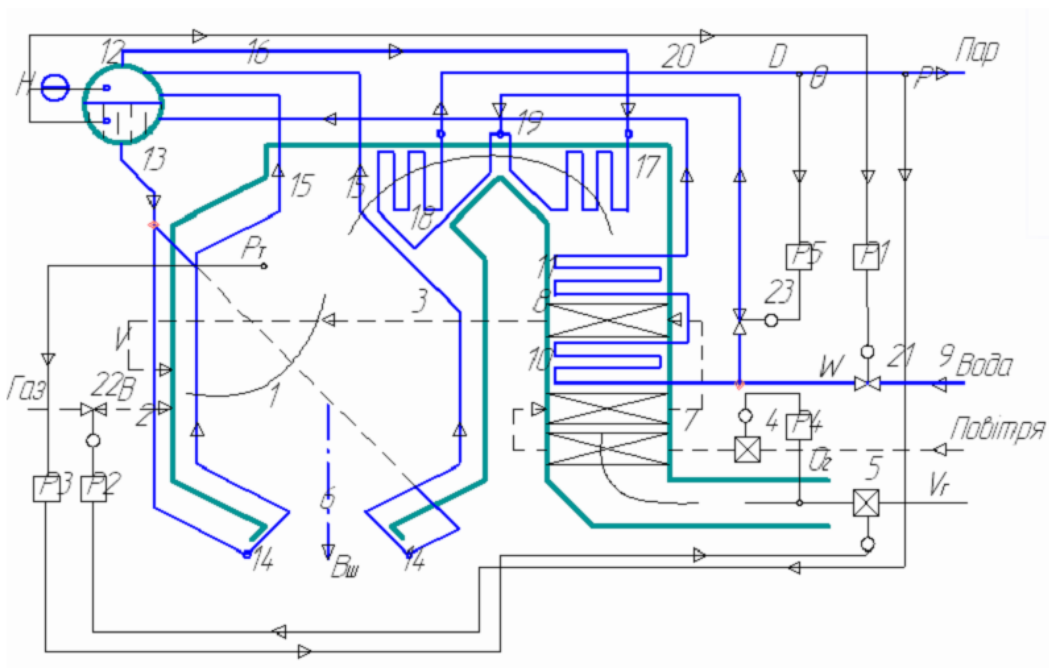


Рис. 1.1 Технологічна схема котла Б-25-15ГМ

Технологічна схема котла приведена вище. На рисунку позначено:

- Топка;
- прилад подачі палива (природного газу);
- повітропровід;
- нагнітальний вентилятор;
- димосос;
- прилад гідравлічного шлаковидалення;
- перша ступінь повітропідігрівача;
- друга ступінь повітропідігрівача;
- живильна магістраль;
- перша ступінь економайзера;
- друга ступінь економайзера;
- барабан котла;
- живильні труби (опускні);

- нижні колектори;
- труби випарних поверхонь нагріву;
- паропровід;
- перша ступінь пароперегрівача;
- друга ступінь пароперегрівача;
- камера змішування;
- паропровід перегрітої пари;
- регулюючий орган живлення (клапан подачі живильної води);
- регулюючий орган подачі палива (природного газу);
- регулюючий орган температури перегрітої пари (клапан вприску);

Р1— автоматичний регулятор рівня води в барабані котла;

Р2— автоматичний регулятор подачі палива (залежить від парового навантаження котла);

Р3— автоматичний регулятор розрідження (залежність між обертами димососа та кількістю димових газів в топці та на виході з трубопроводу);

Р4— автоматичний регулятор співвідношення «паливо— повітря»

(регулятор економічності);

Р5— автоматичний регулятор температури перегрітої пари (залежить від кількості поданої живильної води, що подається в камеру змішування пароперегрівача);

РТ— давач розрідження в топці котла;

Р— давач тиску пари в паровій магістралі;

Н— давач рівня;

B — кількість палива (природного газу);

$BШ$ — кількість шлаку;

$VД$ — об'єм повітря для згорання палива;

$VГ$ — об'єм димових газів;

W — об'єм живильної води;

D — кількість виробленого для користувача пару;

$ДСП$ — кількість пару та гарячої води витрачених на потреби котла;

$NВ$ —енергія, що виділяється за одиницю часу при згоранні палива;

$NД$ — частина енергії, що передається за одиницю часу робочому середовищу;

NP — втрати енергії за одиницю часу на тепловіддачу в оточуюче середовище, втрати з димовими газами, шлаком.

Використовуючи дані буквені позначення визначимо основні рівняння для стаціонарного режиму роботи котла :

- матеріальний баланс теплоносія:
- матеріальний баланс робочого тіла:
- енергетичний баланс котла:

Головним носієм тепла є вода, яка піддається спеціальній підготовці для використання у котлах. Якість цієї живильної води напряму впливає на ефективність роботи поверхонь нагрівання котельних агрегатів і систем тепlopостачання. Оцінювання якості води зазвичай здійснюється за такими показниками, як прозорість (рівень речовин, які можна видалити за допомогою механічного фільтрування), сухий залишок (кількість мінеральних і органічних домішок після випарювання), жорсткість (кількість кальцію та магнію),

лужність (наявність у воді бікарбонатів, карбонатів та гідроксидів), і вміст агресивних газів (кисень та вуглекислий газ). Основне завдання обробки води у котельнях полягає у протидії корозії та утворенню накипу. Корозія поверхонь нагрівання котлів, обігрівачів та теплових мереж викликається киснем та вуглекислим газом, які потрапляють до системи разом із живильною водою. Вимоги до якості води в парових котельнях різні через те, що вода випаровується у парових котлах, тоді як у водогрійних лише нагрівається. Джерелами водопостачання котелень можуть бути поверхневі води рік, озер, штучних водосховищ, а також підземні води артезіанських свердловин. Вибір методу обробки води для теплових мереж визначається вимогами до якості живильної води та залежить від системи теплопостачання – закрита або відкрита, та від якості вихідної води.

Далі вода поступає в деаератор (об'єм деаератора 50 м³), де відбувається забирання кисню з води при температурі 105°C та тиску 0.2 атм. Температура та тиск в деаераторі підтримуються постійними. Для поглинання залишкового тепла відхідних газів, підготовлена вода проходить через економайзер, підігриваючись до температури на 40°C нижчої, ніж температура насиченої пари.

За допомогою центробіжних насосів вода під тиском безперервно постачається у барабан котла, де відбувається процес перетворення води на пар. Крім того, барабан котла виступає як роздільник між котловою водою і паром.

Рівень води в барабані підтримується постійним (315 мм). З допомогою опускних труб вода з барабану поступає в нижні колектори, до яких приєднані труби екранів, вертикально

встановлені по внутрішнім стінкам топкової камери. Іншим кінцем екранні труби являють собою поверхню нагрівання пароперегрівача, в якому відбувається остаточне нагрівання пари до температури 380°C, з якої утворюється перегріта пара. Перегріта пара під тиском 15 кг/см² потрапляє на парову турбіну марки P2,5-15/3 M, номінальною потужністю 2500 кВт та частотою обертання 3000 об/хв.

Топковий пристрій котлоагрегату використовується для згорання палива та ефективного перетворення його хімічної енергії на тепло. Гарячі гази спочатку охолоджуються у топковій камері, передаючи тепло радіаційним екранним трубам, а потім далі охолоджуються шляхом конвекції, проходячи пароперегрівач і економайзер. Для видалення продуктів згорання встановлено димосос. Для забезпечення оптимального горіння (ідеального співвідношення кисню) є вентилятор, оберти якого регулюються для постачання необхідної кількості повітря.

Контроль за подачею палива в топку гарантує, що паропродуктивність котла відповідає тепловому навантаженню. Регулювання подачі повітря забезпечує оптимальне співвідношення між паливом і повітрям, що дозволяє ефективно використовувати паливо на всіх режимах роботи котла.

Постачання природного газу здійснюється через газорегуляторний пункт. Газ подається з магістрального трубопроводу до газорозподільного пункту (ГРП) котельні. ГРП призначений для зниження тиску газу з мережі до необхідного рівня і автоматичного вимикання газу в потрібних випадках. Після ГРП газ розподіляється на котли.

Газорозподільний пункт обладнується:

- фільтр— для очищення газу від механічних домішок;

- запобіжний запірний клапан— для повного автоматичного вимикання газу при підвищенні чи зниженні тиску газу за регулятором;
- регулятор тиску— для автоматичного зниження тиску газу і підтримання його на певному рівні незалежно від зміни витрат газу на котли й коливань тиску вхідному газопроводі;
- обліковий пристрій— для реєстрації витрат газу;
- запобіжний скидний пристрій— для скидання певного об'єму газу в атмосферу при можливих короточасних підвищеннях його тиску за регулятором;
- обвідний газопровід (байпас)— для пропускання в необхідних випадках газу поза устаткуванням;
- манометри— для вимірювання тиску газу у вхідному та вихідному газопроводах, до і після фільтру, в обвідному газопроводі;
- запірні пристрої.

Безпосереднє спалювання газу здійснюється пальниками. Пальники також проводять підготовку газоповітряної суміші для спалювання.

Для забезпечення нормальної роботи котла треба подавати необхідний об'єм повітря на горіння, створювати певну швидкість руху газового потоку, видаляти з топки продукти горіння. Рух повітря і димових газів трактами котельного агрегату здійснюється внаслідок природної тяги або тягодуттєвими пристроями— вентиляторами та димососами, які створюють штучну тягу. Дуттьовий вентилятор подає в топку повітря, долаючи опір повітропроводів. Димососи висмоктують продукти згорання з газоходів і подають у димову трубу.

Повітря для горіння може бути забране або з котельні, або подається ззовні, щоб у приміщенні не створювалося негативного тиску. Для покращення процесу горіння повітря перед використанням попередньо підігрівається у повітропідігрівниках.

У топці відбувається згорання палива, а частина випромінюваної теплоти передається воді або паровій суміші. Тепло в топці передається через випромінювання від факела.

Співвідношення між паливом і повітрям є строго визначеним. Теоретично необхідний об'єм повітря для згорання — це мінімальний об'єм повітря, при якому можливе повне згорання маси або об'єму палива. Теоретично необхідний об'єм повітря залежить від складу палива. Для повного згорання 1м³ природного газу такий об'єм становить 9.5, 1кг мазуту - 10, 1кг антрациту—7м³.

Якщо в процесі горіння бере участь більше повітря, ніж теоретично потрібно, в продуктах згорання залишається кисень і азот надлишкового, яке не брало участь в горінні, а також водяна пара, що міститься у газовому паливі та повітрі.

Зазвичай для горіння подається більше повітря, ніж теоретично необхідно, через те, що в пальниках і топках складно створити ідеальні умови для змішування палива з повітрям. Для повного згорання палива подають додаткову кількість повітря, яка не бере участі у процесі горіння і виводиться з топки разом з продуктами згорання. Реальна кількість повітря, необхідного на 1 кг (м³) палива, визначається формулою: де α - коефіцієнт надлишку повітря.

Необхідний надлишок повітря залежить від типу палива, способу його спалювання та конструкції топки. Чим менший

коефіцієнт надлишку повітря, тим економічніше протікає процес горіння. В залежності від конструкції котла, коефіцієнт надлишку повітря може змінюватися по мірі піднімання газів у газоводі до димаря через нещільності в конструкції котла, наявність розрідження або надлишкового тиску. Вибір оптимального значення коефіцієнта надлишку повітря залежить від типу палива та типу пальника. Для різних котлоагрегатів оптимальні значення коефіцієнта зазвичай знаходяться в межах від 1,05 до 1,25.

Для забезпечення безпечної експлуатації технологічного об'єкта, необхідно передбачити спрацювання автоматики захисту за такими параметрами:

- відрив полум'я;
- рівень живильної води в барабані високий;
- рівень живильної води в барабані низький;
- тиск газу високий;
- тиск газу низький;
- розрідження в топці високе;
- розрідження в топці низьке;
- тиск пару високий;
- тиск повітря високий;
- тиск повітря низький;
- температура перегрітого пару висока.
- аварія частотного регулювання швидкості приводів вентилятора і димососа

Завданням автоматизації управління технологічним процесом об'єкта є:

- стабілізація розрідження в топці;

- регулювання рівня води в барабані котла;
- стабілізація тиску пари;
- регулювання температури пари після пароперегрівача.

Для забезпечення оптимальних режимів перебігу технологічного процесу, необхідно забезпечити регулювання таких технологічних параметрів:

- співвідношення газ-повітря;
- вміст O_2 у димових газах.

1.2 Характеристики системи автоматизації котельні

Котел працює з урівноваженим потоком повітря. Топкова камера має захисні труби діаметром 60x3 мм. Фестони розміщені у верхній частині труб заднього екрану. Колектори екранів складаються з труб діаметром 219x11 мм. На фронтальній стінці топки, в нижній частині, розташовано два пальники, які були піддані реконструкції. Барабан котла має зварне виконання з внутрішнім діаметром 1500 мм і товщиною стінки 36 мм. Барабан поділений на три відсіки: центральний — для чистої води та по краях — для солоних вод.

У нижній частині перегородок розташовані канали, через які вода переходить з чистого відсіку в солоні. Котел працює за триступеневою схемою випаровування.

Перший етап випаровування відбувається у чистому відсіку барабана. У цьому відсіку встановлені плівкові лабіринтові сепаратори як засіб сепарації, а для живильної води додатково встановлено жалюзійний сепаратор.

Другий етап випаровування відбувається у солоних відсіках барабана, в яких розміщені по два внутрішні барабанні циклони діаметром 290 мм.

Третій етап випаровування включає виносні циклони діаметром 273 мм. Пара з виносних циклонів надходить у солоні відсіки барабана.

Пароперегрівач— сталевий, конвективний, поверхнею нагріву 112м², включений по проти точній схемі.

Змійовики пароперегрівача виконані з труб 38x13мм. В камері насиченої пари встановлений поверхневий пароохолоджувач, призначений для регулювання температури перегрітої пари. Вищезгадана камера виконана з труб 325x8мм. Камера перегрітої пари виготовлена з труби 273x16мм. Економайзер— сталевий, змієвиковий, киплячого типу складається з двох пакетів загальною поверхнею нагріву 316м². змійовики економайзера виготовлені з труб 032x3мм. Колектори економайзера виконані з труб 159мм. Повітропідігрівач—сталевий, трубчастий, поверхнею нагріву 594м², складається з 2-х кубів. Вертикально розташовані трубки повітропідігрівача омиваються зсередини димовими газами, а зовні повітрям йде на горіння.

Котел Б-25-15ГМ обладнаний наступними тягодуттєвими машинами:

Вентилятор ВД-12 $n=730\text{об/хв. } N=30\text{кВт};$

Димосос Д-12 $n=970\text{об/хв } N=55\text{кВт.}$

Для отримання якісної пари з виносних циклонів при збільшенні паропродуктивності котла, існуюча конструкція циклонів замінена на конструкцію виносних циклонів із сплюснутими патрубками. Приєднувальні розміри по живильній воді, перегрітій парі, безперервному, періодичному продуванню і природному газу після реконструкції залишилися без змін.

1.3. Вимоги до системи автоматизації

Передбачити автоматичне припинення подачі газу до пальників у випадку:

- збільшення або зниження тиску газу перед пальниками;
- зниження розрідження в топці;
- зниження тиску повітря перед пальниками;
- гасіння факелу пальника;
- збільшення або зниження рівня води в барабані;
- перевищення допустимого тиску в барабані більше 10%;
- несправності лінії захисту;
- відключенні вентилятора або димососа.

Передбачити світлову та звукову сигналізацію у випадку:

- спрацювання системи захисту;
- перевищенні температури перегрітої пари.

Передбачити автоматичне блокування подачі газу до пальників у випадку:

- непрацюючому вентиляторі;
- відсутності необхідного рівня в барабані котла.

2. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Функціональна схема автоматизації котельні

На підставі інформації про технологічний процес та складеної на його основі картки технологічних параметрів ми розробимо функціональну схему автоматизації. Ця схема буде включати 5 контурів регулювання.

- САР співвідношення газ-повітря;
- САР витрати газу;
- САР розрідження в топці котла;
- САР температури перегрітої пари;
- САР рівня води в барабані.

САР співвідношення газ-повітря

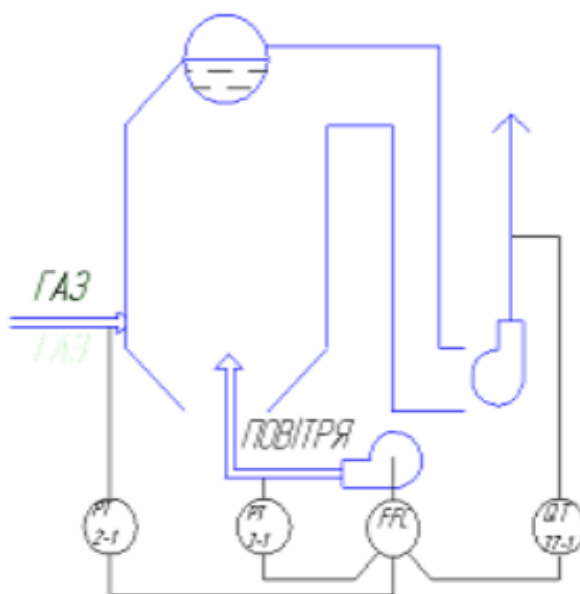


Рис. 2.1 САР співвідношення газ-повітря

Задача полягає в підтримці оптимального економічного режиму для горіння газу в топці котла. Для цього в топку надається більше повітря, ніж потрібно для повного згорання газу. Відношення кількості повітря, що подається в топку, до теоретично потрібної кількості для повного згорання газу, визначається як коефіцієнт надлишку повітря. Для газово-мазутних котлів цей коефіцієнт зазвичай лежить у діапазоні від 1.02 до 1.05. Контроль за коефіцієнтом здійснюється через вимірювання вмісту кисню (O_2) у димових газах. При змінах у витрачанні газу, зумовлених змінами у паровому навантаженні, необхідно пропорційно змінювати витрату повітря. Кількість природного газу регулюється контуром регулювання тиску пари (РТ 1-1), тоді як система, яка відповідає за співвідношення між ними, впливає лише на витрату повітря. Ця система функціонує як засіб контролю. Витрата газу вимірюється за допомогою витратоміра (РТ 2-1), який складається з диференціального манометра та діафрагми, розташованої на газопроводі до пальників котла. Сигналом зворотного зв'язку є інформація про витрату повітря, що визначається опосередковано через вимірювання тиску за допомогою диференціального манометра (РТ 3-1) після повітряного вентилятора.

Для забезпечення оптимального процесу горіння, на САР співвідношення газ-повітря додатково подається коригуючий сигнал із газоаналізатора QT 37-1 про вміст O_2 у відхідних газах, який містить інформацію про повноту згорання газу. Наявність O_2 у відхідних газах свідчить про надлишок повітря. Максимальна зміна витрати повітря за сигналом газоаналізатора становить $\pm 10\%$ від поточної витрати. Витрата повітря

регулюється за допомогою зміни частоти обертів нагнітального вентилятора. (Див. Рис 2.2 САР витрати газу)

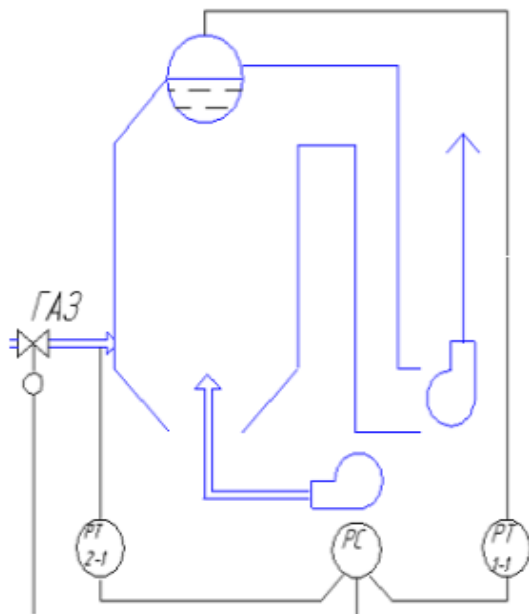


Рис. 2.2 - САР витрати газу

Внаслідок зміни парового навантаження змінюється витрата газу. При збільшенні витрати пари, знижується її тиск. Давач тиску (PT 1-1) подає сигнал на ПЛК, цей сигнал є збуренням. Основний сигнал про витрату газу надходить від давача витрати газу (PT 2-1). Завдяки сигналу від давача тиску PT 1-1 мікропроцесорна система виробляє керуючий вплив на виконавчий механізм подачі газу (заслінку малого опору—ЗМО). Внаслідок відкриття заслінки температура в барабані котла зростає, збільшується тиск пари та стабілізується. (Див. Рис. 2.3 САР розрідження в топці котла)

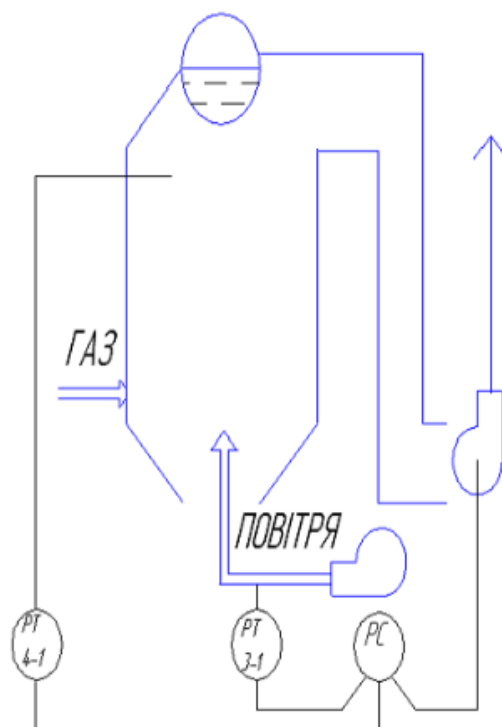


Рис. 2.3. САР розрідження в топці котла.

Економічність процесу горіння в топці залежить від підтримання

розрідження в верхній частині топки на оптимальному значенні. При оптимальному значенні розрідження знижуються присоси холодного повітря в топку і вихід димових газів з топки в котельний цех. Основним збуренням є витрата повітря, інформацію про що подає давач витрати (РТ 3-1). Розрідження вимірюється в верхній частині топки дифтягоміром (РТ 4-1). Сигнал про розрідження надходить на вхід ПЛК, яка виробляє керуючий вплив змінюючи частоту обертання двигуна димососа.

Перехідні процеси по тиску повітря і розрідженню в топці мало інерційні та не викликають труднощів по настройці САР (Див. Рис. 2. 4 САР температури перегрітої пари)

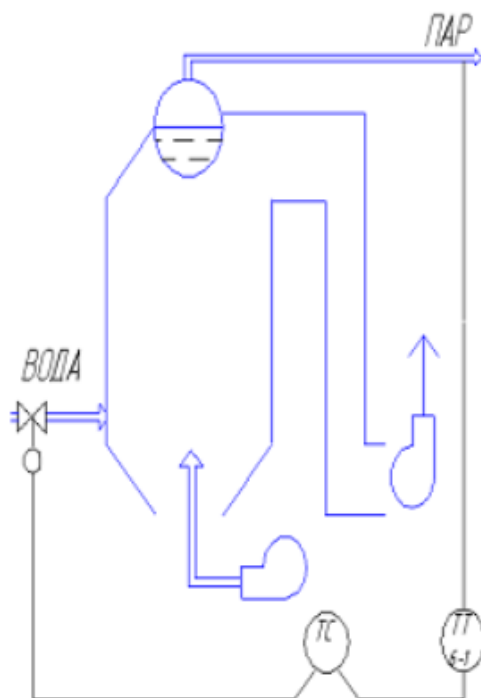


Рис.2.4. САР температури перегрітої пари.

