

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем
управління

«До захисту в ЕК»
Декан факультету

_____ Андрій ФОРСЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«04» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна
інженерія в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації парового котла ДКВР-6,5-13-Г

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2ск

_____ ГОНЧАРОВУ Богдану Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник МАЦЕБУЛА Дмитро Валерійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Юлія КУЄВДА
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

Освітньо-професійна програма *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

Ярослав СМІТЮХ

«15» квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

ГОНЧАРОВУ Богдану Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації парового котла*

ДКВР-6,5-13-Г

керівник роботи *ст. викл. МАЦЕБУЛА Дмитро Валерійович*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «15» квітня 2024 р. №279-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «04» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми

підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога..

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 15 квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Богдан ГОНЧАРОВ

_____ (підпис)

Керівник роботи Дмитро МАЦЕБУЛА

_____ (підпис)

Анотація

У даній кваліфікаційній роботі представлено дослідження і розробку системи автоматизації для парового котла. Метою роботи є створення системи керування, яка забезпечить оптимальне функціонування котла в різних режимах роботи. У ході роботи виконано аналіз технологічних процесів, що відбуваються в паровому котлі, і визначено основні параметри, які потребують контролю та регулювання, зокрема рівень води, тиск пари, температура.

Практична частина роботи включає розробку програмного забезпечення для контролера М340. Виконано моделювання і тестування системи автоматизації з використанням відповідного програмного середовища для ПЛК.

Ключові слова: автоматизація, паровий котел, програмований логічний контролер, МЕО, безпека.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Annotation

This qualification work considers research and development of an automation system of the steam tank boiler. The goal of this work is to create an automation system that ensures the optimal operation of the steam tank boiler in various work modes. The analysis of the technological processes that take place inside the steam tank boiler has been conducted and the main parameters that require control and adjustment have been defined – water level, steam pressure, temperature. The practical part of this work includes the software development for M340 PLC. The automation system software has been modelled and tested using the respective integrated development environment.

Keywords: automation, steam tank boiler, programmable logic controller, security.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	14
Розділ 2. Система автоматизації.....	17
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів	17
2.2. Схема автоматизації.....	38
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	41
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.....	44
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)	44
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	47
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.	48
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.....	52
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера	55
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога.	65
Висновки	67
Список використаної літератури	68

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вступ

Забезпечення виробництва харчової промисловості тепловою енергією, зокрема паром, є критично важливою складовою процесу. Пар використовується для різноманітних завдань, таких як нагрівання, пастеризація, стерилізація, приготування продуктів тощо.

Газові парові котли - це ефективний спосіб для забезпечення виробництва паром. Газові котли використовуються для перетворення газу на пар, який використовується в різних галузях промисловості, таких як хімічна, харчова, текстильна та інші. Вони забезпечують надійне джерело тепла, ефективно використовуючи природний газ як джерело палива, що дозволяє знижувати витрати на енергію і забезпечує стабільність виробничого процесу.

Автоматизація котлів має значний вплив на їх ефективність. Це досягається завдяки оптимізації робочих параметрів, забезпеченню стабільної роботи, діагностиці та прогнозуванню потенційних проблем, а також оптимізації режимів завантаження. Автоматичне керування дозволяє забезпечити ефективне використання палива та знизити витрати енергії, що підвищує загальну ефективність виробничого процесу.

Метою курсового проекту є створення системи автоматизації для парового котла з метою оптимізації його роботи та підвищення ефективності виробничих процесів. Проект передбачає розробку програмного забезпечення, яке буде автоматично контролювати та керувати котлом, моніторити їх стан та виявляти можливі проблеми. Головними перевагами системи будуть підвищення продуктивності, зменшення витрат палива, покращення безпеки експлуатації та зниження ризику аварійних ситуацій

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

Паровим котлом називається комплекс агрегатів, призначених для одержання водяної пари. Цей комплекс складається з ряду зв'язаних між собою, теплообмінних пристроїв, які призначені для передачі тепла від продуктів згорання палива до води й пари. Основними процесами, які відбуваються в котельній установці є:

- процес горіння палива;
- процес теплообміну між продуктами згорання та водою;
- процес пароутворення, що складається з нагрівання води, її випаровування й нагрівання отриманої пари.