САР призначена для підтримання заданого температурного режиму в паровому тракті котла. З цією метою весь паровий тракт котла розбивається на ділянки, на виході кожної з яких повинна підтримуватись певна температура.

Основним сигналом про температурний режим котла є температура перегрітої пари на виході з пароперегрівача (ТТ 6-1). Даний сигнал вимірюється датчиком температури (МТМ-201) та надходить на мікропроцесорну систему, яка діє на МЕО клапана парохолоджувача, змінює таким чином витрату води що надходить у котел від живильної мережі. (Див. Рис.2.5. САР рівня води в барабані)

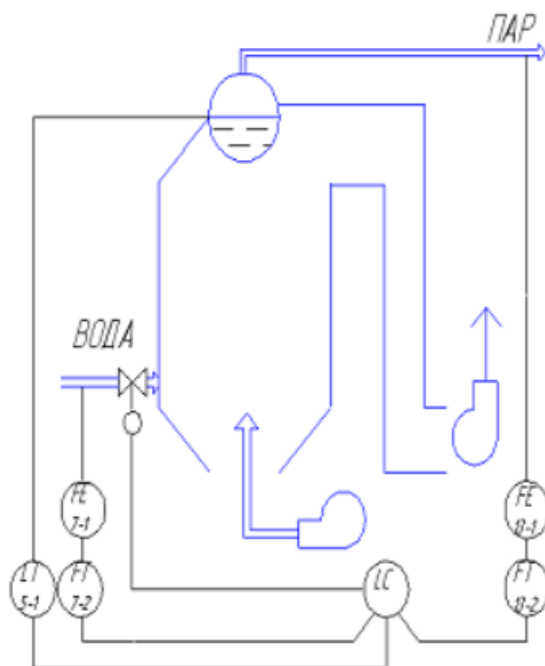


Рис.2.5. САР рівня води в барабані.

Даний контур регулювання є одним із найважливіших. Основними збуреннями є: зміна витрати живильної води, зміна тиску пари при зміні навантаження споживачами, зміна паропродуктивності котла при зміні навантаження топки, зміна температури живильної води. Барабан котла по рівню є об'єктом без самовирівнювання. При збуреннях, викликаних збільшенням відбору пари або подачею живильної води, спостерігається значне запізнення, під час якого рівень змінюється в бік, протилежний тому, в який він повинен змінюватися завдяки прикладеному збуренню.

Рівень води в барабані пропорційний гідростатичному тиску (різниця тисків на дні та вгорі барабану), який вимірює давач тиску (LT 5-1) «Сапфір-22м-ДД». Зміну витрати води вимірює діафрагма ДКС (FE 7-1) та давач «Сапфір-22м-ДД» (FT 7-2). Інформацію про паропродуктивність котла надходить від вимірювальної діафрагми ДКС (FE 13-1) на давач «Сапфір-22м-

ДД» (FE 13-2). Інформація про дані технологічні параметри поступає на ПЛК управління, який виробляє сигнал керування МЕО головного живильного клапана.

Автоматика захисту - призначена для контролю основних технологічних параметрів і відсікання подачі газу до пальників при відхиленні контрольованих параметрів від допустимих значень.

Відсікання подачі палива здійснюється електромагнітним клапаном. При надходженні сигналу на мікропроцесорну систему від одного із здавачів про недопустиме значення одного із технологічних параметрів:

- наявність полум'я (BS 35-1, BS 36-1);
- тиск газу (РТ 2-1);
- тиск повітря (РТ 3-1);
- тиск живильної води до економайзера (РТ 8-1);
- температура живильної води після економайзера (ТТ 12-1);
- рівень води в барабані котла (LT 5-1);
- тиск пари в барабані (РТ 1-1);
- тиск перегрітого пару (РТ 14-1).

Спрацювання автоматики захисту супроводжується сигналізацією для привернення уваги оператора.

Контроль технологічних параметрів

Для встановлення матеріальних затрат та виявлення відхилень економічності роботи парок отельної установки в процесі експлуатації, необхідно вести облік таких технологічних параметрів:

- витрата природного газу (РТ 2-1);

- паропродуктивність (FE 13-1, FT 13-2);
- температура відхідних газів (ТТ 16-1);
- температура перегрітого пару (ТТ 6-1);
- рівень води в барабані (LT 5-1);
- тиск пару (РТ 1-1);
- розрідження (РТ 4-1);
- концентрація O₂ (QT 37-1).

Таблиця 2.1 - Загальна специфікація

Позиція	Найменування	Кіл-ть
Первинні перетворювачі		
1-1	Сапфір-22м-ДА-2060-4МПа, 0,5%, 4-20мА	1
2-1	Сапфір-22м-ДИ-2130, Р=25кПа, 0,5%, 4-20мА	1
3-1	Сапфір-22м-ДИ-2120, Р=4кПа, 0,5%, 4-20мА	2
4-1	Сапфір-22м-ДИВ-2310, Р=±0,5кПа, 0,5%, 4-20мА	3
5-1	Сапфір-22м-ДД-2420, ΔР=6,3кПа, 0,5%, 4-20мА	1
6-1	МТМ-201Д, 0+600, 1=160мм, 4-20мА	2
7-1	Вимірювальна діафрагма ДКС-4-80	1
7-2	Сапфір-22м-ДД-2440, ΔР=63кПа, 0,5%, 4-20мА	1
8-1	Сапфір-22м-ДИ-2060, Р=4МПа, 0,5%, 4-20мА	1
9-1	МТМ-201Д 0+1200, 1=1000мм, 4-20мА	3
10-1	МТМ-201Д, 0+1200, 1=1000мм, 4-20мА	1
11-1	МТМ-201Д, 0+200, 1=160мм, 4-20мА	2
12-1	МТМ-201Д, 0+200, 1=160мм, 4-20мА	3
13-1	Вимірювальна діафрагма ДКС-2,5-200	1
13-2	Сапфір-22м-ДД-2440, ΔР=63кПа, 0,5%, 4-20мА	1
14-1	Сапфір-22м-ДИ-2060, Р=4МПа, 0,5%, 4-20мА	1
15-1	МТМ-201Д, 0+200, 1=160мм, 4-20мА	1

16-1	МТМ-201Д, 0+200, 1=630мм, 4-20мА	1
17-1	МТМ-201Д, 0+200,1=630мм, 4-20мА	1
37-1	АКВТ-01,1=1500, 0,1-5%, 4-20мА	1
Вторинні прилади		
8-2,9-2, 11-2, 15-2,16- 2	Індикатор технологічний мікропроцесорний ИТМ-2	5
35-1,36- 1	Прилад контролю факела УКФ-2	2
18-1, 19-1,20-1	НМП52М1, Р=±0,5кПа	3
41-1	НМП52М1, Р=40кПа	1
Виконавчі механізми		
21	Електромагнітний соленоїд МИС-400, 220В	1
22, 23	Клапан соленоїдний 15кч84п1, 220В	
24-1, 25-1	Система плазмового запалювання палива СПВИ-1-К	2
26	Клапан 14нж917ст, Ду40, 380В	1
27	Механізм електричний одно обертовий МЭО40/63-БКВ, 220В	1
28, 29, 30	Механізм електричний одно обертовий МЭО100/63-БКВ, 220В	3
31	Частотний регулятор швидкості АТV38HD33N4	1
32	Частотний регулятор швидкості АТV38HD64N4	1

2.2 Давачі температури тиску та розрядження



Рис. 2.6 Перетворювач вимірювальний МТМ 201Д

Прилад призначений для перетворення сигналів стандартних термоелектричних перетворювачів (ТП), термоперетворювачів опору (ТО) в уніфікований сигнал постійного струму 4-20 мА. Струм, що протікає в мережі, змінюється від 4 до 20 мА пропорційно вхідному сигналу.

Основні функції:

- Вибухобезпечне виконання з видом захисту «іскробезпечне електричне коло»;
- давачі для підключення: ТХК, ТХА, ТПП, ТПР, ТВР, ТЖК, ТМК, ТСП (50П, 100П), ТСМ (50М, 100М);
- автоматична компенсація термо ЕРС «вільних кінців» ТП;
- захист від атмосферних розрядів;

Цифрова індикація вимірювальних параметрів. В нашій схемі перетворювач працює із термопарою ТХА/1-2088, характеристики якої описані в таблиці 2.2. Схеми підключення на рис.2.7. Перетворювач термоелектричний хромель-алюмінієвий ТХА/1-2088

Призначення: для виміру температури рідкого та газоподібного середовища.

Технічні характеристики: ТУ 4211-015-12150638-93

Діапазон вимірювальних температур, °С -40...+800

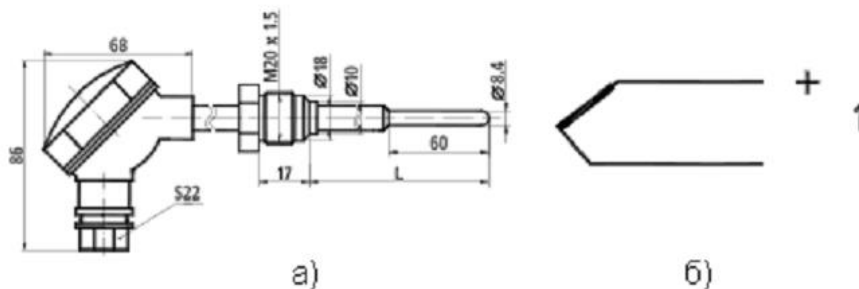


Рис. 2.7 Термопара ТХА/1-2088: а)загальний вигляд, б)вид схеми підключення.

Дана термопара вибрана відповідно до умов середовища та схеми роботи (див. специфікацію табл. 2.1.):

- номінальна статична характеристика: ХК (L);
- максимальний діапазон виміру, 0С: -200—600 (800);
- допустима похибка, 0С: 2.5 (-40—300 0С), $0.7+0.005t$ (300—800 0С);
- марка матеріалу: 12Х18Н10Т (рекомендована температура 800 0С).

Таблиця 2.2 - Конструктивні характеристики термопар

Конструктивне виконання	L, мм.	Клас допуску	Р _у , МПа	Матеріал захисної арматури	Маса, кг
908.1586.047-02	120	1	6,3	Ст 12Х18Н10Т	0,27
-12	160	1			0,29
-72	630	1			0,44
-92	100 0	1			0,58



Рис. 2.8 Давачі тиску розрядження

Давачі тиску серії «Сапфір-22М» призначені для неперервного перетворення надлишкового тиску (ДИ), розрідження (ДВ), абсолютного (ДА), тиску розрідження (ДИВ), перепаду тисків (ДД) в уніфікований сигнал за струмом.

Вимірювальні середовища: газ, рідина, пар.

Функціональні можливості:

- настроювання діапазонів;
- зміщення нуля діапазонів вимірювань до 90% шкали;
- роздільне настроювання діапазону вимірювання та його початкових даних;
- перемикання фіксованих діапазонів за допомогою перемикачів;
- полегшений доступ до клем тестового сигналу;
- кнопкове переключення вихідного сигналу 4-20мА на 0-5мА;
- реверс характеристик вихідного сигналу;
- обмеження вихідного сигналу в режимі перевантаження (не більше 22мА);

- установка «нуля»;
- простота інтеграції в аналогові системи управління;
- можливість підключення виносного блока індикації.

Основні технічні та метрологічні характеристики:

- межа допустимої похибки 0,25; 0,15; 0,1;
- діапазон виміру від -100 кПа до 100МПа;
- настроювання діапазону 10:1;
- температура оточуючого середовища від -50 до 80 $^{\circ}$ С;
- температура вимірювального середовища від -50 до 120 $^{\circ}$ С;
- степінь захисту IP65;
- пожежна безпека Exia, Exds;
- час наробітку на відмову 250000 годин;
- гарантійний термін експлуатації 3 роки.

Характеристики кожної моделі давача приведені у таблиці 2.3, 2.4.

Таблиця 2.3 - Хар-ка давача перетворювача вимірювального

Тип давача	Модел ь	Верхня межа вимірювання, кПа	Межа допустимої похибки, $\pm\gamma$,%
Давачі абсолютного тиску (ДА)			
Сапфір-22М- ДА	2020	2,5; 4,0; 6,0 10,0	0,5; 1,0 0,25; 0,5
	2030	6,0 10,0; 16,0; 25,0; 40,0	0,5 0,25; 0,5
	2040	40 63; 100; 160; 250	0,5 0,25; 0,5
	2050	0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5	0,25; 0,5

	2051*	МПа		
	2 060	2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0 МПа	0,5 0,25; 0,5	
Давачі надлишкового тиску (ДИ)				
Сапфір- 22М-ДИ	2110	0,25; 0,4 0,6; 1,0; 1,6	0,5 0,25; 0,5	
	2120	2,5; 4,0 6,0; 10,0	0,25; 0,5 0,5	
	2130	6,0; 10,0 16,0; 25,0; 40,0	0,5 0,25; 0,5	
	2140	40 60; 100; 160; 250	0,5 0,25; 0,5	
	2150	0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5 МПа	0,25; 0,5 0,2; 0,25; 0,5	
	2151*			
	2160	2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0 МПа	0,25; 0,5 0,2; 0,25; 0,5	
	2161*			
	2170*	16,0; 25,0; 40,0; 60,0; 100,0 МПа	0,5 0,25; 0,5	
	2171*			
Давачі розрідження (ДВ)				
Сапфір-22М- ДВ	2210	0,25; 0,4; 0,6 1,0; 1,6	0,5 0,25; 0,5	
	2220	2,5 4,0; 6,0; 10,0	0,5 0,25; 0,5	
	2230	6,0; 10,0; 16,0 25,0; 40,0	0,5 0,25; 0,5	
	2240	40 60; 100	0,5 0,25; 0,5	
Давачі тиску-розрідження (ДИВ)				
Сапфір-22М- ДИВ	Модел ь	Розрідження	Надлишковий тиск	Межа допустимої

				похибки, $\pm\gamma, \%$
	2310	0,125; 0,2; 0,3 0,5; 0,8	0,125; 0,2; 0,3 0,5; 0,8	0,5 0,25; 0,5
	2320	1,25 2,0; 3,0; 5,0	1,25 2,0; 3,0; 5,0	0,25; 0,5 0,5
	2330	3,0; 5,0; 8,0 12,5; 20,0	3,0; 5,0; 8,0 12,5; 20,0	0,5 0,25; 0,5
	2340	20 30; 50; 100; 100	20 30; 50; 60; 150	0,5 0,25; 0,5
	2350	0,1 МПа	0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4 МПа	0,25
	2351*	0,2 МПа	0,6; 1; 1,8; ,3; 4,8 МПа	0,5
Давачі різниці тисків (ДД)				
Сапфір-22М- ДД	2410	0,25; 0,40 0,63; 1,0; 1,60	0,1; 4,0	0,5 0,25; 0,5
	2420	2,5; 4,0 6,3; 10,0	4,0; 10,0	0,25; 0,5 0,5
	2430	6,3; 10,0 16,0; 25,0; 40,0	16; 25	0,5 0,25; 0,5
	2434	6,3; 10,0 16,0; 25,0; 40,0	40	0,5 0,25; 0,5
	2440	40 63; 100; 160; 250	16; 25	0,5 0,25; 0,5
	2444	40 63; 100; 160; 250	40	0,5 0,25; 0,5
	2450	0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5 МПа	16; 25	0,25; 0,5
	2450	2,5; 4,0; 6,3; 10,0; 16,0	25	0,25; 0,5

		МПа		
--	--	-----	--	--

Таблиця 2.4 - Хар-ка давача тиску розрядження

Сапфір-22м-ДД	2420	02	УХЛ 3.1	0.5	6.3 кПа	4	05
1	2	3	4	5	6	7	8

Приклад запису позначень давача при замовленні (таблиця

3.4.1.):

- тип давача;
- модель давача;
- виконання матеріалу контакту із вимірювальним середовищем:
01 мембрана 36НХТЮ; 02 мембрана 36НХТЮ, фланці 12Х18Н10Т; 11 мембрана титанова, фланці 12Х18Н10Т;
- кліматичне виконання: УХЛ 3.1. (5-50 °С); У2 (-30-50 °С); Т3 (-10-55 °С);
- значення допустимої похибки, %;
- верхня межа вимірювання (кПа, МПа);
- максимальний надлишковий тиск (для ДД);
- код вихідного сигналу: 05— 0-5мА, 42— 4-20мА, 02— 0-20мА;

В системі автоматизації котельні використовуються такі давачі (Таблиця 2.5)

Таблиця 2.5 - Давачі які використовують у котельні

ФСА	Давач
РТ 1-1	Сапфір-22м-ДА-2060-02-УХЛ 3.1.-0.5-4МПа-42
РТ 2-1	Сапфір-22м-ДИ-2130-02-УХЛ 3.1.-0.5-25 кПа-42
РТ 3-1	Сапфір-22м-ДИ-2130-02-УХЛ 3.1.-0.5-4 кПа-42
РТ 4-1	Сапфір-22м-ДИВ-2310-02-УХЛ 3.1.-0.5-0.5 кПа-42
LT 5-1	Сапфір-22м-ДД-2420-02-УХЛ 3.1.-0.5-6.3 кПа-4 МПа-42

FT 7-2	Сапфір-22м-ДД-2440-02-УХЛ 3.1.-0.5-63 кПа-25 МПа-42
РТ 8-1	Сапфір-22м-ДА-2060-02-УХЛ 3.1.-0.5-4 МПа-42
FT 13-2	Сапфір-22м-ДД-2440-02-УХЛ 3.1.-0.5-63 кПа-16 МПа-42
РТ 14-1	Сапфір-22м-ДИ-2060-02-УХЛ 3.1.-0.5-4 МПа-42

2.3 Джерело живлення котельной

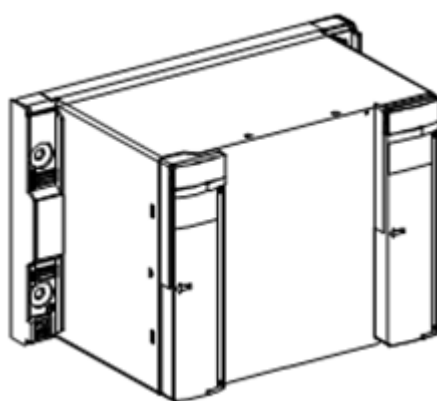


Рис. 2.9 Промислове джерело живлення TSX SUP 1101

Основні характеристики:

Тип джерела живлення: змінного струму

Вхідна напруга: 100-120 В, 200-240 В

Частота: 47-63 Гц

Струм: 5 А

Технічні характеристики джерела живлення приведені в таблиці 2.6 Дане джерело використовується для живлення панелі управління, клемників Telefast, до яких підключені виконавчі механізми та давачі. Монтується на DIN-рейку.

Таблиця 2.9 Технічні хар-ки джерела живлення

Тип джерела живлення	Змінного струму
Конструкція	Сталевий корпус

Вхід		
Змінна напруга	Діапазон	100-120, 200-240 В
	Частота	47..63Гц
	Струм	5 А (230В)
Вихід		
Вихідна потужність		240 Вт
Тип перетворення		АС-DC імпульсне
Вихідні напруги		+24В
Максимальне навантаження		10 А
Номінальне навантаження		10 А
Пусковий струм при 100 В		75 А
Пусковий струм при 240 В		51 А
Пульсації і шуми		200 мВ
Стабільність від входу		-1..+1%
Стабільність від виходу		-1..+1%
Захист від перенапруги		26..31В
Паралельне вмикання виходів		Немає
Час вимикання		20мс
ККД		80%
Охолодження		
Охолодження	Конвекція	
Роз'єми		
Вхідний роз'єм	Гвинтові клеми	
Вихідний роз'єм	Гвинтові клеми	
Індикатори і органи керування		
Керування на передній панелі	Power On/Off	
LED індикатори	On/Off	
Час наробітку до відмови		

Час наробітку до відмови		362220годин
Умови експлуатації		
Умови експлуатації	Температура	0..+60°C
	Висота	0..3000м
	Вібрація	2G 10...55Гц
	Удар	10G
Умови зберігання		
Умови зберігання	Температура	-40..+85°C
Сертифікати		
Сертифікати	Безпеки	UL 1950; CSA 22.2 No.234; TUV EN 60950
	EMI	FCC docket 20780 curve B; EN55022 class B
	EMS	EN 50082-2; IEC 801-2 8k; IEC 801-3 3V/M; IEC 801-4 2k; IEC 801-5 2k

Однофазні регулюючі імпульсні блоки живлення ABL-7RE

Використовуються для подання напруги живлення 24 В до частотних перетворювачів Altivar та людино-машинного інтерфейсу Magelis ХВТ F 24. Технічні характеристики приведені в таблиці 2.10

Таблиця 2.10 - Хар-ка однофазних регулячих імпульсних блоків ABL-7RE

Напруга живлення 47-63 Гц	Вихідна напруга	Номінальна потужність	Максимальний вихідний струм	Маса	Модуль
В	В	Вт	А	кг	
100-240 однофазне	24	48	2	0.52	2402
		72	3	0.52	2403

3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

3.1 Розрахунок САР та моделювання

На рівень води в барабані впливають такі основні збурення: рівень води в барабані H , зміна витрати живильної води W , зміна паропроодуктивності котла D при зміні навантаження топки.

При збуренні витратою води, форми перехідних процесів різні залежно від типу економайзера. В киплячому економайзері живильна вода нагрівається до температури насичення та частково перетворюється в пар (20%). При збільшенні витрати живильної води в початковий момент відбувається зменшення об'єму пара в економайзері, живильна вода займає цей об'єм. В зв'язку з цим рівень води в барабані залишається незмінним до того часу, поки відбувається заміщення живильною водою парового об'єму економайзера.

Найбільшу складність являє визначення динамічної характеристики об'єкта регулювання. На характер зміни рівня, крім регулюючої дії, впливають зміна навантаження споживачів та режим роботи топки. Тому перед визначенням часової характеристики барабана котла по рівню потрібно котельний агрегат ввести в стаціонарний режим, встановивши постійне навантаження та стабілізував режим топки. Потрібно звести до мінімуму збурення (тиск в живильній магістралі, зміну температури живильної води). Потрібно вести контроль за тиском пари в барабані, витратою пари, тиском живильної води.

Для розрахунку настройки САР необхідна часова характеристика при збуренні витратою води. Величина

збурення 30% від повного діапазону зміни витрати. Ознакою завершення перехідного процесу в даному випадку є встановлення постійної швидкості зміни рівня. Для визначення передаточних функцій об'єкта регулювання по рівню необхідно експериментально визначити криві розгону об'єкта при збуреннях витратою води та пари. Дані криві розгону приведені на рис.3.1, 3.2

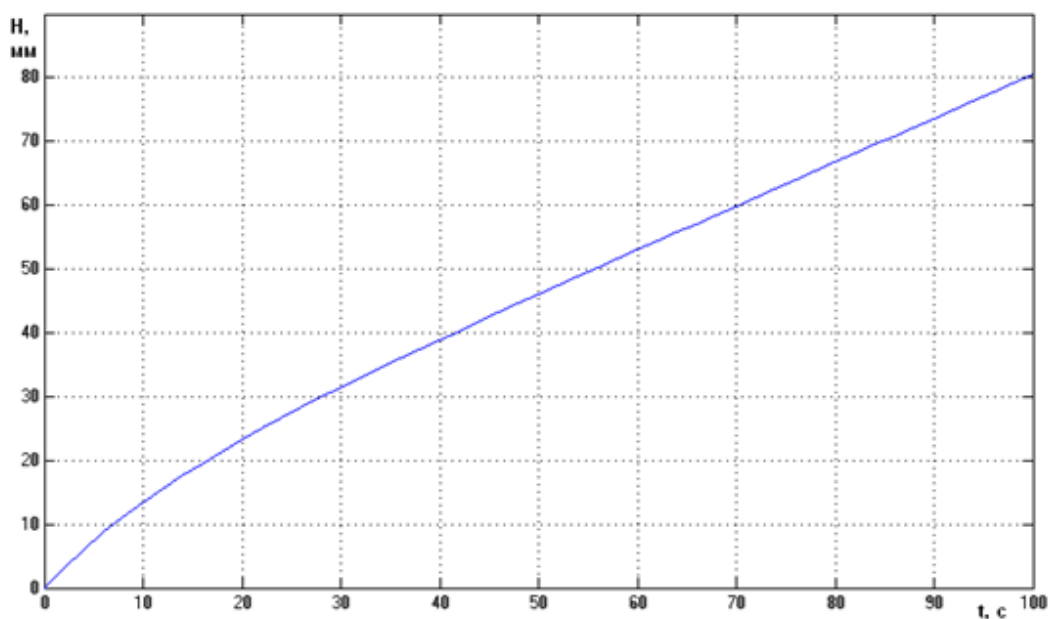


Рис. 3.1 - Крива розгону котла по рівню при подачі стрибкоподібного збурення витратою живильної води $DG = 10$ кг/с.

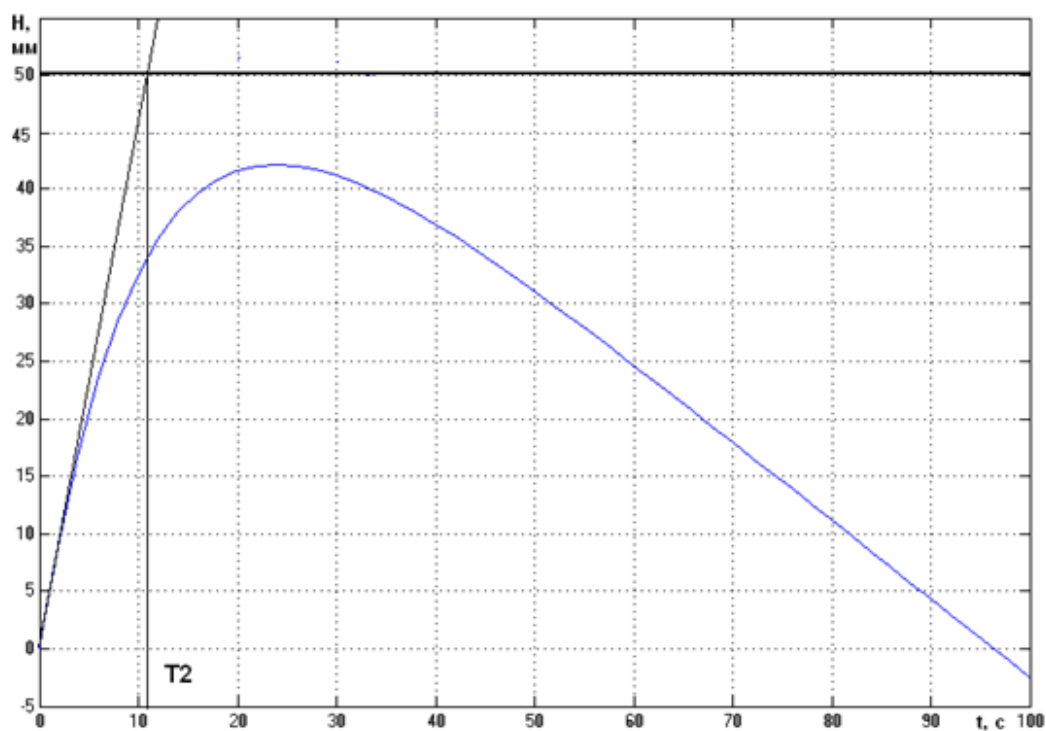


Рис. 3.2 - Крива розгону котла по рівню при подачі стрибкоподібного збурення витратою пари $DD = 10$ кг/с.

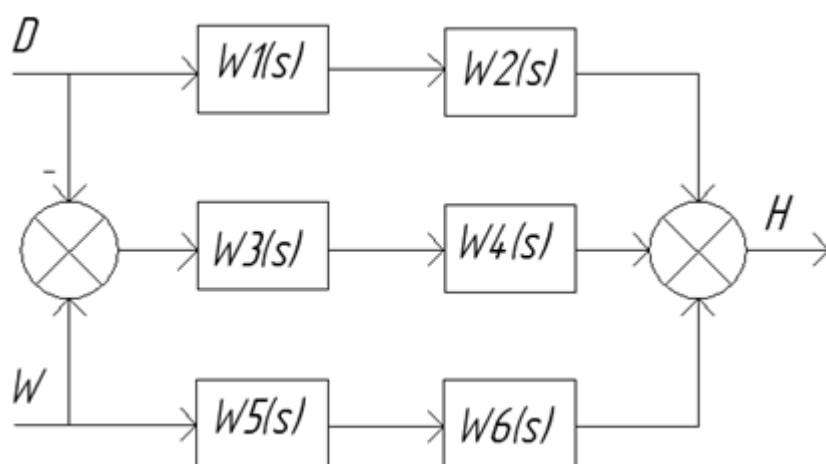


Рис.3.3 - Структурна схема об'єкта регулювання рівня.

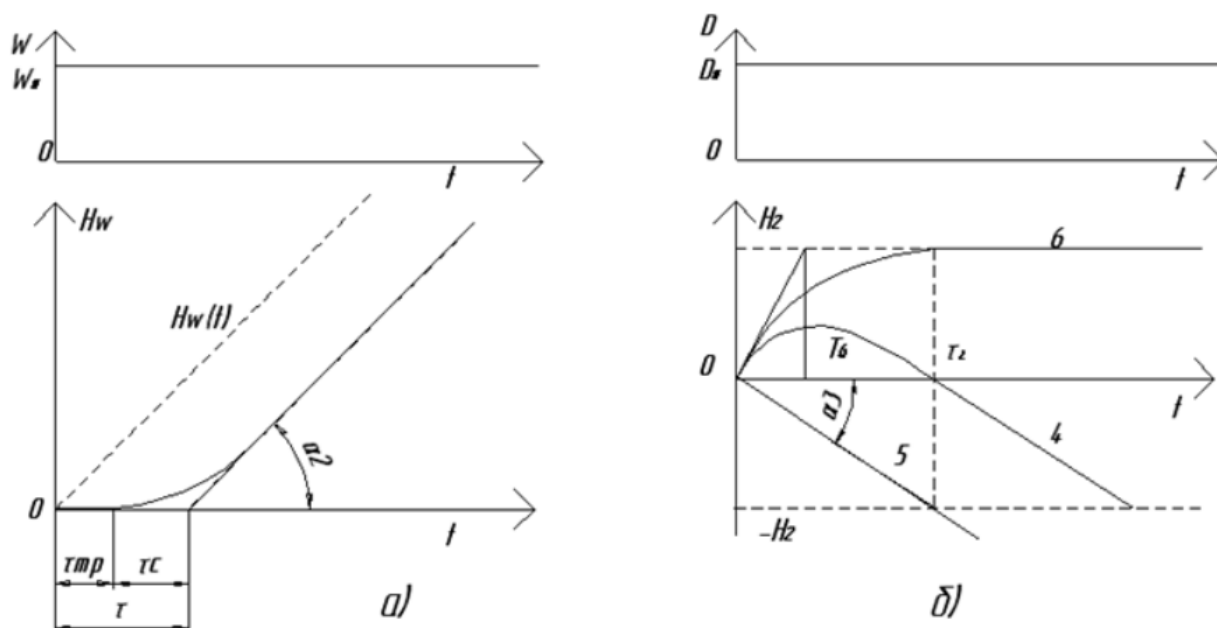


Рис. 3.4 - Характер зміни рівня в барабані котла при збуренні а) витратою води; б) витратою пари.

Структурна схема об'єкта регулювання представлена на рисунку 3.3. Об'єкт складається з таких передаточних функцій: D — витрата пари, кг/с; W — витрата води, кг/с; $W1(s)$ — передаточна функція, що залежить від типу економайзера; $W2(s)$ — передаточна функція, що характеризує зміну рівня в барабані при збуренні витратою пари, коефіцієнти розраховуються графічно з кривої розгону; $W3(s)$, $W4(s)$ — характеризують теплотворну здатність дзеркала випаровування залежно від подачі пари та води [8], та площі дзеркала; $W5(s)$ — залежить від паропроодуктивності котла; $W6(s)$ — характеризує зміну рівня в барабані котла при збуренні живильною водою, коефіцієнти визначаються графічно із кривої розгону.

Таблиця 3.1 - Передаточні функції

Номер ланки	Передаточна функція
$W1(s)$	$W_1(s) = k_1 = 0.2$

W2(s)	$W_2(s) = \frac{k_2}{T_2s+1} = \frac{0.033}{11s+1}$, $k_2 = 0.6H_2$, $H_2 = 50 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ (рис. 2.9.)
W3(s)	$W_3(s) = k_3 = \frac{1}{D^2} = \frac{1}{24^2} = 0.0016$, D=24 т/год— паропродуктивність.
W4(s)	$W_4(s) = \frac{k_4}{T_4s} = \frac{0.0435}{s}$, $k_4 = f(F) = \frac{2.38}{F^2}$, $T_4 = 1\text{с}$, F— площа дзеркала випаровування (м^2), $F = 2 \cdot l_{\text{б}} \cdot \sqrt{\left(\frac{d_{\text{б}}}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_{\text{б}}}{2} - l\right)^2} = 2 \cdot 6062 \cdot \sqrt{\left(\frac{1498}{2}\right)^2 - \left(\frac{1498}{2} - 315\right)^2} = 7.4(\text{м}^2)$, де $l_{\text{б}}$ — довжина барабану котла, $d_{\text{б}}$ — діаметр барабану, l — рівень.
W5(s)	$W_5(s) = k_5 = \frac{1}{D} = 0.042$, D— паропродуктивність, т/год.
W6(s)	$W_6(s) = \frac{k_6}{T_6s+1} = \frac{0.03}{12.5s+1}$, k_6 — коефіцієнт гідравлічного опору трубопроводу, $T_6 = T_2 + \tau = 11 + 1.5 = 12.5$, τ — стала часу трубопроводу подачі води.

Структурна схема об'єкта автоматизації представлена на рис.3.5.. Типова САР живлення (рис.3.8.) складається із: первинних вимірювальних перетворювачів рівня, витрати пари та води; регулятора; виконавчого механізму та регулюючого органа (клапану).

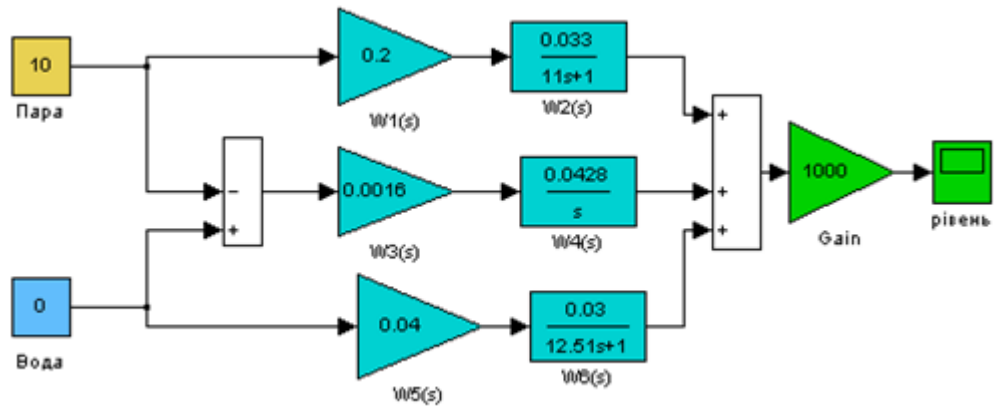


Рис.3.5. - Структурна схема моделі об'єкта регулювання.

Регулювання рівня води відбувається шляхом зміни витрати живильної води через регулюючий клапан. Виконавчий механізм типу МЕО отримує сигнал завдання від регулятора на відкриття/закриття клапана у вигляді напруги 0-10 В. Максимальна швидкість відкриття складає $100\%/63с=1.58\%/с$.

Головною характеристикою регулюючого органу є залежність витрати води від коефіцієнта відкриття регулюючого живильного клапану з

врахуванням перепаду тиску на ньому. Ця характеристика називається робочою витратною характеристикою. Її визначенню приділяють значну увагу, оскільки від форми характеристики залежать результати наладки САР. Робоча витратна характеристика визначається за розрахунками або експериментально. В процесі наладки інколи виникає потреба тільки в розрахунку максимальної пропускної здатності W_M (т/год), яка розраховується із формули:

$$W_M = 0.016 \cdot \mu \cdot F \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \gamma} \quad (1)$$

де μ — коефіцієнт пропускної здатності клапану (для поворотних рівний клапанів 0.6); F — площа регульованого січення (мм^2); ΔP — перепад тиску на клапані при максимальній

витраті води через нього (МПа); γ — питома густина води (Н/м^3), $\gamma = \rho \cdot g$. Підставивши відповідні дані, отримаємо:

$$W_M = 0.016 \cdot 0.6 \cdot 800 \cdot \sqrt{0.0042 \cdot 9378.4} = 48 (\text{м/год}) \quad (2)$$

Витратна характеристика регулюючого живильного клапану приведена на рис.2.11. Як видно із рисунка, витратна характеристика клапану близька до лінійної. Таким чином, для моделювання витрати води через клапан по каналу «Коефіцієнт відкриття, %— витрата води на клапані, кг/с» можна описати пропорційною ланкою з коефіцієнтом пропорційності

$k_{PO} = \frac{W}{\%} = \frac{52}{100} = 0.52 \left(\frac{\text{кг/с}}{\%} \right)$. Трубопровід від клапана до барабана моделюється інерційною ланкою 1-ого порядку з коефіцієнтом передачі $k = 1$ та сталою часу $T = 2\text{с}$.

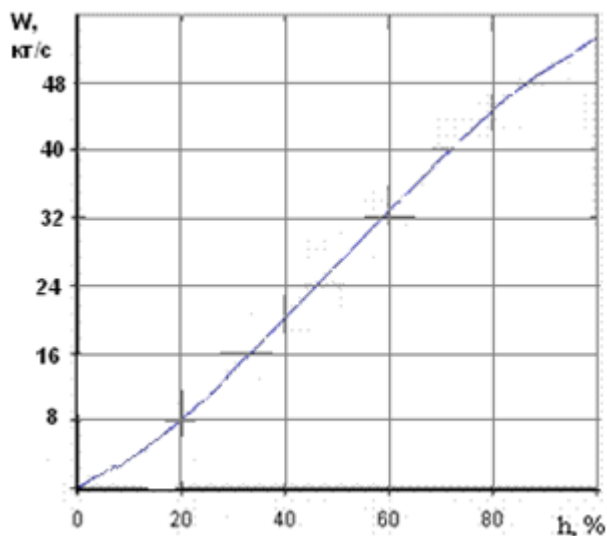


Рис. 3.6 -. Витратна характеристика регулюючого живильного клапану.

Первинні вимірвальні перетворювачі, що входять до САР рівня мають такі статичні характеристики:

- рівень в барабані вимірюється давачем типу «Сапфір-22ДД» по малому рівнеміру з межею 1000 мм. Статична характеристика рівнеміра приведена на рисунку 3.7 а).
- витрата води вимірюється по перепаду тиску на звужуючому пристрої типу «діафрагма» давача типа «Сапфір-22ДД» із вихідним сигналом по струму 4 - 20 мА з межею виміру 0 - 555 кг/с (0 - 2000 т/год). Статична характеристика витратоміра приведена на рисунку 3.7 б).
- витрата пари вимірюється по температурі та тиску в трубопроводі I контуру до та після барабану котла. Сигнал витрати пари подається у вигляді нормованого сигналу по струму 4 - 20 мА з межею виміру 0 - 555 кг/с (0 - 2000 т/год). Статична характеристика витратоміра приведена на рисунку 3.7 б).

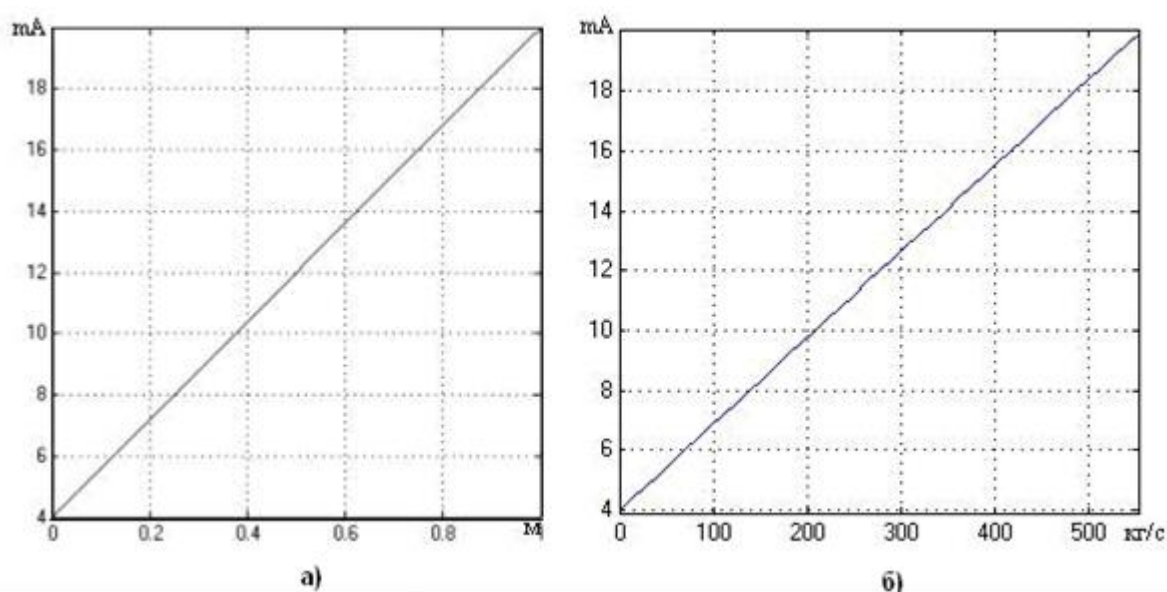


Рис. 3.7 - Статичні характеристики для давачів типу «Сапфір-22ДД»: а) для виміру рівня; б) для виміру витрати води та пари.

Таким чином, вимірювальні перетворювачі можна описати передаточними функціями пропорційних ланок з такими коефіцієнтами передачі, які визначимо графічно із статичних характеристик:

$$F = \frac{D}{3600} = \frac{24}{3600} \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right).$$

Перехідні характеристики системи регулювання приведені у додатку 3. Отримаємо (Рис 3.9):

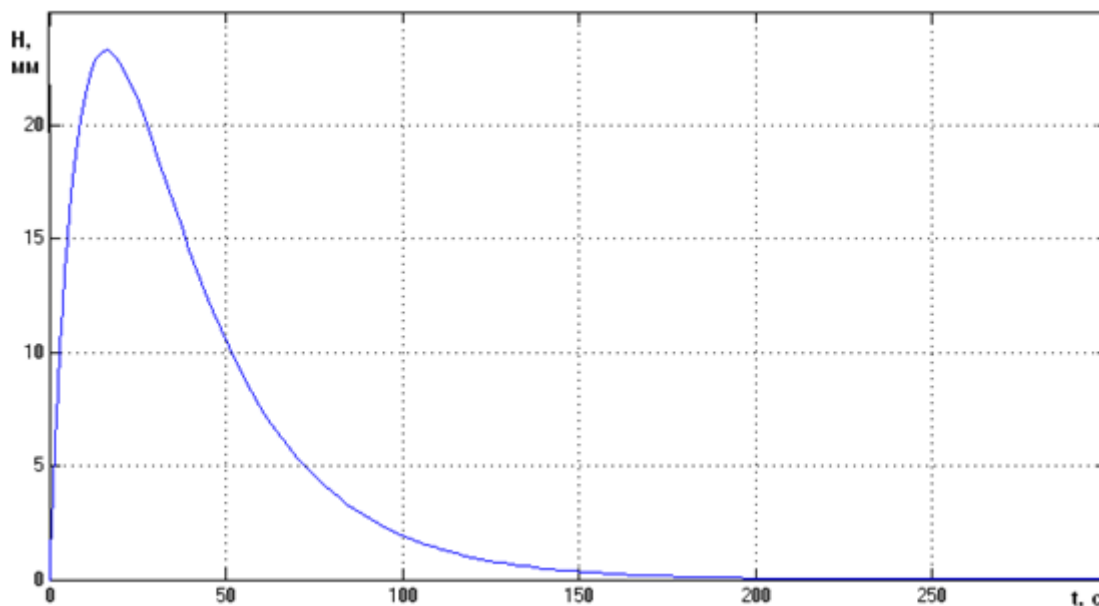


Рис. 3.9. Перехідна характеристика зміни рівня при збуренні витратою пари $\Delta D=6.67$ кг/с.

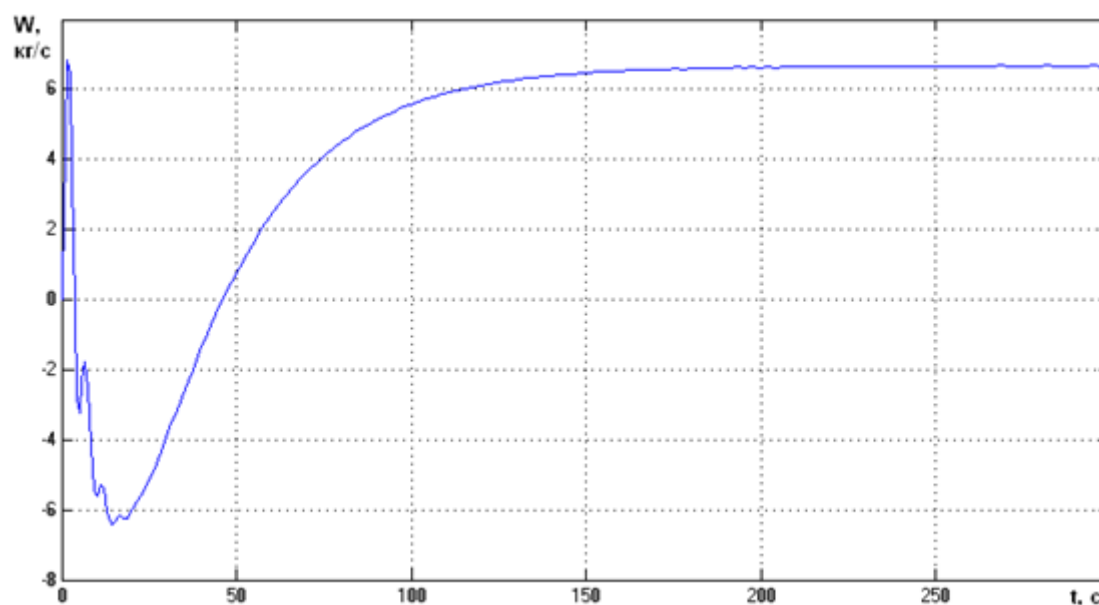


Рис. 3.10. Перехідна характеристика зміни витрати води при подачі збурення витратою пари $\Delta D=6.67$ кг/с.