Горіння палива - безперервний фізико-хімічний процес. Хімічна сторона горіння полягає в окисненні його горючих елементів. Від подачі і розподілу повітря між частинками палива залежить інтенсивність горіння, економічність і стабільність процесу згорання палива. Процес горіння умовно поділяють на три стадії: займання, згорання і допалювання. Ефективні пальникові системи є критично важливими для парових котлів з кількох причин. Вони забезпечують оптимальне спалювання палива, що призводить до зменшення його витрат і дозволяє знизити експлуатаційні витрати на паливо, що є одним з основних факторів економії коштів для підприємств. Також зменшує викиди шкідливих речовин, таких як оксиди азоту (NOx), вуглекислий газ (CO₂), сажа та інші. Це важливо для дотримання екологічних стандартів і зменшення негативного впливу на довкілля. Технологічні пальникові системи дозволяють досягати високого коефіцієнта корисної дії (ККД) котла, що означає ефективніше використання теплової енергії, отриманої від палива. Це підвищує загальну продуктивність котла та зменшує теплові втрати.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Гончаров Б.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації парового котла ДКВР-6,5-13-Г</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Мацебула Д.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-2-ск</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

Ефективні палинкові системи забезпечують стабільне та надійне спалювання палива, що сприяє безперебійній роботі котла. Це зменшує ризик поломок та аварійних ситуацій, забезпечуючи безпеку експлуатації обладнання. Оптимальне згоряння палива зменшує утворення нагару та інших відкладень у котлі, що зменшує знос та корозію обладнання. Це сприяє подовженню терміну служби котла та зменшенню витрат на його технічне обслуговування та ремонт.

Процес теплообміну в котлі проходить через теплопровідні стінки, які називаються поверхнями нагріву. Поверхня нагріву виконана у вигляді труби. Вода безперервно циркулює всередині труб, а ззовні промивається гарячими пічними газами.

Ефективність теплопередачі в парових котлах залежить від багатьох факторів, які включають конструктивні особливості котла, умови експлуатації, властивості використовуваного палива та якість води. Конструктивні особливості котла, такі як площа поверхні теплообміну, матеріали, з яких виготовлені теплопередаючі елементи, їх розташування і форма, значною мірою впливають на ефективність теплопередачі. Наприклад, котли з великою поверхнею теплообміну та використанням високоефективних матеріалів (наприклад, легованої сталі) забезпечують кращу теплопередачу. Температура та тиск пари також мають важливе значення, оскільки вищі температури і тиск покращують ефективність теплопередачі, підвищуючи різницю температур між газами згоряння та теплоносієм. Однак необхідно враховувати міцність матеріалів та безпеку експлуатації. Стан поверхонь теплообміну також впливає на ефективність теплопередачі: забруднення, нагар та відкладення на поверхнях теплообміну діють як теплоізолятори, зменшуючи ефективність теплопередачі, тому регулярне очищення та обслуговування поверхонь теплообміну є критично важливими. Якість та склад палива відіграють важливу роль, оскільки використання високоякісного палива з високою теплотворною здатністю сприяє кращому спалюванню та ефективній теплопередачі, а висока вологість палива знижує ефективність, оскільки випаровування вологи вимагає додаткової енергії. Режим

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

роботи котла, включаючи підтримання стабільного навантаження, рівномірний розподіл теплового навантаження та правильне регулювання процесу горіння, значно впливають на ефективність теплопередачі, оскільки перевантаження або недовантаження котла можуть призвести до зниження ефективності. Якість води також має велике значення: використання води з низьким вмістом мінеральних домішок і регулярне проведення хімічної водо-підготовки є важливими для запобігання утворенню накипу і корозії на поверхнях теплообміну, оскільки накип значно знижує ефективність теплопередачі. Використання системи рециркуляції димових газів може покращити ефективність теплопередачі, зменшуючи температуру відхідних газів і використовуючи це тепло для підігріву повітря, що надходить в горілку. Належна теплоізоляція корпусу котла та трубопроводів зменшує тепловтрати в навколишнє середовище, що підвищує загальну ефективність системи. Таким чином, ефективність теплопередачі в парових котлах залежить від цілого ряду факторів, включаючи конструкцію, умови експлуатації, властивості палива та якість води, а правильне обслуговування, використання високоякісного палива та регулярний контроль за станом котла є ключовими аспектами для забезпечення його ефективної роботи.