Як бачимо із перехідної характеристики (рис. 3.9.), система є стійкою, оскільки по завершенні перехідного процесу збурення згасає. Параметри перехідного процесу:

- Усталена помилка: $\Delta=0\%$;
- перерегулювання (початковий рівень 315 мм):
$$\sigma = \frac{338 - 315}{315} * 100\% = 7.3\%$$
 ;
- коливальність: 0;
- кількість коливань: 1;
- час регулювання: 200 с.

3.2 Удосконалення засобів автоматизації

Промисловий логічний контролер Schneider Electric TSX Micro 37 21 001

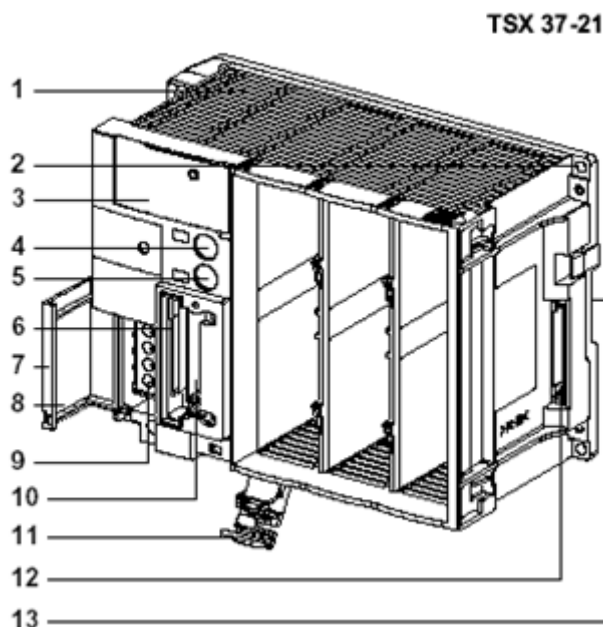


Рис. 3.1 - Загальний вигляд контролера TSX Micro 37-21-001

1. Шасі з трьома слотами для модулів, вбудоване джерело живлення, процесор з його пам'яттю.

2. Монтажні точки ПЛК.

3. Дисплейний блок.

4. Термінальний порт TER.

5. Порт для підключення людино-машинного інтерфейсу.

6. Слот для карти розширення пам'яті. Якщо карта не встановлена, цей слот закривається кришкою, яка не повинна зніматися. Її видалення викликає зупинку ПЛК.

7. Кришка для доступу до контактів джерела живлення.

8. Ярлик, що заповнюється при зміні батарейки.

9. Контакти джерела живлення.

10. Слот для комунікаційної карти.

11. Кришка для доступу до додаткової батареї і перемикача захисту операційної системи.

12. З'єднувач для підключення шасі, звичайно закритий з'ємною кришкою.

13. Пристрій для монтажу на DIN рейці.

14. З'єднувачі для підключення вбудованих аналогових і лічильних функцій.

Представлення

ПЛК (програмований логічний контролер) TSX 37-21 модульний, з вбудованим астрономічним годинником, з можливістю розширення розміру пам'яті і встановлення комунікаційного модуля. Контролер має вбудовані аналогові входи-виходи та лічильні канали.

Дискретні модулі бувають двох форматів: стандартний, який займає 1 слот (2 посадочних місця) та пів-форматний, який займає тільки одне посадочне місце. Усі інші модулі (аналогові, лічильні та інші) – пів-форматні. За допомогою міні-шасі розширення, яке може бути безпосередньо підключено до базового шасі, можна збільшити кількість доступних слотів і, відповідно, кількість модулів, які можна встановити.

Дискретні входи-виходи, які встановлюються в шасі

Дискретні модулі входів-виходів (I/O) відрізняються не тільки форматом (стандартні і пів-форматні), але і кількістю каналів (від 4 виходів до 64 I/O), типом входів (постійного - DC або змінного струму - AC), типом виходів (транзисторні або релейні) і підключенням (гвинтова клемна колодка або HE 10 з'єднувач).

У цілому:

- модулі постійного струму (24 V DC) поставляються як із з'єднанням "під гвинт", так і із з'єднувачами HE 10 ; за винятком вихідного модуля 24 V DC/2A і модулів на 32 входи та 32 виходи, які мають тільки підключення "під ключ", і модуля високої щільності на 64 входи-виходи, що має тільки HE 10 з'єднувачі.
- інші модулі, включаючи модулі змінного струму AC або релейні виходи, завжди обладнані гвинтовою клемною колодкою.

Аналогові входи-виходи

Аналогові модулі TSX 37 відрізняються кількістю каналів, їхніми характеристиками і діапазоном вимірювання (рівень напруги, термопари, термометри опору та ін.).

- ПЛК TSX 37-21 має 8 аналогових 0-10 В 8-бітових входів та 1 аналоговий 0-10 В 8-бітовий вихід, еталонний 10 В вихід, забезпечуючи економічне рішення для цілого ряду прикладних завдань.

Ці входи можуть бути використані разом з модулем коректування і адаптації, що дозволяє:

- ручне регулювання змінних програми за допомогою 4-х потенціометрів;

- перетворення сигналу 4-20 мА на 0-10 В;

- підключення дискретних сигналів 24 В (тип 1) до аналогових входів.

- Модулі аналогових входів і виходів можуть бути установлені в усі типи ПЛК, забезпечуючи високу точність. Вони відрізняються за кількістю каналів (від 2 до 8) і типами входів-виходів (рівень напруги або струму, термомодулі та ін.). Підключення за допомогою гвинтової клемної колодки.

Лічильні канали

ПЛК TSX 37 дозволяє використовувати три методи рахунку:

- з використанням дискретних входів першого модуля;
- з використанням вбудованих у ПЛК TSX 37-21 лічильних каналів;
- з використанням спеціалізованих лічильних модулів (TSX CTZ1A/2A, TSX CTZ 2AA), які можуть бути встановлені в доступний слот.

Перші чотири входи дискретного модуля, встановленого у першому слоті ПЛК, забезпечують два 500 Гц реверсивних лічильних канали. У ПЛК TSX 37-21 вбудовані два нагромаджуючих 10 кГц лічильних канали, які також обладнані функціями скидання, попередньої установки та обнуління лічильників. Лічильні модулі (прямі, зворотні, реверсивні лічильники) відрізняються за кількістю каналів, граничною частотою (40 кГц або 500 кГц), типом та кількістю відповідних логічних сигналів.

Комунікаційні можливості

ПЛК TSX 37 легко підключається до багатоточковим послідовним каналам передачі даних за допомогою термінального порту (для всіх моделей ПЛК) і додаткового порту для підключення засобів людино-машинного інтерфейсу (для ПЛК TSX 37-21). Ці порти дозволяють підключити (тільки по одному протоколі одночасно):

- програмний термінал або людино-машинний інтерфейс (режим UNI-TELWAY ведучий);

- багатоточковий зв'язок ПЛК по мережі UNI-TELWAY (UNI-TELWAY ведучий-ведений);
- принтер або термінал у символьному режимі;
- модем.

Ізольований пристрій TSXPACC 01 дозволяє підключати ПЛК до шини UNI-TELWAY, коли відстань перевищує 10 метрів. Додатково він дублює термінальний порт, що дозволяє підключити до ПЛК TSX 37-10 одночасно програмний термінал і засоби людино-машинного інтерфейсу.

ПЛК TSX 37-21 обладнані слотом для комунікаційної карти формату PCMCIA (дуплексний або пів-дуплексний послідовний асинхронний зв'язок, UNI-TELWAY, JBUS/MODBUS, FIPWAY, Agent FIPIO and Modbus+).

Базове виконання ПЛК TSX 37-21. Огляд

ПЛК TSX 37-21 містять шасі з вбудованим джерелом живлення 100-240 В змінного струму (TSX 37-21 001), процесор, пам'ять, систему резервного копіювання і 3 слота для модулів.

Використання міні-шасі розширення TSX RKZ 02 дає можливість додати до ПЛК 2 додаткових слота і, таким чином, одержати 5 слотів для установки модулів. У кожен з 5 слотів може бути встановлений або один модуль стандартного формату або два пів-форматних модулі (за винятком першого слота, у який можуть встановлюватися тільки модулі стандартного формату). В таблиці 3.2 наведені максимальні конфігурації ПЛК TSX 37-21 (максимальна кількість модулів входів-виходів):

Таблиця 3.2 - Максимальні конфігурації ПЛК TSX 37-21-001

ПЛК		TSX 37-21	
Дискретні	Максимальна кількість входів-виходів	Базові+розширення+віддалені (TSX 07)	332
		Базові+розширення+віддалені (AS-і шина)	472
		Базове виконання	192
		Базове виконання+міні шасі розширення	256
		Віддалені (4 TSX 07)	96
		Віддалені на AS-і шині (124 вх + 124 вих)	248
Дискретні	Максимальна кількість модулів	28 або 32 дискретні входи/виходи	5
		64 дискретні входи/виходи	3
		Для віддалених входів/виходів	1
Аналогові	Максимальна кількість модулів аналогових входів/виходів		4
	Максимальна кількість аналогових входів у базовому шасі		32
	Максимальна кількість аналогових виходів у базовому шасі		16
Лічильні	Максимальна кількість 500 Гц лічильних каналів на дискретних входах		2
	Максимальна кількість лічильних модулів		4

	Максимальна кількість 40 кГц та/або 500 кГц лічильних каналів	7
--	---	---

Модуль вводу/виводу дискретних сигналів TSX DMZ 64 DTK

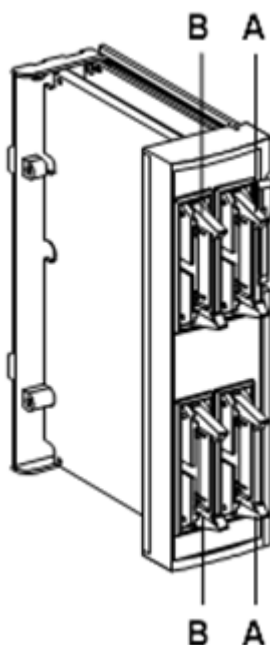


Рис. 3.2 - Модуль дискретних сигналів TSX DMZ 64 DTK

TSX DMZ 64 DTK має 64 входи/виходи, які розподілені наступним чином:

- 32x24 VDC входів позитивної логіки типу 1;
- 32x24 VDC / 0.1 А транзисторних виходи.

Складаються із 4 з'єднувачів типу HE10: з'єднувачі А і В зверху для підключення входів А(від 0 до 15) та В(від 16 до 31); з'єднувачі А та В знизу для підключення виходів А(від 0 до 15) та В(від 16 до 31). До кожного з'єднувача можна підключити кабель TSX CDP i01 (для прямого підключення давачів чи виконавчих механізмів) або TSX CDP i02 (для підключення до клемної колодки Telefast 2).

Модуль вводу/виводу дискретних сигналів TSX DMZ 28 DTK

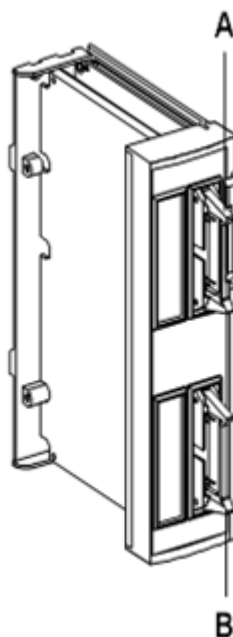


Рис. 3.3 - Модуль дискретних сигналів TSX DMZ 28 DTK

Кожний модуль TSX DMZ 28 DTK включає 28 входів/виходів [12]:

- 16x24 VDC входів позитивної логіки типу 1;
- 12x24 VDC / 0.5A транзисторних виходи.

Модуль обладнаний 2 розетками HE10 з'єднувачів: з'єднувач А для підключення входів; з'єднувач В для підключення виходів. До кожного з'єднувача можна підключити кабель TSX CDP i01 (для прямого підключення до клем, давачам чи виконавчим механізмам) або TSX CDP i03 (для підключення до клемної колодки Telefast 2).

Таблиця 3.3 - Хар-ка моделей дискретних сигналів

Тип модуля		TSX DMZ 28 DTK	TSX DMZ 64 DTK
Канали	Входи	16x24 VDC	32x24 VDC
	Виходи	12транз. 24 VDC/0.5A	32транз. 24 VDC/0.1A
Струм споживання при напрузі 5В		30 мА+3.2 мА на вих.	40 мА+3.5 мА на вих.
Струм давачів	Стік	20 мА+7мА на вхід	75 мА+3.8 мА на вхід
	Витік	—	—
Струм виконавчого механізму 24В		40 мА+1 мА на вих.	75 мА+4.5 мА на вих.
Потужність розсіювання модулів		5 Вт	
Робоча температура		0—60 °С	
Діелектричний опір	Вхід/земля	1500 V RMS 50/60 Гц 1хв	
	Вихід/земля	1500 V RMS 50/60 Гц 1хв	
Опір ізоляції		Більше 10 МОм в 500 VDC	
Вологість		5—95 % без конденсації	

Модуль вводу аналогових сигналів TSX AEZ 802

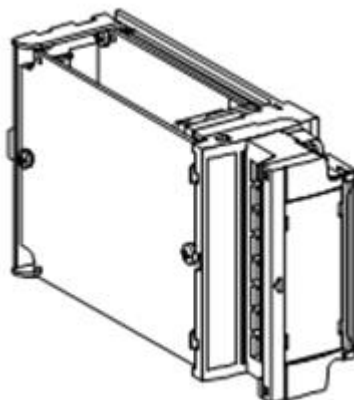


Рис. 3.4 - Модуль вводу аналогових сигналів TSX AEZ 802

Модуль має 8 входів високого рівня з одною загальною точкою [12]. Цей модуль забезпечує такий діапазон вхідних сигналів: 0—20 мА, 4—20 мА та залежить від налаштувань користувача. Функції блоку:

- сканування вхідних каналів безконтактним мультиплексором і збір значень;
- аналогово-цифрове перетворення вхідних вимірів (12 біт).

Обробка сигналів, які виконує ПЛК:

- вхідний контроль границь;
- фільтрація змін;
- перетворення вхідних змін до формату представлення для користувача.

Модуль надає можливість вибору діапазону вхідного сигналу: 0-20 мА або 4-20 мА. Модуль виконує контроль діапазону (перевіряє значення вхідного сигналу на відповідність границям виміру). Характеристики модуля описані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Хар-ка модуля

Діапазон значень	Нижня границя	Верхня границя	Цілі значення
0-20 мА	-1 мА	+21 мА	-500 — 10500
4-20 мА	+3.2 мА	+20.8 мА	-500 — 10500
Кількість каналів		8	
АЦП		12 біт	
Час циклу		32 мс	
Апаратна фільтрація		Гранична частота 33 Гц	
Ізоляція	канал/земля	1000 V RMS	
	канал/канал	Загальна точка	
Вхідний опір		250 Ом	
Допустиме перевантаження на вході		±7.5 В (±30 мА)	

Електричний діапазон	0—20 мА
Температурний дрейф	0.054 % / 10 ⁰ С



Рис. 3.5 - Індикатор технологічний мікропроцесорний ІТМ-2

Індикатор призначений для:

- виміру двох контрольованих входних фізичних параметрів; обробки, перетворення, відображення поточного значення на вбудованих чотирьох розрядних цифрових індикаторах;
- індикації технологічних параметрів по інтерфейсу від зовнішніх приладів;
- формування сигналів технологічної сигналізації.

Кожний канал індикатора може бути сконфігурований на підключення будь-якого датчика, що формує уніфіковані сигнали постійного струму. Характеристика індикатора приведена нижче в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Хар-ка індикатора ІТМ-2

Кількість аналогових входів	2
Тип входного аналогового сигналу	0-5 мА 400 Ом; 0-20 мА 100 Ом; 4-20 мА 100 Ом; 0-10 В 27 кОм.

Діапазон індикації технологічного параметра на цифровому індикаторі	-999 — 9999
АЦП	16 розрядів
Межа допустимої граничної похибки виміру	0.2 %
Температурний дрейф	0.04% / °C
Електричний опір ізоляції	20 МОм
Живлення	220 В ($_{-33}^{+22}$) 50±1 Гц
Споживана потужність	8.5 Вт
Пам'ять	EEPROM
Швидкість обміну/довжина лінії зв'язку RS-485	62.5 кбіт/с 1200 м; 375 кбіт/с 300м; 2400 кбіт/с 100 м; 10 Мбіт/с 10 м.
Вид кабелю	Вита пара, екранована вита пара
Протокол зв'язку	Modbus RTU (Remote Terminal Unit)



Рис. 3.6 - Частотний перетворювач Altivar 38

Перетворювач частоти (ПЧ) Altivar 38 з напругою мережі 380 - 460 В призначений для трьохфазних асинхронних двигунів потужністю від 0,75 до 315 кВт.

Він розроблений для широкого застосування в інженерних мережах подачі рідин і газів промислових і цивільних будівель і споруд: опалення, вентиляція, водопостачання, кондиціонування.

Частотний перетворювач Altivar 38 дозволяє зменшити витрати на експлуатацію будівель, оптимізуючи витрати електроенергії та збільшуючи комфортність. Різні варіанти комплектації перетворювача полегшують його адаптацію та інтеграцію з електроустановками і системами автоматизації. Норми електромагнітної сумісності забезпечуються принципом побудови ПЧ: мережні дроселі та фільтри, в залежності від типорозміру, або інтегровані в нього, або замовляються окремо.

Функції

Перетворювач Altivar 38 постачається готовим до експлуатації в основному для електроприводів вентиляторів та насосів. Він має термінал, що дозволяє змінити функції програмування, налаштування, управління або контролю для адаптації індивідуальних потреб споживача. Виконує функції:

- енергозбереження;
- автоматичний повторний пуск і пошук швидкості («підхват на ходу»);
- адаптація обмеження струму в залежності від швидкості;
- функція «більше/менше», попередньо задані швидкості;
- ПІ - регулятор з попереднім завданням;
- лічильники електроенергії та часу наробітку;

- зменшення шуму двигуна.

Функції захисту:

- тепловий захист двигуна та перетворювача з допомогою терморезисторів РТС;
- захист від перевантажень в усталеному режимі;
- захист приводу механізму пропуском резонансних частот;
- захист шляхом управління несправностями та конфігурацією сигналізації.

Простота інтеграції в системи автоматизації:

- 4 дискретні входи, 2 релейні виходи, 2 аналогові виходи та 1 аналоговий вхід;
- відображення електричних величин та показників роботи;
- послідовний багато точковий інтерфейс RS 485 із вбудованим протоколом Modbus.

Послідовний інтерфейс використовується для зв'язку з ПЛК, персональним комп'ютером, комунікаційними картами або з одним із засобів програмування.

Додаткове обладнання

Пропонується три варіанти діалогового керування з відображенням інформації на 5 мовах (французька, англійська, німецька, іспанська та італійська) та збереженням конфігурації:

- комплект PowerSuite на базі кишенькового ПК;
- програмне забезпечення PowerSuite;
- операторська панель Magelis.

Даний перетворювач частоти в схемі автоматизації котельні регулює потужності електропривода вентилятора ВД-12 (п=730об/хв, N=30кВт) та димососа Д-12 (п=970об/хв, N=55кВт).

Таблиця 3.6 - Хар-ка перетворювача Altivar 38

Параметр		ATV38HD33 N4	ATV38HD64N4
Живлення		380-10%—400+10%, трьохфазне, 50/60 Гц±5%	
Вихідна напруга		Максимальна напруга рівна напрузі живлення	
Гальванічна розв'язка		Між силовими ланцюгами та ланцюгами керування	
Діапазон вихідних частот		0.1—500 Гц	
Частота комутації	Без зниження потужності	0.5-1-2-4 кГц	0.5-1-2 кГц
	Повторно- короткочасного режиму	8-12 кГц	4-8 кГц
Діапазон швидкостей		10	
Потужність двигуна, кВт		30	55
Потужність ПЧ, Вт		925	1265
Номінальний струм, А		60	105
Максимальний струм, А		66	116
Гальмівний момент		30% від номінального	
Перехідний момент перевантаження		±10% протягом 60с	
Маса		34 кг	57 кг
Захист перетворювача	Від КЗ, тепловий захист, перевантаження, обрив фази		
Захист двигуна	Тепловий захист, обрив фази		

Перетворювачі Altivar 38 відповідають міжнародним стандартам і вимогам: CE - UL - NEMA - CSA - IEC - VDE - EN.

Монтаж засобів автоматизації

Клемна колодка використовується для зручного монтажу мікропроцесорних засобів на DIN-рейку та для зменшення труднощів із підключенням дискретних входів/виходів до модулів ПЛК [12]. Система Telefast 2 може з'єднуватись лише з модулями, що обладнані з'єднувачами типу HE10.

Використані в системі автоматизації типи блоків описані в таблиці 3.7, 3.8.

Таблиця 3.7

Тип блоку	Назва	Кількість	Підключений до
8 каналів	ABE 7H08R10	1	DMZ 28DTK (вхід, А)
	ABE 7H08R10	1	DMZ 28DTK (вихід, В)
16 каналів	ABE 7R16T210	1	DMZ 64DTK (вхід, А)
	ABE 7P16F310	1	DMZ 64DTK (вихід, А)

Таблиця 3.8

Назва блоку	Зовнішній вигляд	Схема підключення	Тип кабелю з'єднувача HE10	Особливості контактів
ABE 7H08R10	3.4. а)	3.5.	TSX CDP 203	
ABE 7R16T210	3.4. б)	3.6.	TSX CDP 203	Електромеханічне реле
ABE 7P16F310	3.4. б)	3.7.	TSX CDP 203	Безконтактні вхідні реле

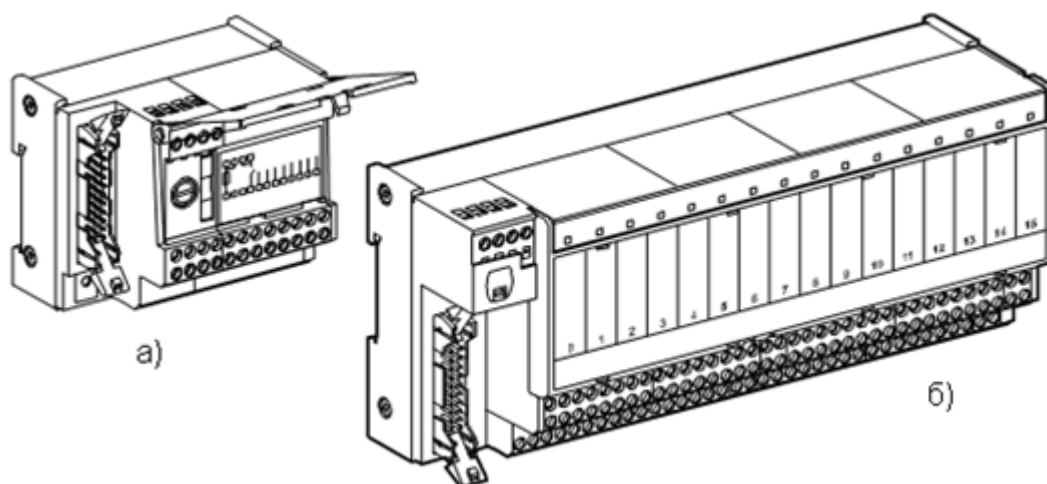


Рис. 3.7 - Зовнішній вигляд блоків серії АВЕ 7.

З'єднувач HE10 TSX CDP 203

HE10 це 20-жильний кабель перерізом 0.34 мм^2 зі спеціальним штирем, використовується для підключення блоків АВЕ до входів/виходів модулів ПЛК. Номінальний струм ≤ 500 мА на канал.

Розміщення засобів автоматизації

Для розміщення технічних засобів контролю та управління технологічним процесом, контрольно-вимірювальних приладів, апаратури управління, автоматичного регулювання, захисту та блокування в цьому дипломному проекті передбачена шафа TVD. У ній розміщено: програмований логічний контролер (ПЛК) та пристрої зв'язку з об'єктом керування, графічний термінал для відображення протікання технологічного процесу, пристрої реєстрації допоміжних параметрів, кнопки керування та світлова індикація. На шафі розміщено 5 реєструючих приладів "Мікрол ИТМ-2", за допомогою яких контролюються наступні параметри: РІ 8-2— тиск води до економайзера/тиск пари в паропроводі;

- ТІ 9-2— температура димових газів до/після економайзера;

- ТІ 11-2— температура води до/після економайзера;
- ТІ 15-2— температура води із мережі;
- ТІ 16-2— температура відхідних газів/температура повітря.

Вимірювальні перетворювачі, давачі, реле, виконавчі механізми, які використовуються в даному проекті, розташовані по місцю в технологічних приміщеннях. Кабельні проводки від засобів автоматизації по місцю підводяться до шафи в спеціальних захисних коробах по будівельним конструкціям згідно ГОСТ 12176-76, ГОСТ 1508-78, СНиП 2.01.02-85 [13] відповідно до плану будівлі котельні.

Робоче місце оператора призначена для оперативного контролю і керування процесом, розрахунку та прогнозування параметрів. АРМ оператора виконано у вигляді графічної панелі ХВТ F 24 яка розміщена у шафі.

Для встановлення засобів автоматизації використано шафу типу TVD (Чехія) 1800x600x500. Габаритні розміри шафи TVD достатні для розміщення застосованих засобів автоматизації та периферійної апаратури. Ступінь захисту шафи згідно ГОСТ 14254-96: IP21;IP54. Вимоги техніки безпеки відповідають ГОСТ 12.2.007.0-75 та ГОСТ 22789-94. Вимоги пожежної безпеки відповідають ГОСТ 12.1.004-85.

Монтаж контролерів, засобів автоматизації та інших пристроїв в панелі проводиться за допомогою DIN рейок. Кабелі прокладаються до приладів з допомогою гофрованих коробів, що полегшує монтаж і ремонт шафи керування.

Шафа TVD встановлюються біля вводу у приміщення кабельних проводок на спеціальних закладених конструкціях, що вбудовані у фундамент. Приміщення, де встановлена шафа,

повинно забезпечувати зручну роботу персоналу, з відсутністю вібрації, агресивних речовин, з низьким рівнем шуму, відсутністю виробничого пилу.

Проектування зовнішніх електричних проводок

Розроблена схема зовнішніх електричних проводок проектованої системи автоматизації виконана комбінованим способом і наведена в графічній частині проекту. На схемі з'єднань зовнішніх проводок показані електричні зв'язки між приладами та засобами автоматизації, які встановлені на технологічному обладнанні і засобами, що встановлені у шафі TVD.

На схемі зовнішніх підключень показані підключення термopара, давачів тиску, перетворювачів частоти ALTIVAR, двигуна асинхронного, виконавчих механізмів та регулюючих органів— клапанів.

Кабельні проводки виконані за допомогою кабелів типу ПВС та КПсВГ.

3.3 Дослідження АСУ ТП

Система автоматизації для котла Б-25-15ГМ була розроблена за допомогою програмного забезпечення Schneider Electric PL PRO та ХВТ L1000. Технологічні параметри процесу були моделювані таким чином, щоб вони відповідали обмеженням, встановленим для датчиків та регуляторів. Контролер перетворює межу вимірювання аналогових вхідних каналів з 4-20 мА на 0-10000, що дозволяє здійснювати регулювання точніше та якісніше. Нижче наведені описи екранів вхідних каналів та роботи програми. Головні екрани демонструються на додатках 7 та 8. Усі програми реалізовані за допомогою мови LD блоків.

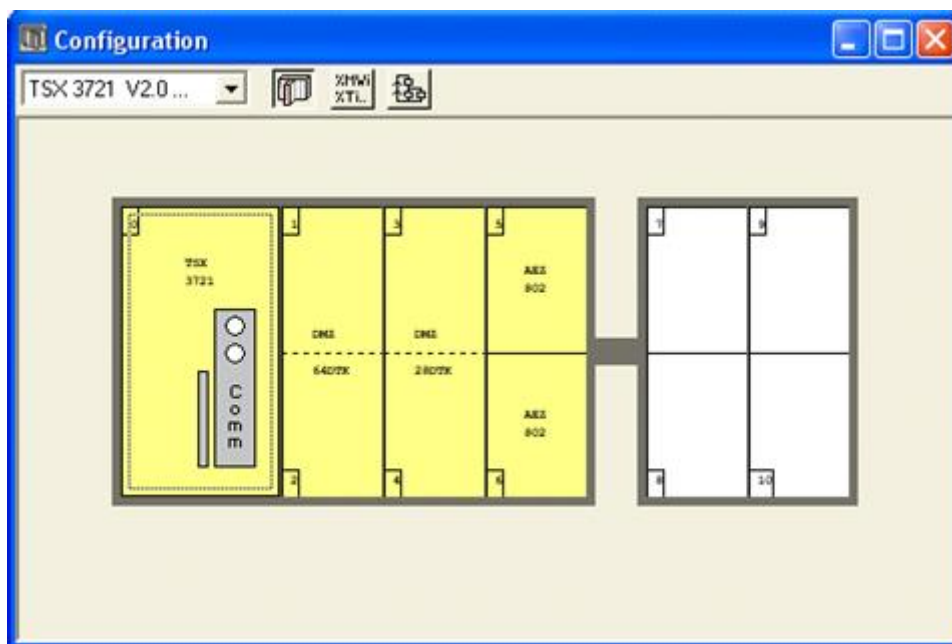


Рис. 3.8 - Вибір модулів контролера.

Як описано в технічних засобах автоматизації, в контролері використано 2 дискретних модулі вводу-виводу сигналів системи та 2 модулі вводу уніфікованих аналогових вхідних сигналів з давачів рис. 3.19. Назви каналів відповідні назвам каналів ФСА.

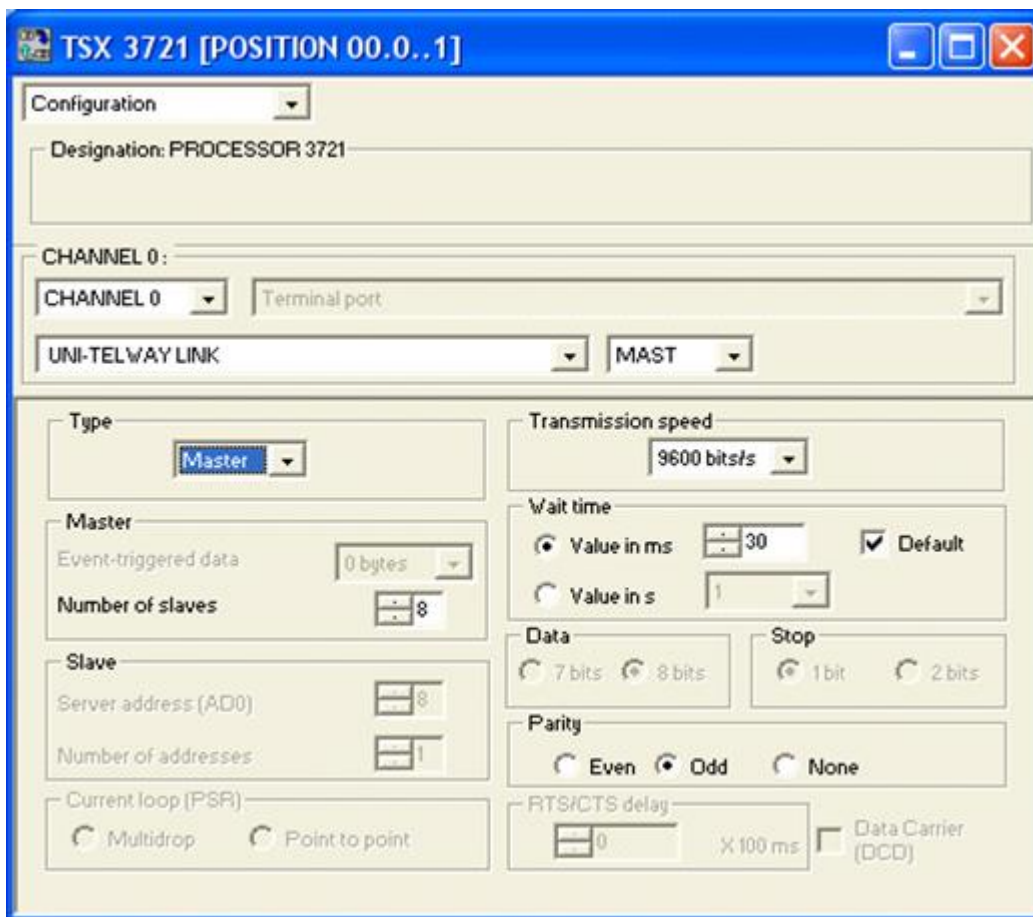


Рис.3.9 - Опис зв'язку контролера із терміналом Magelis.

Для зв'язку контролера із панеллю оператора використано Uni-telway шину. Налаштування протоколу описана на рис.3.10.

Опис вхідних каналів кожного модуля контролера приведено нижче.

TSX AEZ 802 [POSITION 05]

Configuration

Designation: 8 0-20mA ANALOG INPUTS

Cycle:

Normal

Fast

Chan.	Used	Task	Symbol	Range	Scale	Filter
0	<input checked="" type="checkbox"/>	MAST	Pt_2_1	4..20mA	%..	0
1	<input checked="" type="checkbox"/>		Pt3_1	4..20mA	%..	0
2	<input checked="" type="checkbox"/>		Pt4_1	4..20mA	%..	0
3	<input checked="" type="checkbox"/>		Lt5_1	4..20mA	%..	0
4	<input checked="" type="checkbox"/>		Tt6_1	4..20mA	%..	0
5	<input checked="" type="checkbox"/>		Pt1_1	4..20mA	%..	0
6	<input checked="" type="checkbox"/>		Ft7_2	4..20mA	%..	0
7	<input checked="" type="checkbox"/>		Ft13_2	4..20mA	%..	0

Рис. 3.10 - Опис каналів модуля TSX AEZ 802.

TSX DMZ 64DTK [INPUTS: POSITION 01]

Configuration Inputs

Designation: 32I 24VDC+32Q 0.1A CONN

Chan.	Symbol	Supply monitoring	Task	Filter	Function
0	Open_27	<input checked="" type="checkbox"/> Active	MAST	4 ms	
1	Close_27				
2	Open_28				
3	Close_28				
4	Open_29			4 ms	
5	Close_29				
6	Open_30				
7	Close_30				
8	Open_40		MAST	4 ms	
9	Close_40				
10	Open_41				
11	Close_41				
12	Open_42			4 ms	
13	Close_42				
14	I33				
15	I34				

Рис. 3.11 - Опис входів модуля TSX DMZ 64DTK.

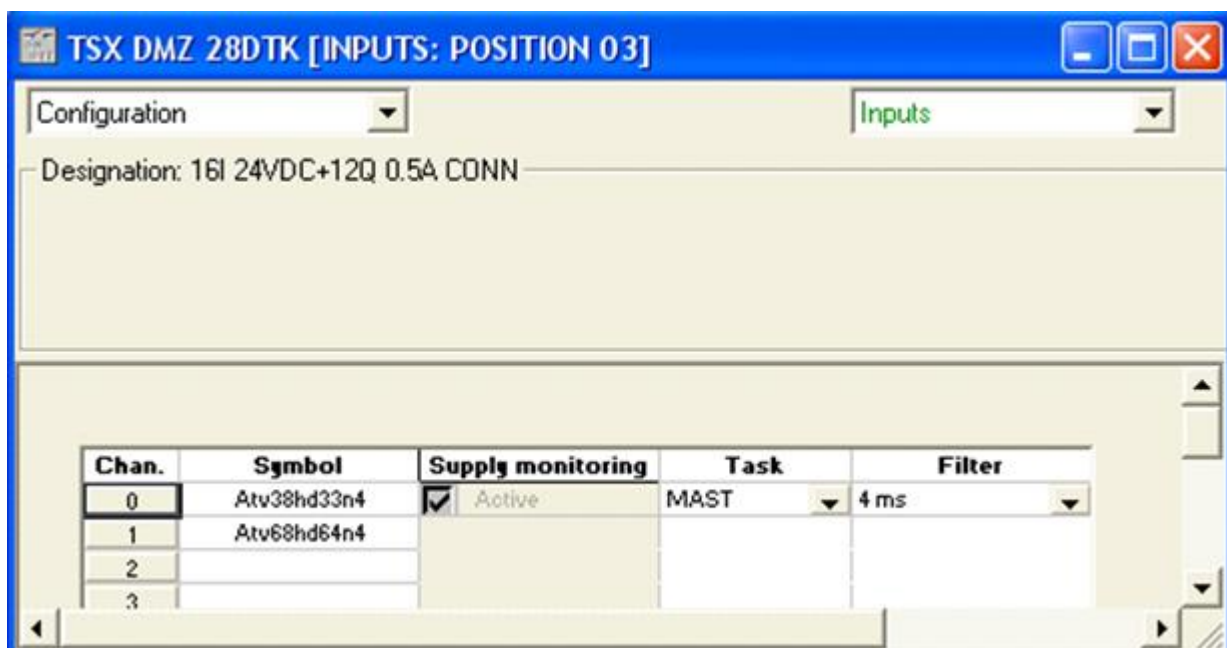


Рис. 3.12 - Опис входів модуля TSX DMZ 28DTK.

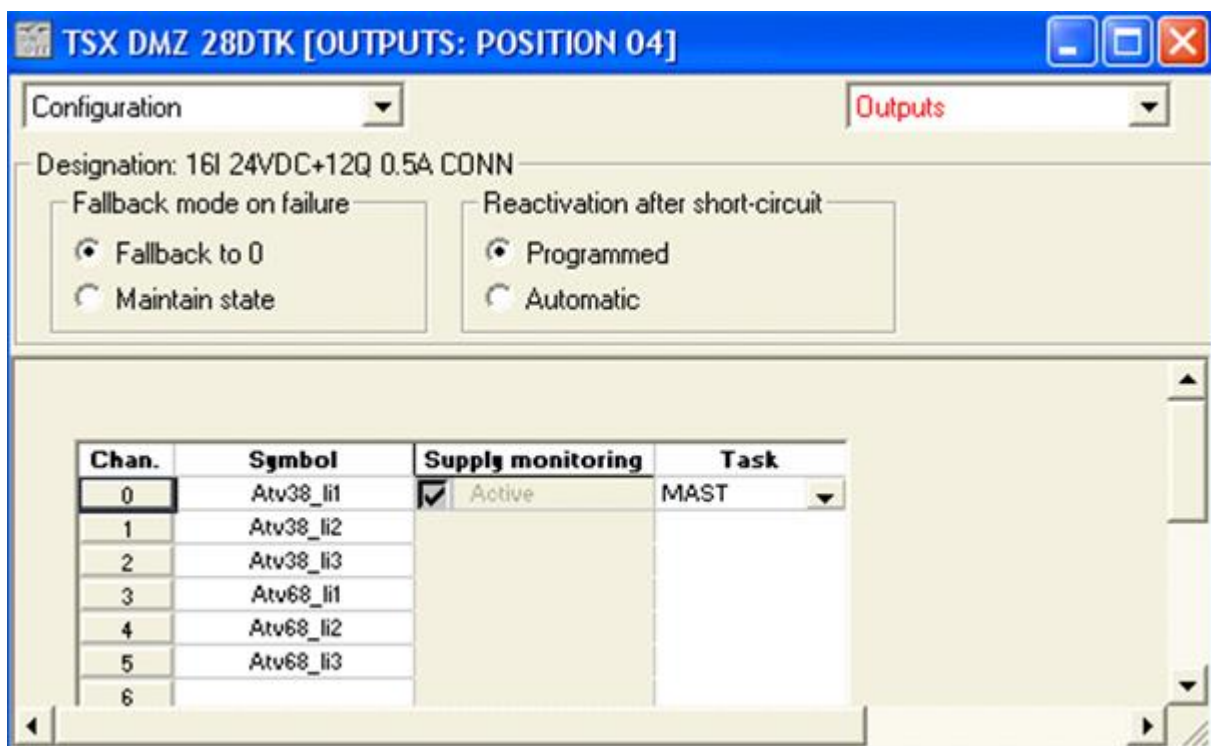


Рис.3.13 - Опис виходів модуля TSX DMZ 28DTK.

Керування частотними перетворювачами здійснюється при справності перетворювача та подачі сигналу керування «Більше» або «Менше» за умови відповідного розрідження та витрати повітря (рис. 3.14)

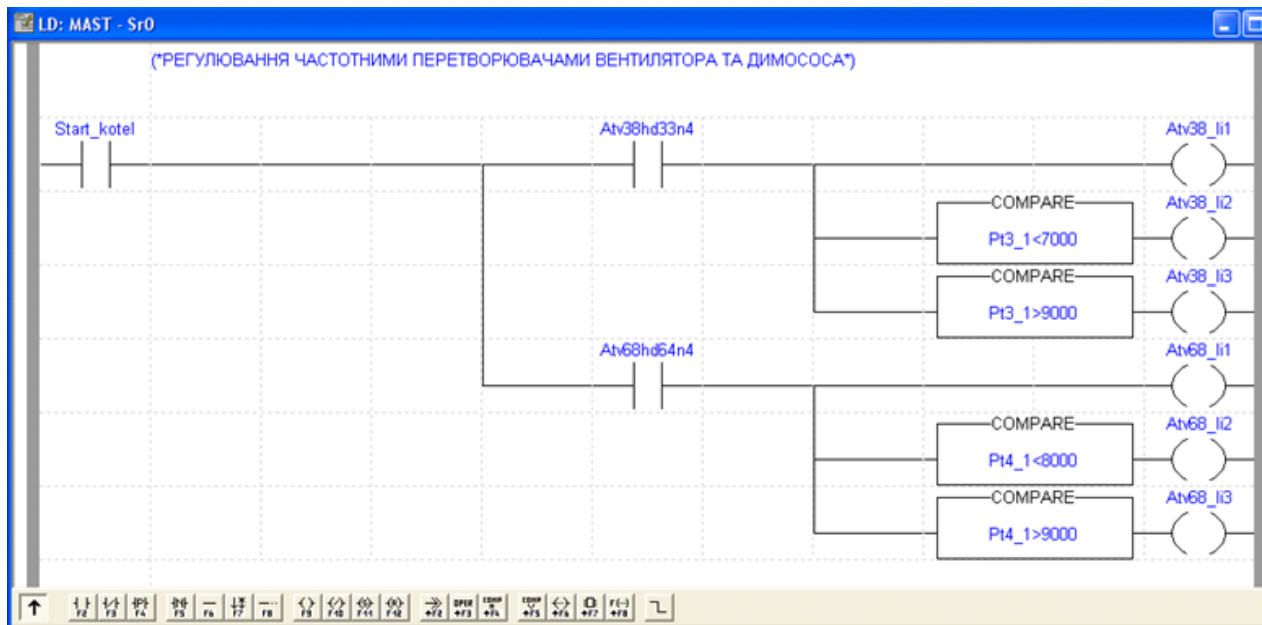


Рис. 3.14 - Керування частотними перетворювачами вентилятора та димососа.

Далі приведено САР, принцип дії описано в розділі 3.1.
(Розрахунок САР та моделювання)

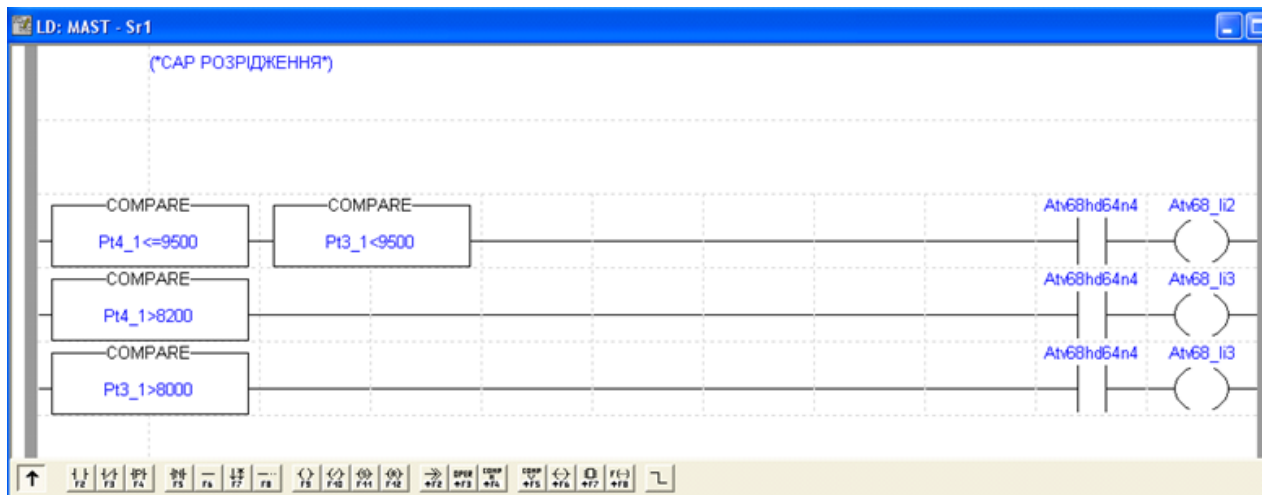


Рис. 3.15 - САР розрідження в топці котла

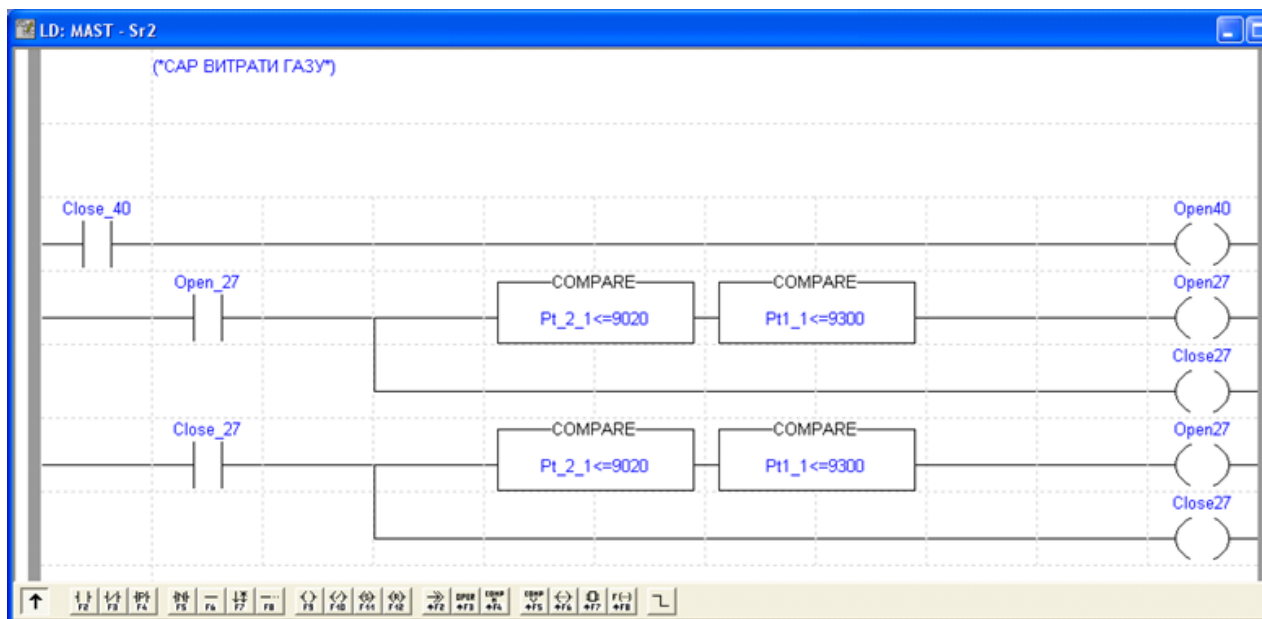


Рис. 3.16 - САР витрати газу

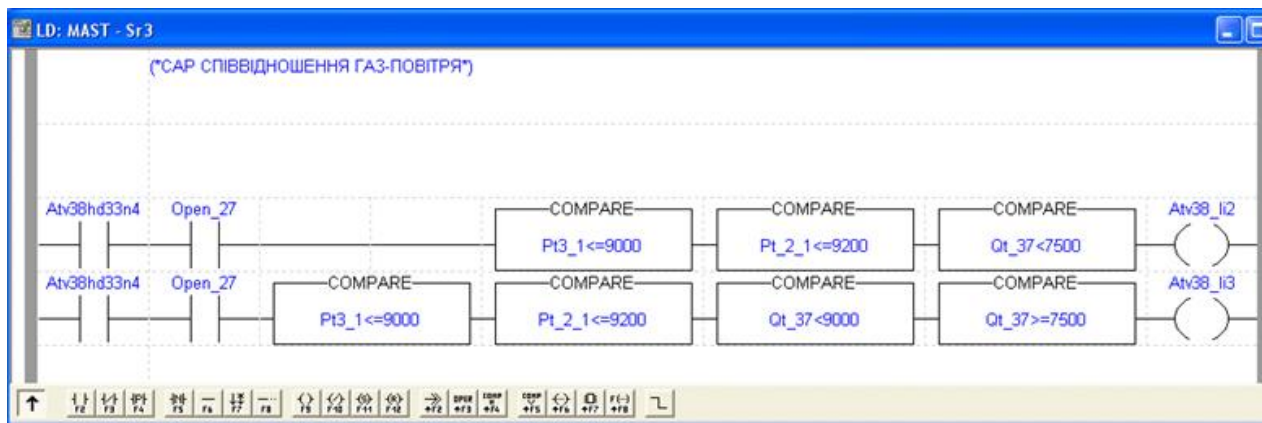


Рис. 3.17 - САР співвідношення газ-повітря.

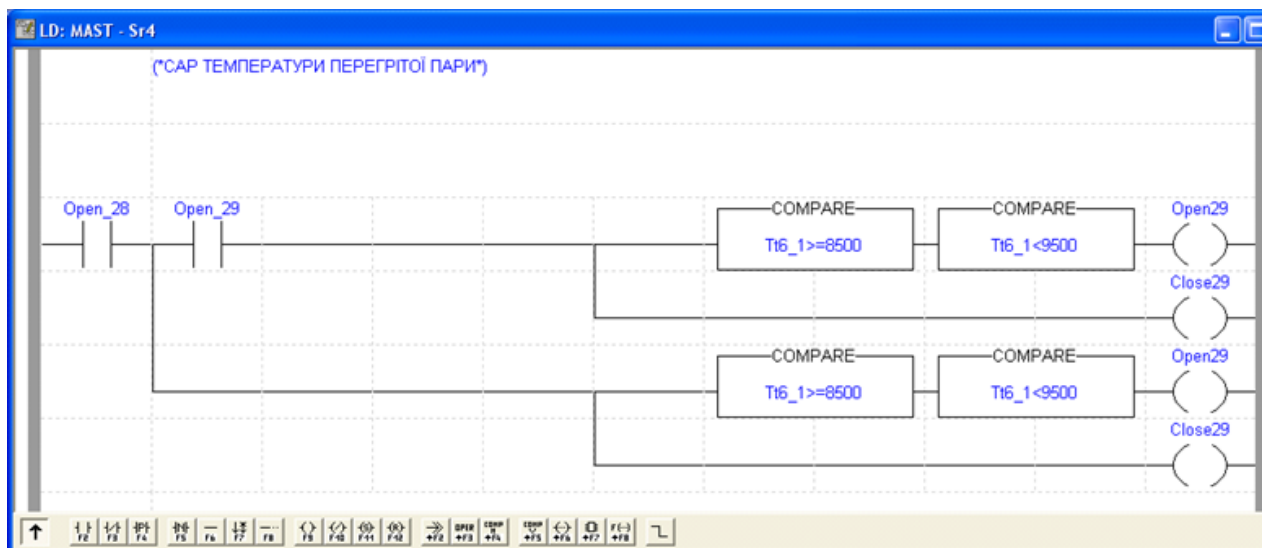


Рис.3.18 - САР температури перегрітого пару.

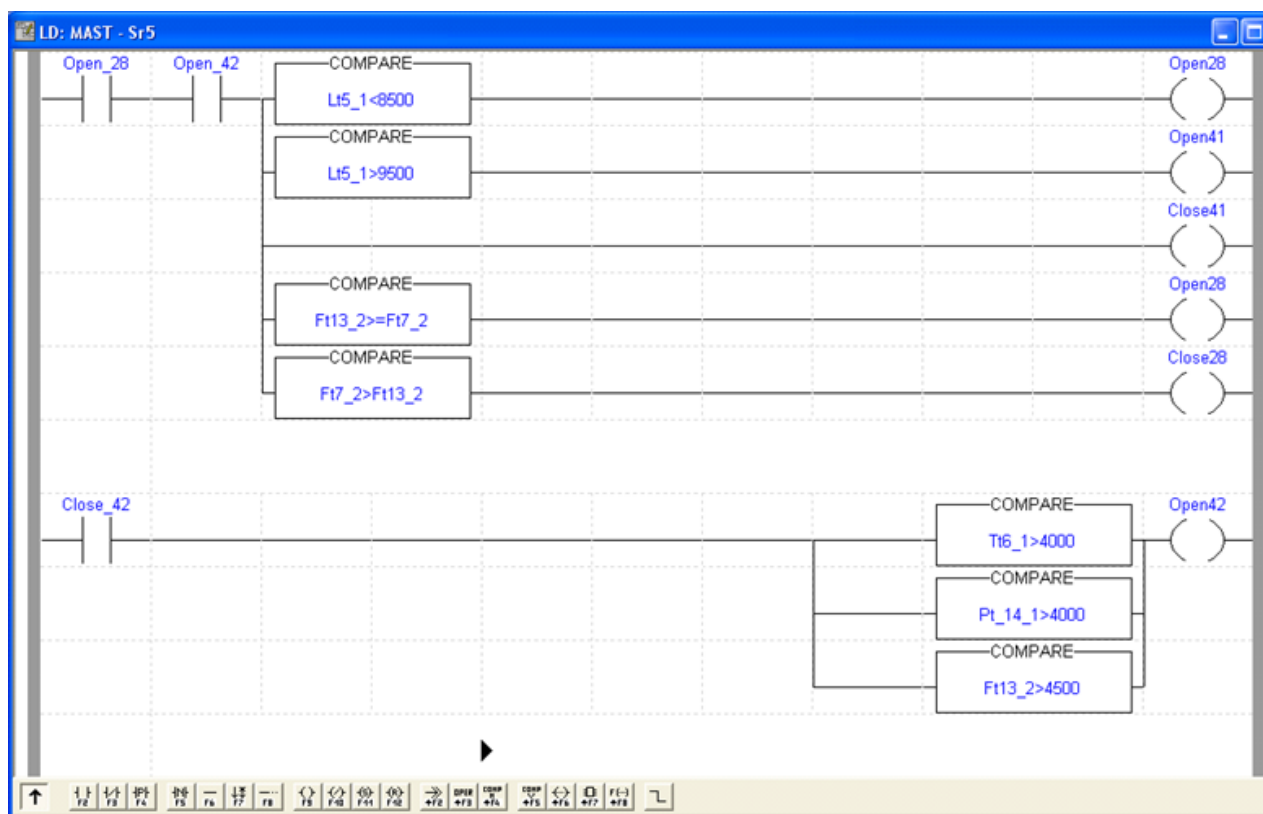


Рис.3.19 - САР рівня води в барабні

Візуалізація процесу управління зроблена в середовищі ХВТ L1000. Параметри кожного каналу зроблено у форматі: MASTER 40001+№, де №— номер каналу контролера.

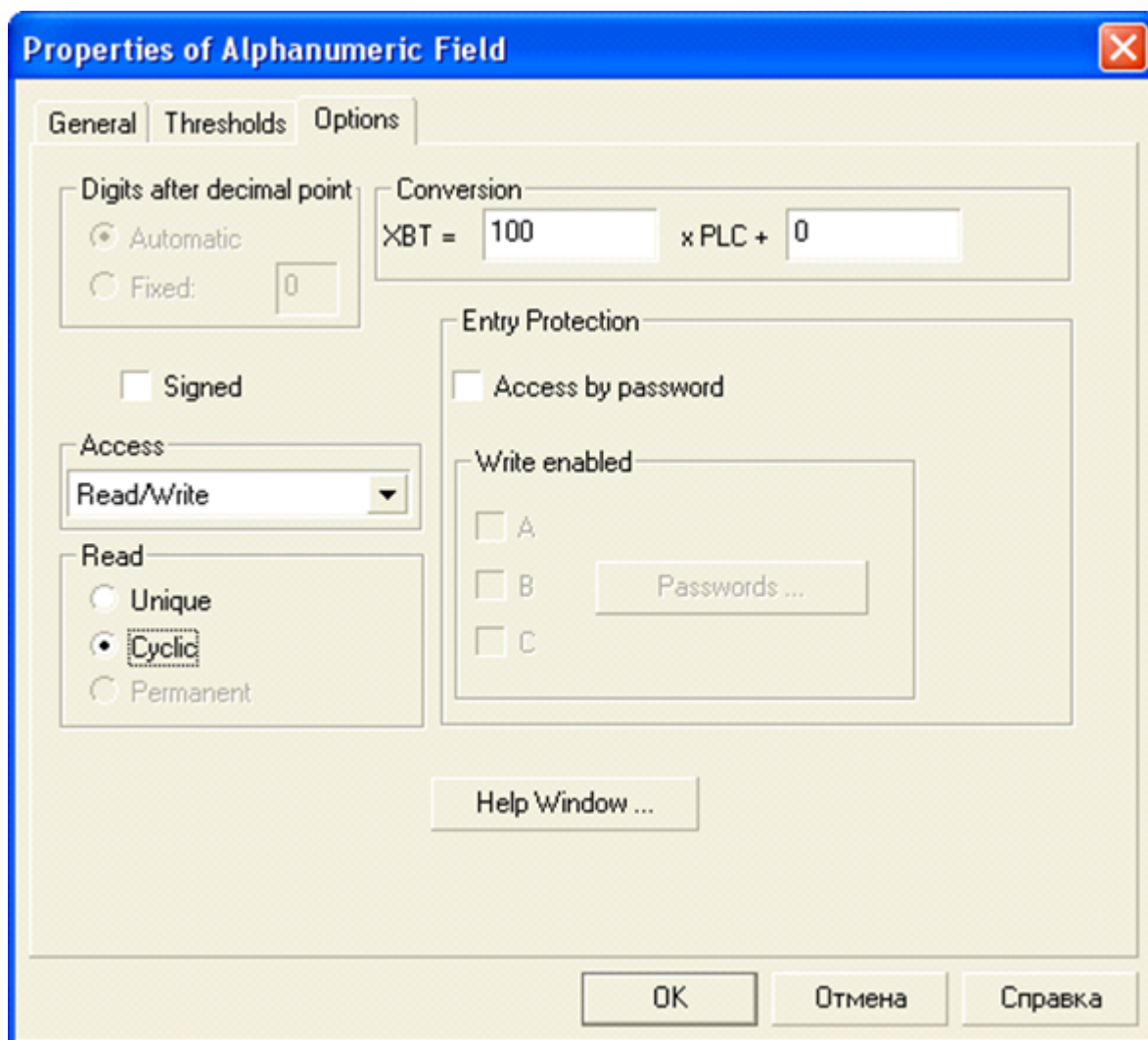


Рис.3.20 Налаштування зв'язку із контролером.

При проведенні симуляції процесу управління, задавши значення вхідних величин, отримали наступні екрани (рис. 3.21, рис. 3.22)

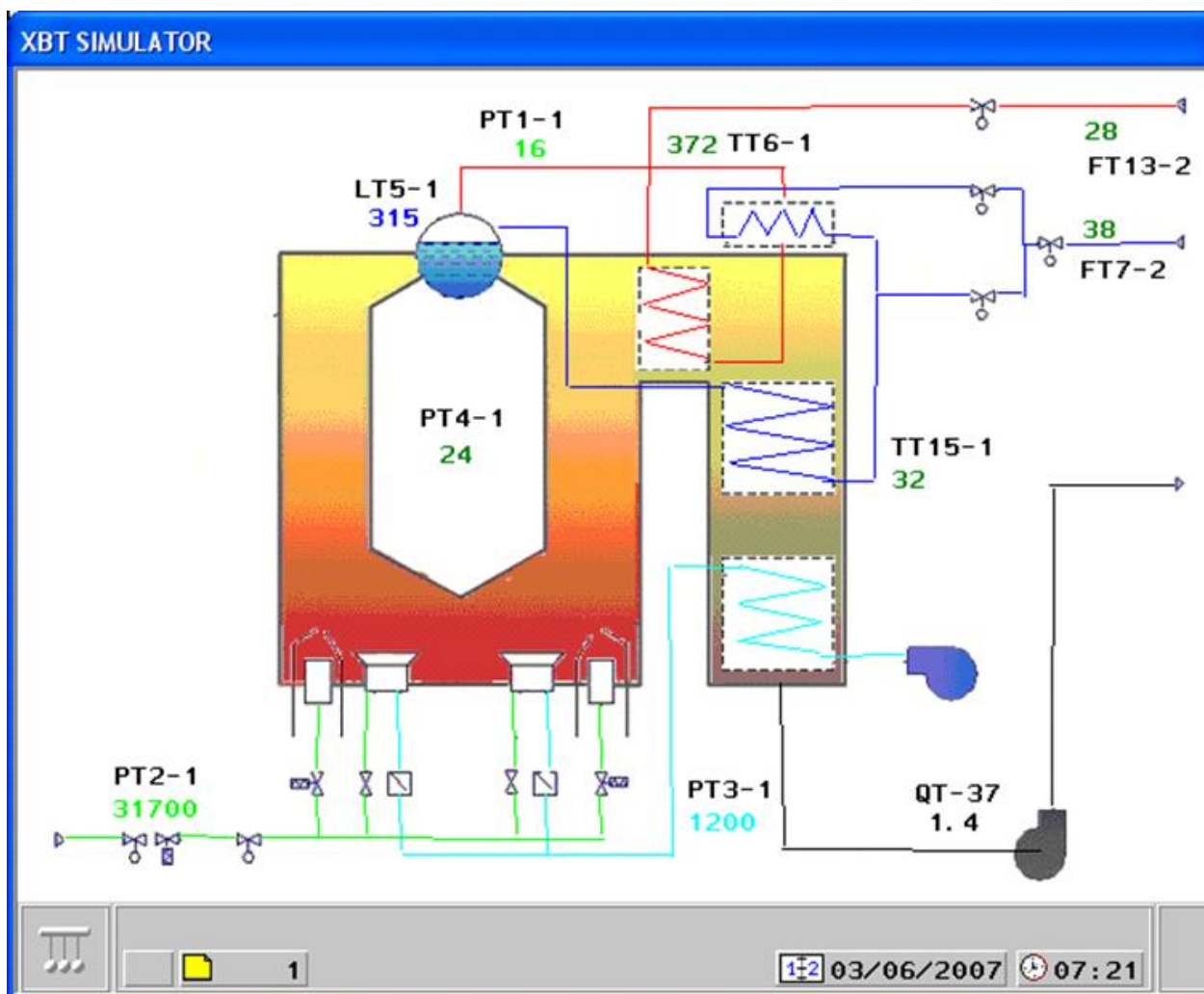


Рис. 3.21 - Головна сторінка програми.

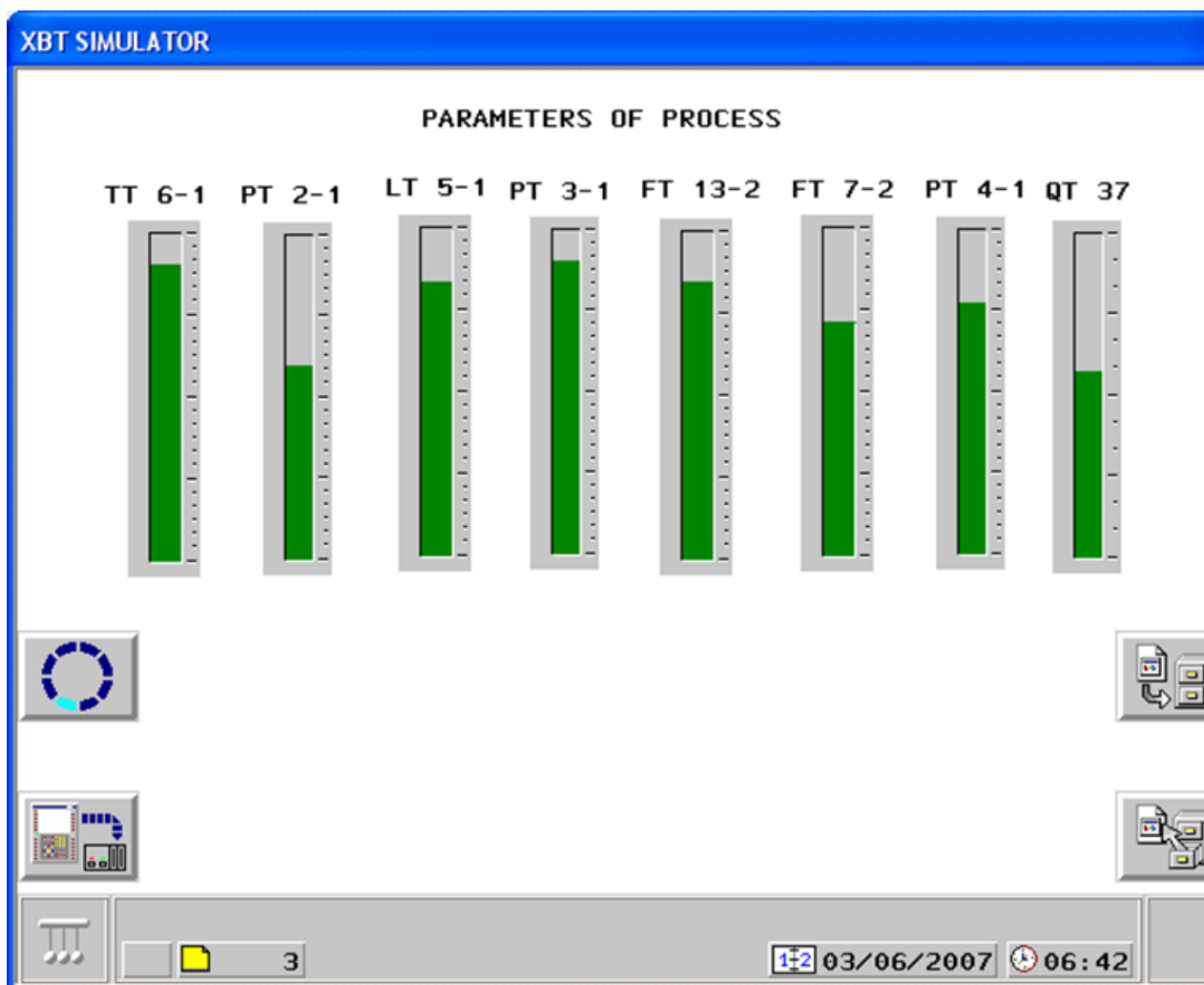


Рис. 3.22 - Сторінка діаграм параметрів процесу.

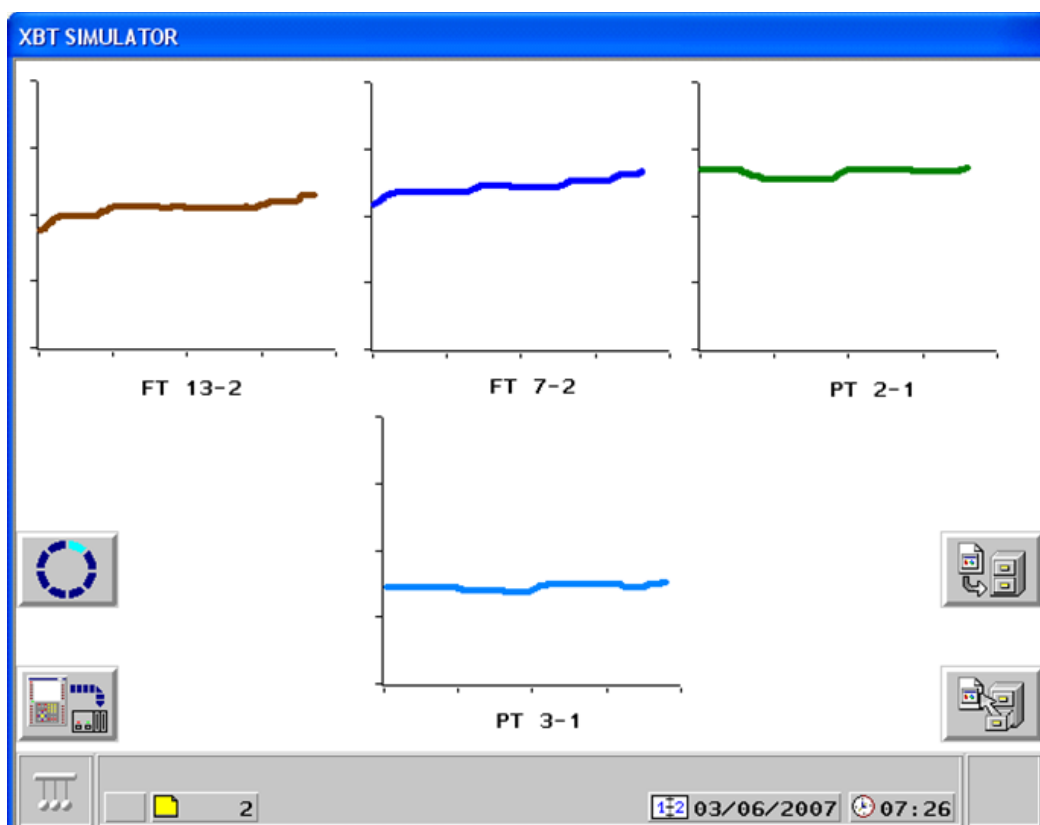
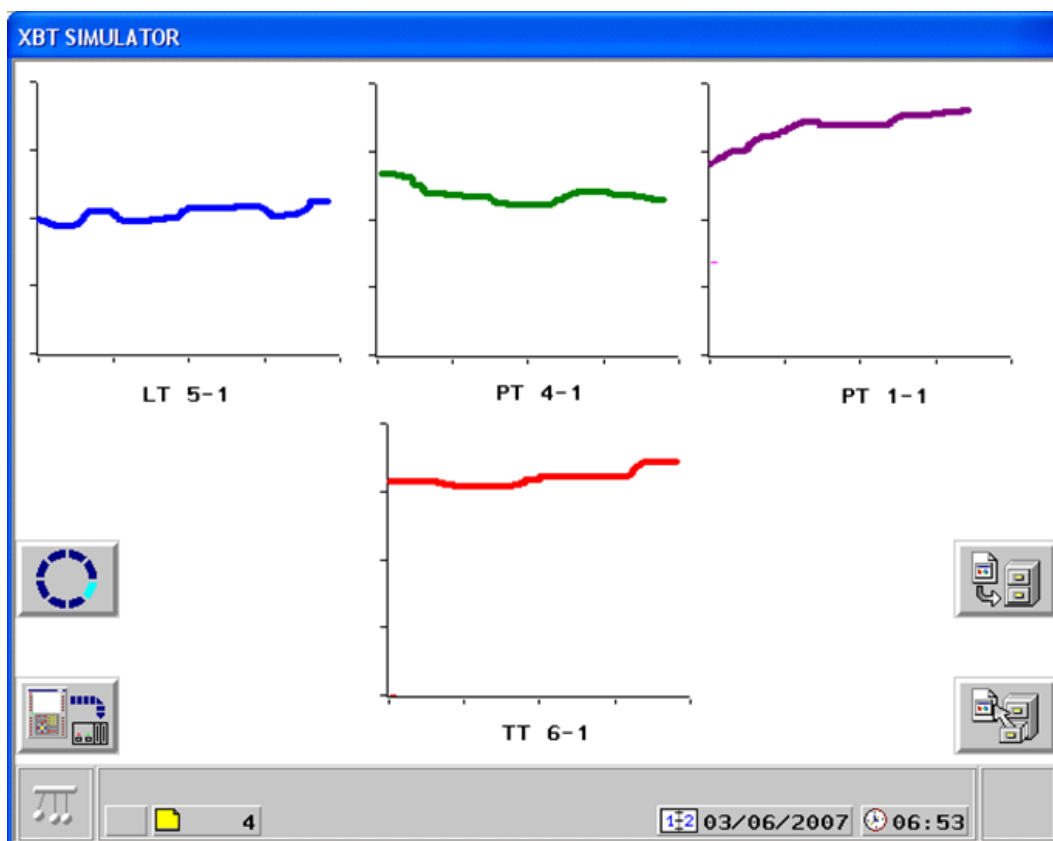


Рис. 3.23, Рис. 3.24 - Сторінка графіків основних параметрів процесу

ВИСНОВОК

Удосконалення системи автоматизації технологічного процесу котельні у м. Полтава є складним, але вельми перспективним завданням, яке передбачає глибокий аналіз, ретельне проектування та ефективну реалізацію нових технологій та засобів. Після проведення всебічного аналізу та досліджень, на основі яких були виявлені недоліки та можливості для удосконалення існуючої системи автоматизації, можна зробити кілька ключових висновків.

Аналітична частина роботи дозволила детально ознайомитися з технологічним процесом котельні, зокрема його особливостями та потребами. Також були проаналізовані характеристики існуючої системи автоматизації, виявлені її слабкі місця та переваги. Вимоги до системи автоматизації були ретельно вивчені для того, щоб забезпечити відповідність всім необхідним стандартам та вимогам.

Дослідницька частина роботи включала розробку функціональної схеми автоматизації котельні, дослідження характеристик датчиків температури, тиску та розрядження, а також оцінку джерел живлення котельні. Ці дані були надзвичайно важливі для подальшого проектування та розрахунків.

Конструкторсько-розрахункова частина роботи включала розрахунок системи автоматизації та моделювання її роботи в різних умовах та її удосконалення. Це дозволило виявити слабкі місця та здійснити необхідні корекції для забезпечення оптимальної ефективності та надійності системи.

У результаті проведених досліджень було виявлено, що удосконалення системи автоматизації технологічного процесу

котельні у м. Полтава може значно покращити її функціонування, знизити витрати енергоресурсів, підвищити рівень безпеки та ефективності виробництва. Це можливе завдяки впровадженню новітніх технологій та засобів автоматизації, які дозволять забезпечити точне регулювання технологічного процесу та оперативну реакцію на зміни у виробничому середовищі.

Отже, можна визначити, що удосконалення системи автоматизації технологічного процесу котельні у м. Полтава має великий потенціал для підвищення ефективності та надійності виробничих процесів, що є ключовим фактором у забезпеченні стабільності та успішності діяльності підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корчемний М.О. (2012). Теоритичні основи автоматики
2. Іванов, В.В. (2010). Системи автоматизації котелень: навчальний посібник.
3. Коваленко, О.А. (2011). Мікропроцесорні системи управління: теорія і практика.
4. Кожухов, І.В. (2013). Промислові контролери: проектування та програмування.
5. Лисенко, І.П. (2014). Автоматизація теплових процесів: навчальний посібник
6. Михайленко, В.В. (2015). Сучасні системи автоматизації виробництва.
7. Ніколаєв, В.І. (2016). Інтелектуальні системи управління технологічними процесами.
8. Олійник, А.В. (2013). Технології автоматизації в енергетиці.
9. Петренко, В.І. (2012). Основи автоматизації технологічних процесів і виробництв.
10. Романенко, О.С. (2017). Інформаційні технології в енергетиці.
11. Семенов, Д.В. (2014). Промислова автоматизація: системи та компоненти.
12. Сидоренко, І.П. (2011). Автоматизація систем теплопостачання.
13. Смирнов, В.І. (2016). Автоматизація технологічних процесів в енергетиці.
14. Тимошенко, О.В. (2015). Системи управління енергетичними процесами.
15. Троценко, О.М. (2017). Програмовані логічні контролери в автоматизації.
16. Федоров, П.В. (2013). Автоматизація та диспетчеризація в енергетиці.
17. Шевченко, В.М. (2014). Основи систем автоматизації виробництва.

1. ANALYTICAL PART

1.1 General characteristics of the technological process of the boiler plant

A steam boiler is a complex of units designed to produce water vapor. This complex consists of a series of heat exchangers interconnected to transfer heat from fuel combustion products to water and steam. The initial carrier of energy, the presence of which is necessary for the formation of steam from water, is fuel. The steam boiler together with the auxiliary devices, which are a variety of apparatus designed to convert the chemical energy of fuel into thermal energy of steam is called a boiler unit. Several boilers, combined in a common room, form a boiler plant. A boiler plant can also consist of one boiler unit.

Boiler plants in industry are designed to produce steam, which is used in steam engines (steam engines and steam turbines) and in various technological processes (drying, evaporation, etc.), as well as for heating, ventilation and domestic needs. Therefore, depending on the purpose, the following types of boiler installations are distinguished:

- power – steam generation for steam engines;
- production and heating – steam generation for the needs of production, heating and ventilation;
- heating – steam generation for heating industrial and residential premises;

- mixed-purpose – steam generation to provide simultaneous power supply to steam engines, technological needs and heating and ventilation units.

The main elements of the boiler unit are: boiler, furnace, superheater, economizer, air heater, as well as lining and frame.

The working fluids involved in the process of obtaining hot water or steam for industrial and technical purposes and heating are water, fuel and air.

The steam capacity of a boiler plant or its capacity is the sum of the individual steam production units that are part of it. The steam capacity of the boiler unit is determined by the number of kilograms or tons of steam produced per hour.

The furnace device of the boiler unit is used to burn fuel and convert its chemical energy into heat in the most economical way.

The superheater is designed to superheat the steam produced in the boiler by transferring the heat of flue gases to it.

The economizer is used to heat the feed water entering the boiler by transferring the heat of the flue gases.

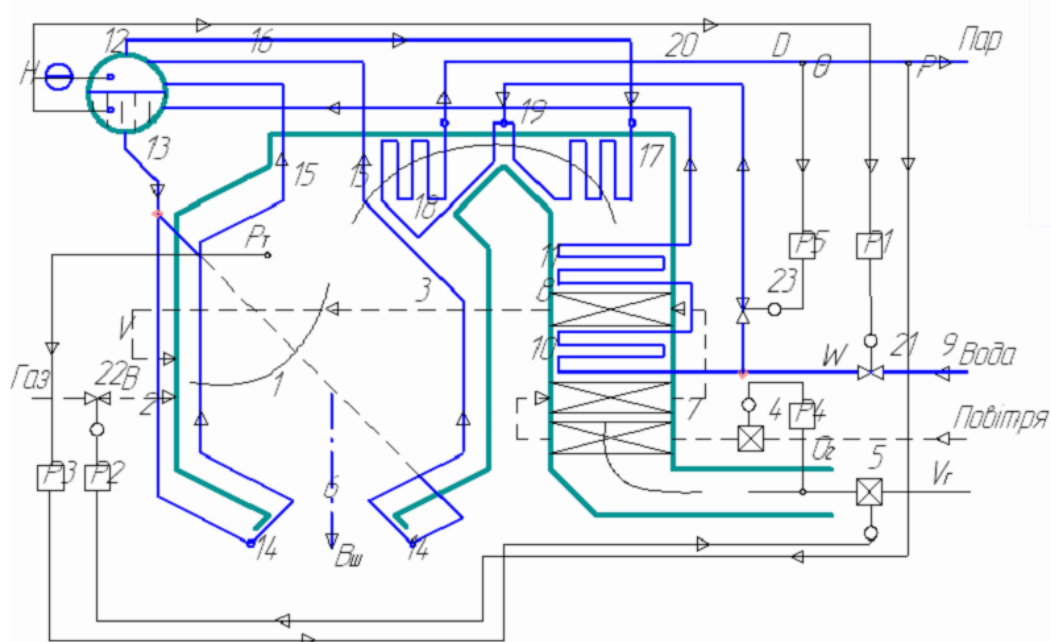
The air heater is designed to heat the air entering the furnace appliance by transferring the heat of the flue gases.

The feedwater treatment device consists of devices and means that provide chemical purification and softening of water, as well as the displacement of gases from it.

The feed plant consists of feed pumps for supplying water to the boiler under pressure, as well as corresponding pipelines.

The traction and injection device consists of blower fans, a system of gas and air ducts, a smoke exhauster and a chimney, which provide the required amount of air to the furnace device, the movement of combustion products through the gas ducts and the removal of combustion products outside the boiler unit.

The thermal control and automatic control device consists of control and measuring devices and automatic machines ensure uninterrupted and well-coordinated operation of individual devices of the boiler room installations for the production of the required amount of steam of a certain temperature and pressure.



Rice. 1.1 Technological diagram of the B-25-15GM boiler

The technological diagram of the boiler is given above. The figure shows:

- fireplace;
- fuel (natural gas) supply device;
- air duct;
- blower fan;
- smoke exhauster;
- hydraulic slag removal device;
- the first stage of the air heater;
- the second stage of the air heater;
- supply line;
- the first stage of the economizer;
- the second stage of the economizer;
- boiler drum;
- feed pipes (lowering);
- lower collectors;
- pipes of evaporative heating surfaces;
- steam pipeline;
- the first stage of the superheater;
- the second stage of the superheater;
- mixing chamber;
- superheated steam pipeline;
- regulating power supply device (feed water supply valve);

- fuel (natural gas) supply regulator;

- superheated steam temperature regulator (injection valve);

P1 — automatic water level regulator in the boiler drum;

P2 — automatic fuel supply regulator (depends on the steam load of the boiler);

P3 — automatic vacuum regulator (dependence between the smoke exhauster speed and the amount of flue gases in the furnace and at the outlet of the pipeline);

P4 — automatic fuel-to-air ratio regulator (regulator of efficiency);

P5 — automatic regulator of superheated steam temperature (depends on the amount of feed water supplied to the mixing chamber of the superheater);

RT — vacuum sensor in the boiler furnace;

P — steam pressure sensor in the steam line;

H — level sensor;

B — amount of fuel (natural gas);

VS — is the amount of slag;

VD — is the volume of air for fuel combustion;

VG — is the volume of flue gases;

W — is the volume of feed water;

D — is the amount of steam produced for the user;

DSP — is the amount of steam and hot water used for the boiler needs;

HB — is the energy released per unit of time during fuel combustion;

ND — is the part of the energy transferred per unit of time to the working environment;

NP — energy losses per unit of time for heat transfer to the environment, losses with flue gases, slag.

Using these letter designations, we determine the basic equations for the stationary mode of operation of the boiler:

- Material balance of the coolant:
- Material balance of the working medium:
- Boiler energy balance:

The main coolant is water. Water for boilers undergoes special preparation. The reliability of the heating surfaces of boiler units and the heat supply system depends on the quality of feed water. Indicators of water quality are: transparency, that is, the content of substances that are easily removed by mechanical filtration; dry residue — the content of mineral and organic impurities after evaporation; hardness — the content of calcium and magnesium salts; alkalinity is the content of anions HCO_3^- (bicarbonates) in water CO_3^{2-} (carbonates) and OH^- (hydroxides); the content of corrosive gases (O_2 and CO_2). The main task of water treatment in boiler rooms is to combat corrosion and scale. Corrosion of heating surfaces of boilers, heaters and pipelines of heating networks is caused by oxygen and

carbon dioxide, which penetrate into the system along with feed water. The requirements for the water used in steam hot water boiler houses are different, since in steam boilers the water evaporates, and in hot water boilers it only heats up.

The sources of water supply for boiler houses can be surface waters of rivers, lakes, artificial reservoirs, as well as groundwater from artesian wells. The choice of water treatment method for heating networks is determined by the requirements for the quality of feed water and depends on the heat supply system – closed or open, and on the quality of the source water.

Then the water enters the deaerator (the volume of the deaerator is 50 m³), where oxygen is taken from the water at a temperature of 105°C and a pressure of 0.2 atm. The temperature and pressure in the deaerator are kept constant. To absorb the residual heat of the exhaust gases, the treated water passes through the economizer, being heated to a temperature 40°C lower than the temperature of saturated steam.

Through centrifugal pumps, pressurized water is continuously fed into the boiler drum, in which water is converted into steam. Also, the boiler drum serves as a separator for boiler water and steam. The water level in the drum is kept constant (315 mm). With the help of lowering pipes, water from the drum enters the lower collectors, to which the pipes of the screens are connected, vertically installed along the inner walls of the combustion chamber. At the other end, the screen pipes represent the heating surface of the superheater, in which the final heating of the steam takes place to a temperature of

380°C, from which superheated steam is formed. Superheated steam under a pressure of 15 kg/cm² enters a steam turbine of the P2.5-15/3 M brand, with a rated power of 2500 kW and a rotational speed of 3000 rpm.

The furnace device of the boiler unit is used to burn fuel and convert its chemical energy into heat in the most economical way. Hot gases are first cooled in the combustion chamber, giving off heat by radiation to the screen pipes, then cooled by convection, passing through the superheater and economizer. A smoke exhauster is installed to extract combustion products. To ensure normal combustion (optimal amount of oxygen), a fan is installed, by adjusting the speed of which you can pump the amount of air necessary for combustion.

Regulation of the fuel supply to the furnace ensures that the boiler's steam capacity corresponds to the heat load. Regulation of the air supply provides an optimal fuel-to-air ratio, which achieves maximum efficiency of fuel combustion in all modes of boiler operation.

The supply of fuel-natural gas is carried out by the gas control point. Gas from the main pipeline enters the gas distribution point (GRP) of the boiler house. The gas distribution point is designed to reduce and maintain the pressure of gas coming from the network within the specified limits, as well as to completely automatically shut off the gas in necessary cases. After hydraulic fracturing, the gas is distributed to boilers.

The gas distribution point is equipped with:

- filter – for gas purification from mechanical impurities;
- safety shut-off valve – for complete automatic gas shut-off when the gas pressure behind the regulator increases or decreases;
- pressure regulator – to automatically reduce gas pressure and maintain it at a certain level, regardless of changes in gas flow to boilers and pressure fluctuations in the inlet gas pipeline;
- metering device — for recording gas consumption;
- safety discharge device – for discharge of a certain volume of gas into the atmosphere in case of possible short-term increases in its pressure behind the regulator;
- bypass gas pipeline — for passing gas outside the equipment, if necessary;
- pressure gauges – for measuring gas pressure in the inlet and outlet gas pipelines, before and after the filter, in the bypass gas pipeline;
- locking devices.

Direct combustion of gas is carried out by burners. The burners also prepare the gas-air mixture for combustion.

To ensure the normal operation of the boiler, it is necessary to supply the required volume of air for combustion, create a certain speed of the gas flow, and remove combustion products from the furnace. The movement of air and flue gases through the ducts of the boiler unit is carried out as a result of natural draught or by draught devices — fans and smoke exhausters, which create artificial draft. The blower fan supplies air to the furnace, overcoming the resistance

of the air ducts. Smoke exhausters suck combustion products out of the gas ducts and feed them into the chimney.

Combustion air is taken directly from the boiler room or from the outside so that vacuum is not created in the room. To improve the combustion process, the air is preheated in air heaters.

In the furnace, fuel is burned and part of the heat obtained in this process is transferred to water or a steam-water mixture. The heat in the furnace is transferred by radiation from the torch.

The ratio between fuel and air is strictly defined. Theoretically, the required volume of combustion air is the minimum volume of air at which complete combustion of a mass or volume of fuel is possible. Theoretically, the required volume of air depends on the composition of the fuel. For complete combustion of 1 m³ of natural gas, this volume is 9.5, 1 kg of fuel oil - 10, 1 kg of anthracite - 7 m³.

If more air is involved in the combustion process than theoretically required, excess oxygen and nitrogen remain in the combustion products, which did not participate in combustion, as well as water vapor contained in gas fuels and air.

In practice, more air is supplied for combustion than is theoretically necessary, since it is not possible to create ideal conditions for mixing fuel with air in burners and furnaces. To burn all the fuel, excess air is supplied, which does not participate in the combustion process and is removed from the furnace with combustion products. Real air consumption per 1 kg (m³) of fuel:

where is the coefficient of excess air.

The required excess air depends on the type of fuel, how it is burned, and the design of the firebox. The lower the coefficient of excess air, the more economical the combustion process. Depending on the design of the boiler unit, the coefficient of excess air may change as the gases rise along the path to the chimney. This is due to leaks in the boiler design, the presence of vacuum or overpressure in the gas duct. The excess air coefficient is selected depending on the type of fuel and the type of burner. For different boilers, the optimal values of the coefficient are in the range of 1.05..1.25.

To ensure the safe operation of the technological facility, it is necessary to provide for the actuation of protection automation according to the following parameters:

- flame separation;
- the feed water level in the drum is high;
- the feed water level in the drum is low;
- gas pressure is high;
- gas pressure is low;
- the vacuum in the furnace is high;
- the vacuum in the furnace is low;
- steam pressure is high;
- air pressure is high;
- air pressure is low;

- the temperature of superheated steam is high.
- accident of frequency control of the speed of the fan and smoke exhauster drives

The task of automating the control of the technological process of the object is:

- stabilization of vacuum in the furnace;
- adjustment of the water level in the boiler drum;
- stabilization of steam pressure;
- adjustment of the steam temperature after the superheater.

To ensure optimal modes of the technological process, it is necessary to ensure the regulation of the following technological parameters:

- gas-air ratio;
- O₂ content in flue gases.

1.2 Characteristics of the boiler room automation system

The boiler operates with a balanced draft. The combustion chamber is shielded with 60x3mm pipes. At the top, the rear screen tubes are scalloped. The screen collectors are made of 219x11mm pipes. On the front wall of the furnace in its lower part there are two reconstructed burners. The boiler drum is welded, not heated, with an inner diameter of 1500 mm and a wall thickness of 36 mm.

The boiler drum is welded, not heated, with an inner diameter of 1500 mm and a wall thickness of 36 mm. The drum is divided into three compartments - a clean compartment is located in the middle part and two salt compartments at the edges. At the bottom of the partitions there are channels for the flow of water from the clean compartment to the salt ones. The boiler operates on a three-stage evaporation scheme.

The first stage of evaporation is a clean compartment of the drum, in which labyrinth film separators are installed as separation devices, and a louvered separator is additionally installed for feed water. The second stage of evaporation is the salt compartments of the drum, in which two internal drum cyclones of 290 mm are installed. The third stage of evaporation is external cyclones of 273 mm. Steam from the remote cyclones enters the salty compartments of the drum.

The superheater is steel, convective, with a heating surface of 112 m², switched on according to the exact scheme.

The superheater coils are made of 38x13mm pipes. A surface steam cooler is installed in the saturated steam chamber, designed to regulate the temperature of superheated steam. The above-mentioned chamber is made of 325x8mm pipes. The superheated steam chamber is made of a 273x16mm pipe. Economizer — steel, coil, boiling type consists of two packages with a total heating surface of 316 m². The economizer coils are made of 032x3mm pipes. The economizer manifolds are made of 159mm pipes. The air heater is steel, tubular, with a heating surface of 594 m², consisting of 2 cubes. The vertically arranged tubes of the air heater are washed from the

inside with flue gases, and from the outside the air goes to combustion.

The B-25-15GM boiler is equipped with the following draught machines:

Fan VD-12 p = 730 rpm. N=30kW;

Smoke exhauster D-12 p = 970 rpm N = 55
kW.

To obtain high-quality steam from remote cyclones with an increase in the boiler steam capacity, the existing design of cyclones was replaced by the design of remote cyclones with flattened branch pipes. The connection dimensions for feed water, superheated steam, continuous, periodic blowdown and natural gas remained unchanged after reconstruction.

1.3. Requirements for the automation system

Provide for automatic termination of gas supply to the burners in the event of:

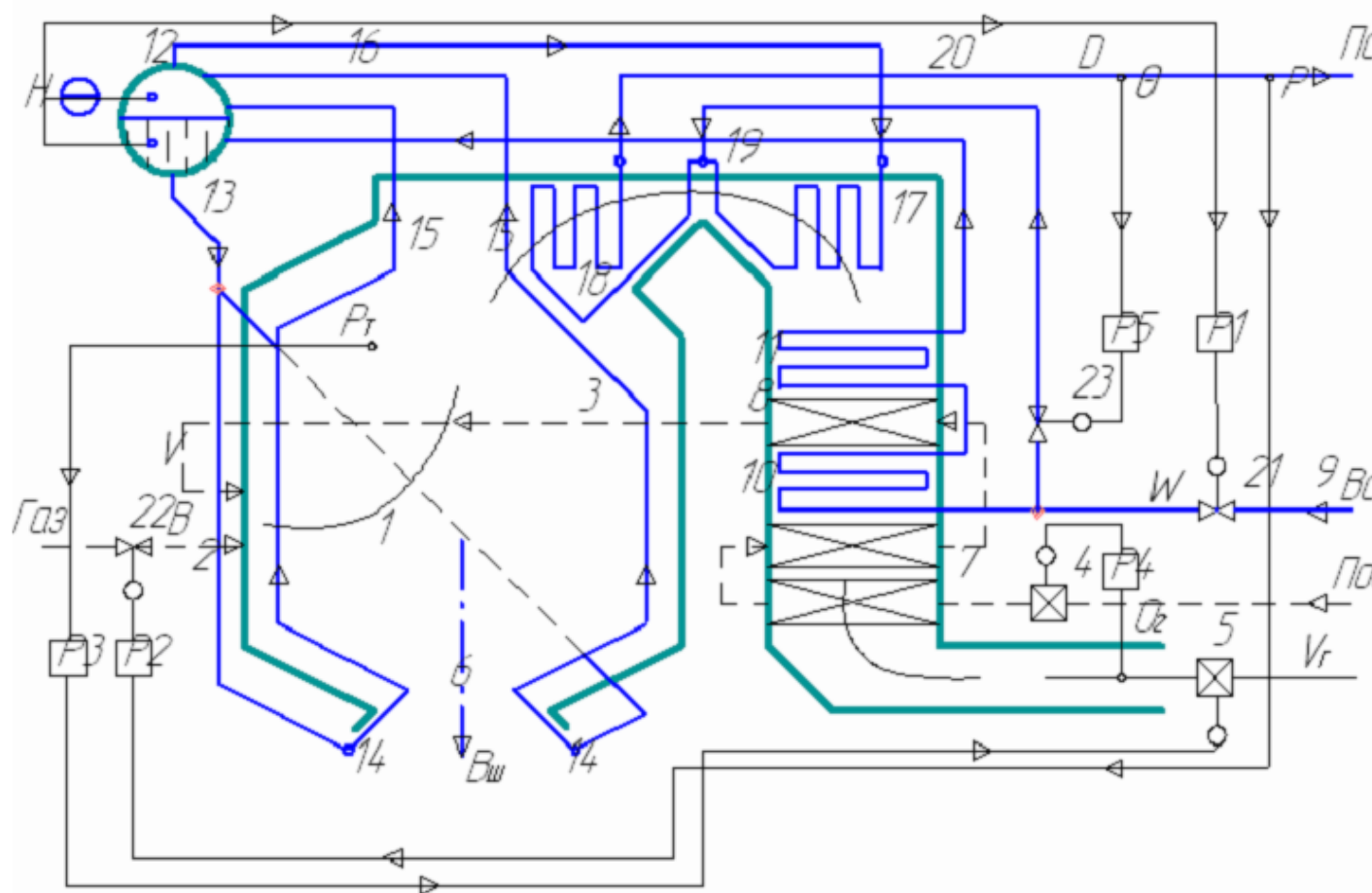
- increasing or decreasing the gas pressure in front of the burners;
- reduction of vacuum in the furnace;
- reduction of air pressure in front of the burners;
- extinguishing the burner torch;
- increase or decrease in the water level in the drum;
- exceeding the permissible pressure in the drum by more than 10%;
- malfunctions of the protection line;
- turning off the fan or smoke exhauster.

Provide light and sound alarms in the event of:

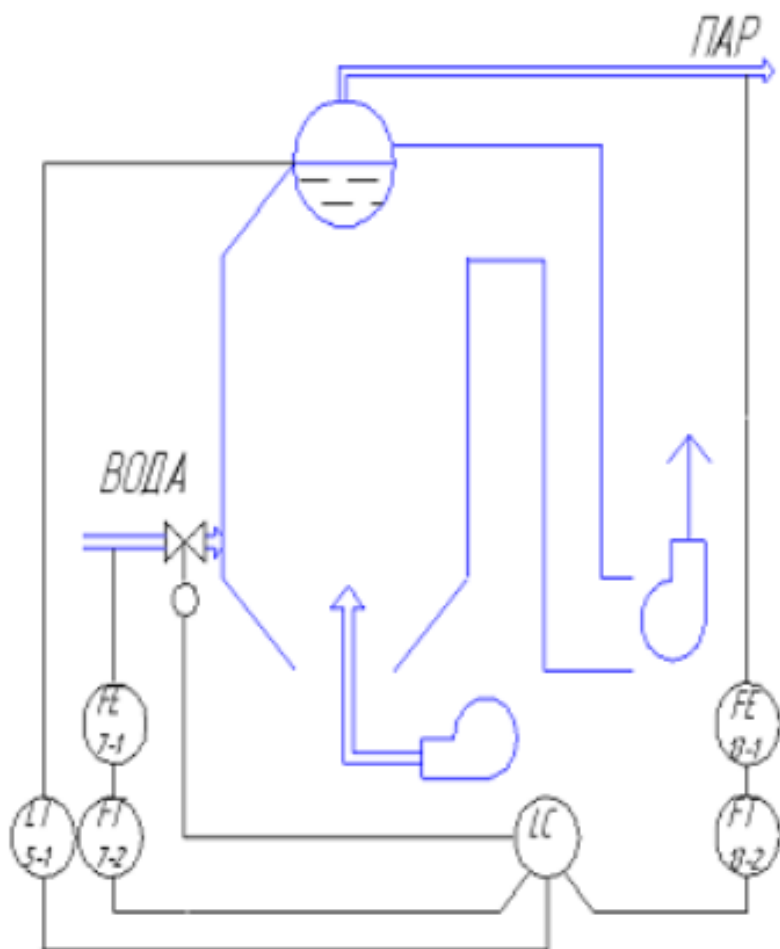
- actuation of the protection system;
- exceeding the temperature of superheated steam.

Provide for automatic blocking of gas supply to burners in the event of:

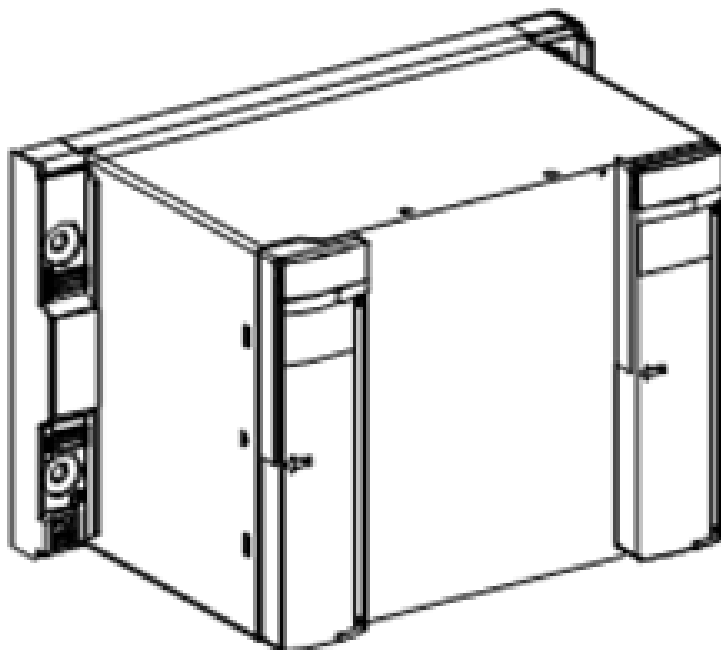
- non-working fan;
- lack of the required level in the boiler drum.



На слайді зображена Технологічна схема котла Б-25-15ГМ

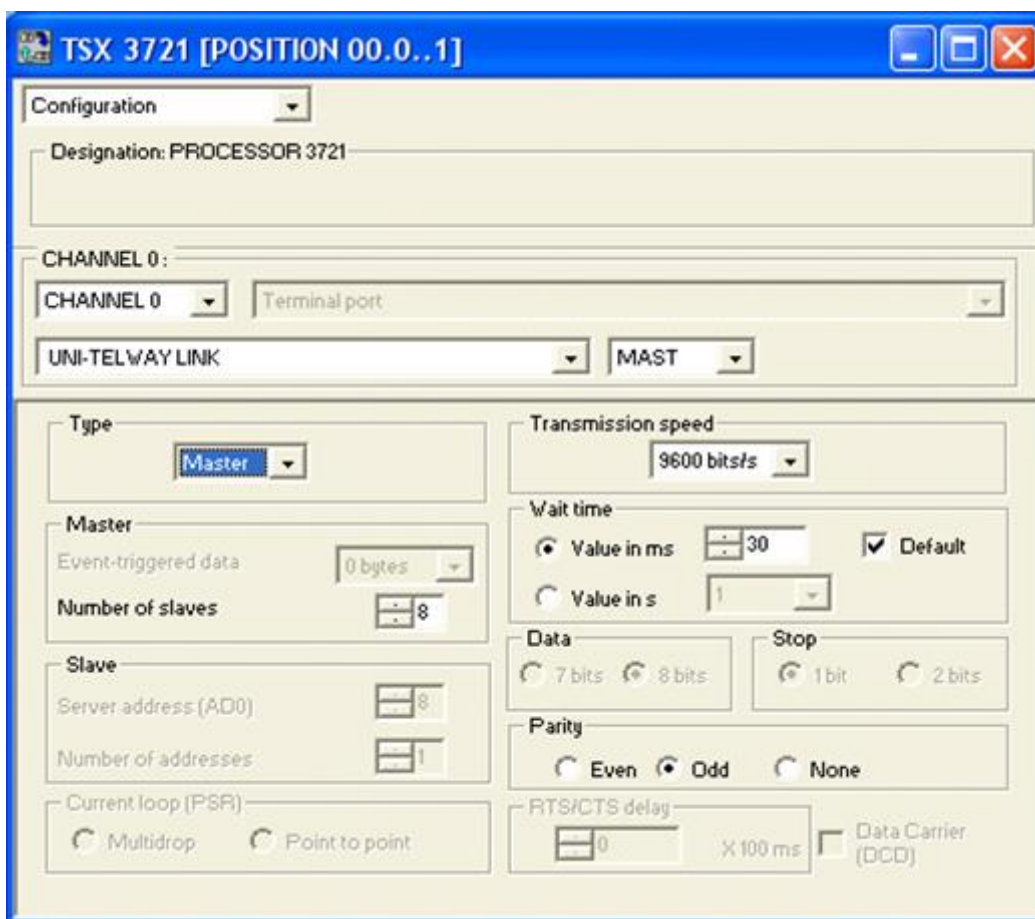


Система Автоматичного Регулювання рівня води в барабані

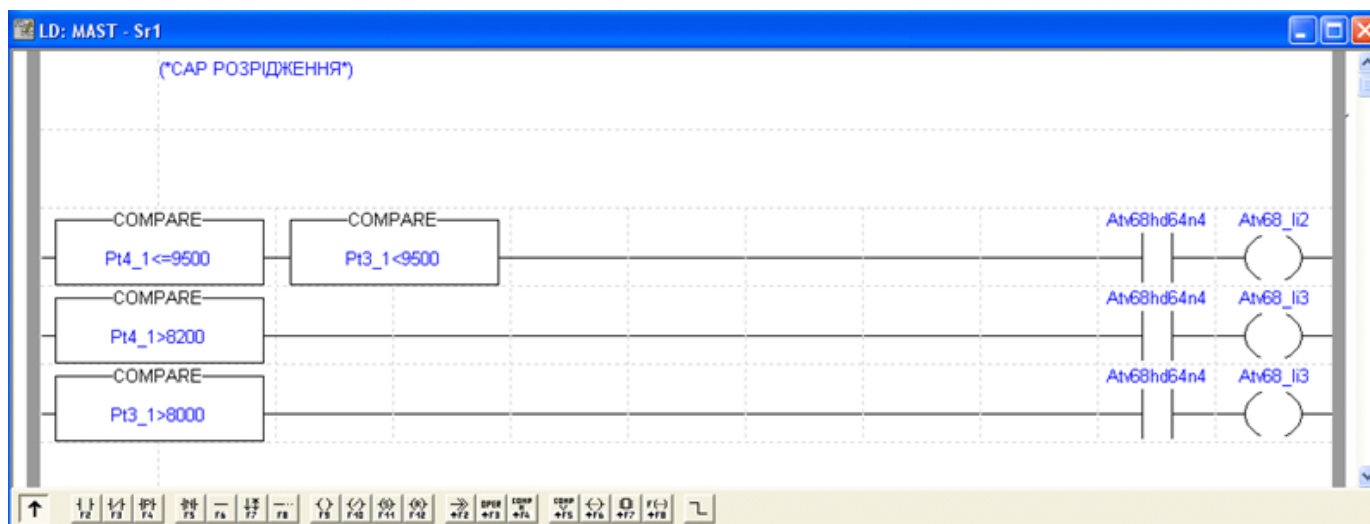


Промислове джерело живлення TSX SUP 1101

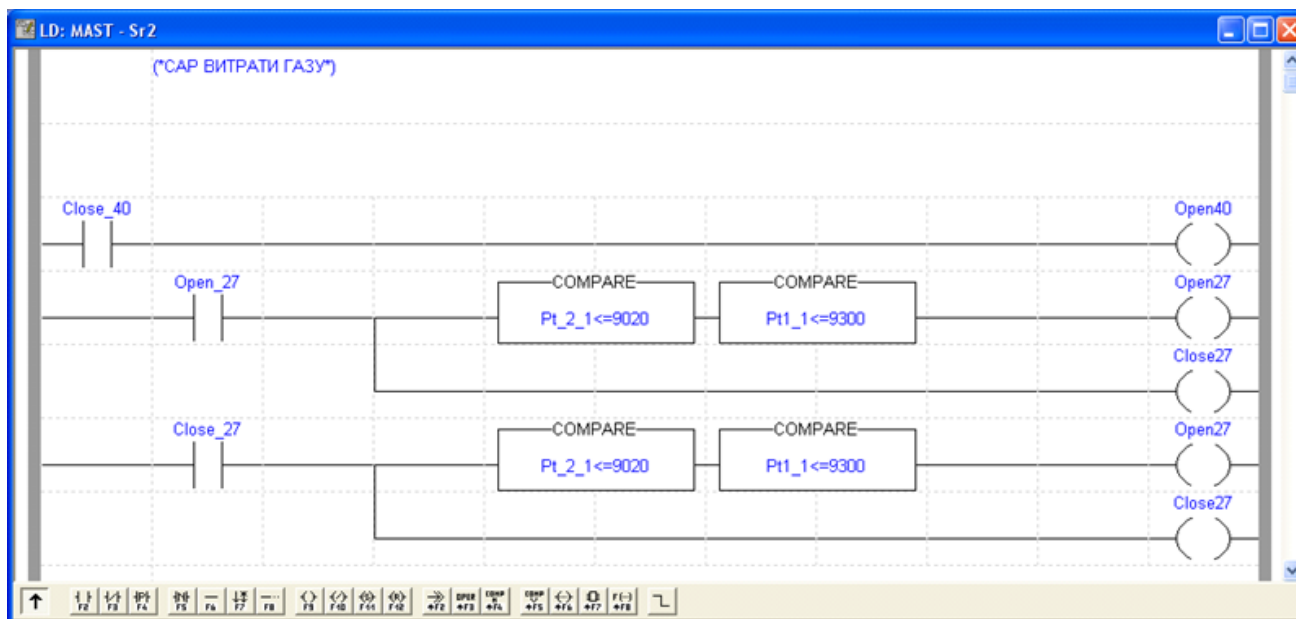
Вхідна напруга	100-120 В, 200-240 В
Частота	47-64 Гц
Струм	5А



Опис зв'язку логічного контролера TSX 37 21 із терміналом Magelis.

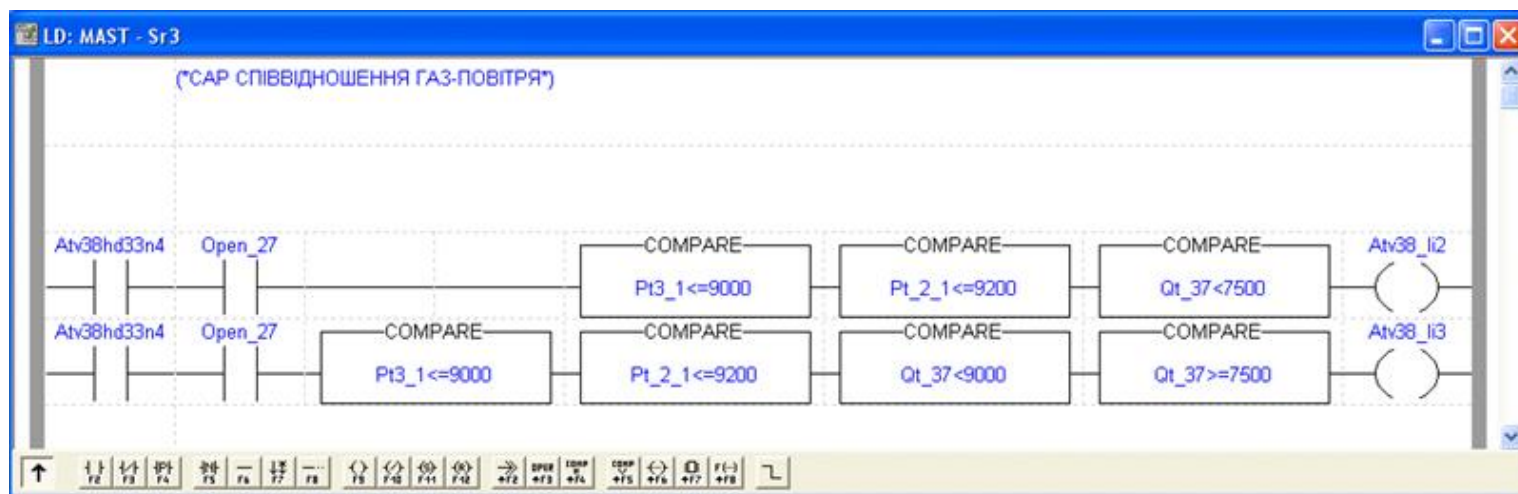


Моделювання САР розрідження в топці котла

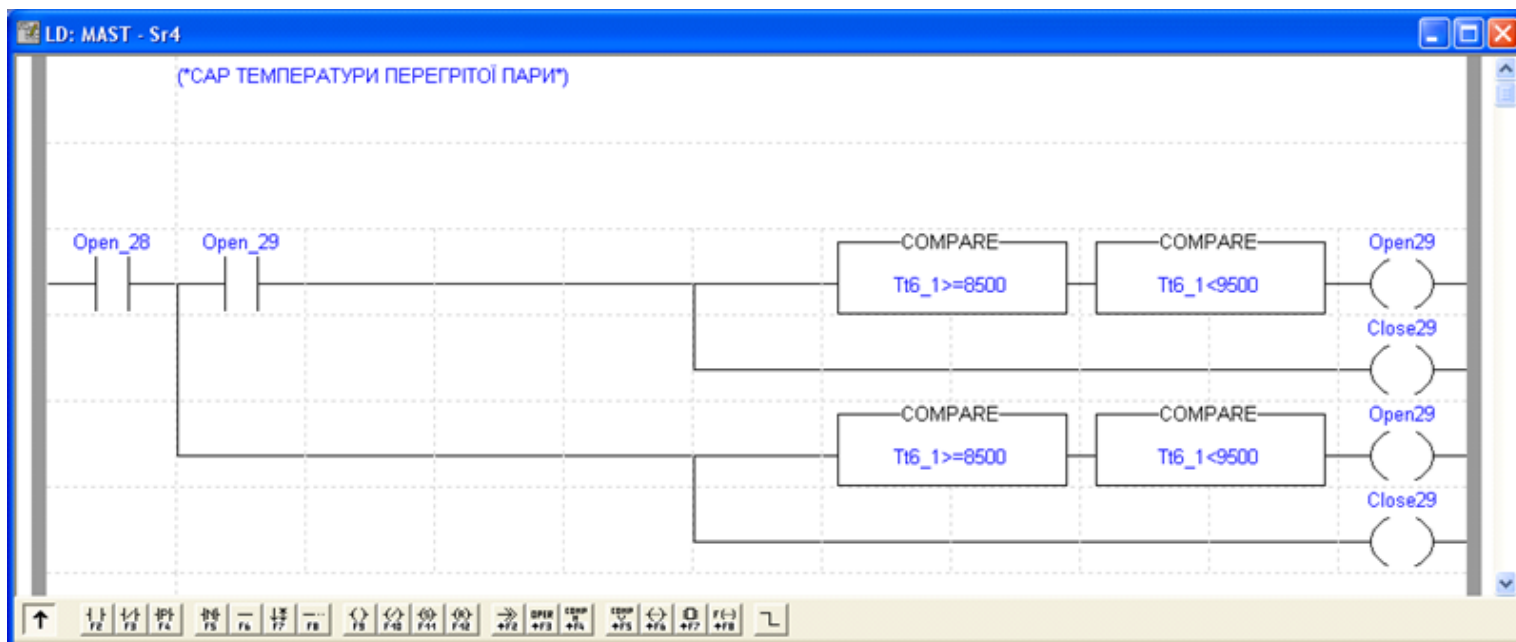


Модельовання САР витрати газу

6

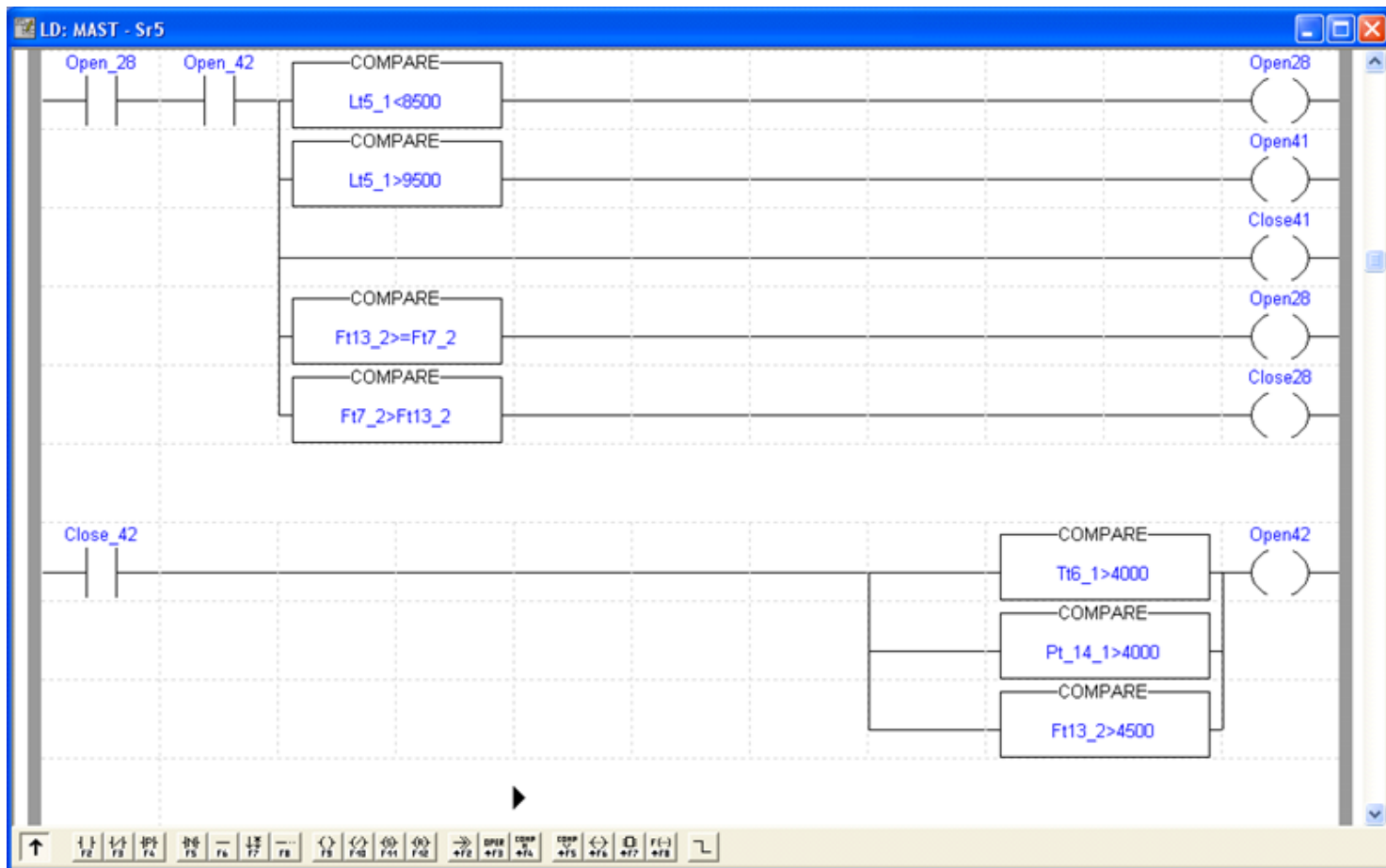


Модельовання САР співвідношення газ-повітря



Моделювання САР температури перегрітого пару

7



Моделювання САР рівня води в барабані