Парові котли типу ДКВР призначені для виробництва технологічної пари на промислових електростанціях малої потужності. Котел з природною циркуляцією типу ДКВР (двохбарабанні водотрубні реконструйовані) 6,5-13-Г, де перша цифра після найменування котла означає продуктивність, друга - тиск пари на виході з котла, третя - температуру перегрітої пари.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

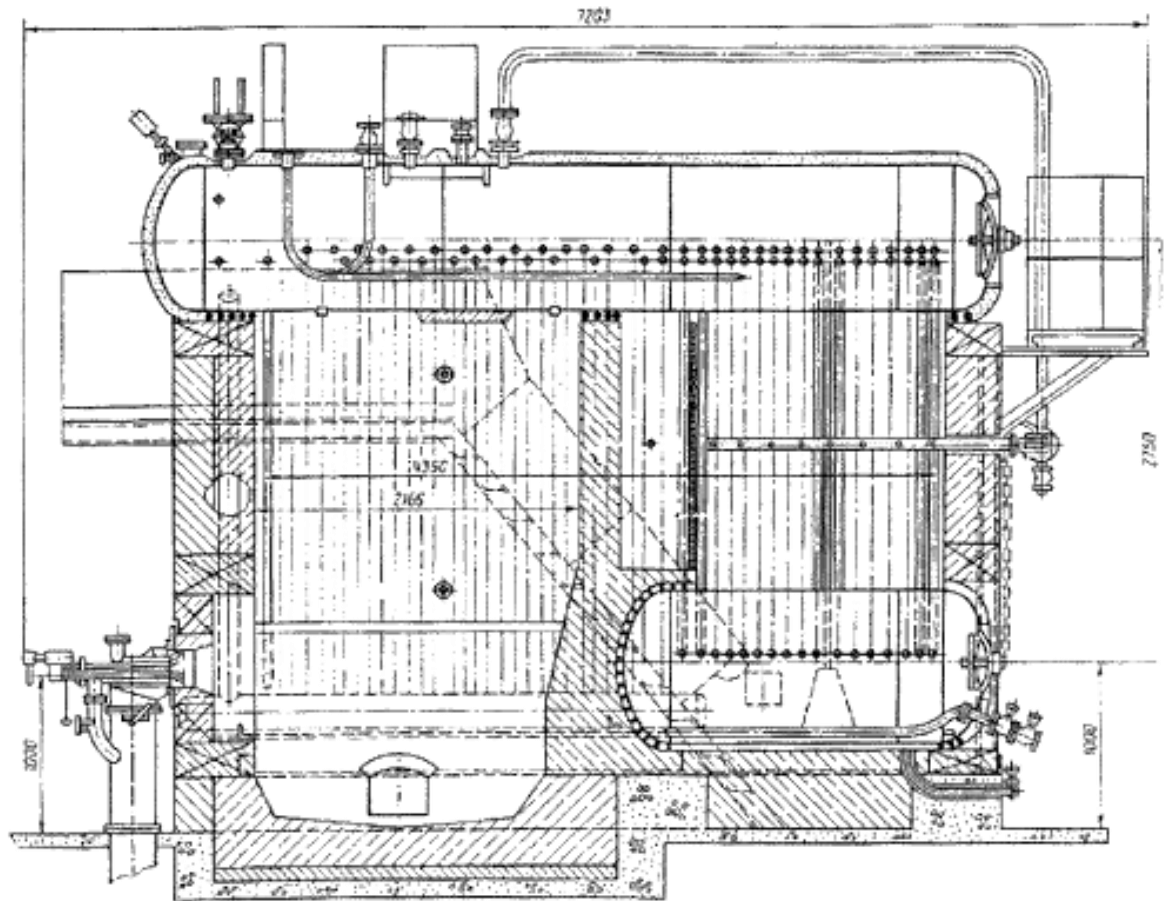


Рисунок 1.1 -Повздовжній переріз котлам ДКВР-6,5-13-Г

В котлах ДКВР камера згоряння повністю екранована. З'єднані поперечно барабани оснащені гнутими кип'ятильними трубками, розвальцьованими в них, що утворюють кип'ятильний пучок. У котлах з продуктивністю до 10 т пари на годину перед кип'ятильним пучком розташована камера згоряння, поділена на дві секції: топку і камеру догорання. Останню формують за допомогою шамотової стінки, встановленої на задньому порозі між першим та другим рядами трубок кип'ятельного пучка. Таким чином, перший ряд трубок виконує роль заднього екрану камери догорання. У центрі кип'ятельного пучка розміщена чавунна перегородка, яка розділяє його на два газохода. Ця перегородка, а також інші подібні конструкції, змушують димові гази обтікати пучки поперечно, роблячи оберти в горизонтальній площині. Вихідні отвори для диму з топки та котла розташовані асиметрично. У котлах, обладнаних пароперегрівачем, між першим і

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

другим рядом труб котельного пучка (в його центральній частині) монтується шамотна перегородка, яка розділяє гарячі гази на два потоки. З обох боків котла розміщено два пароперегрівачі. Проміжні камери з'єднані з загальним колектором за допомогою двох паро-перепускних труб.

Живильна вода подається у верхній барабан. Вона подається через профільовані труби під рівень води в барабані щоб запобігти гідравлічним ударам. Опускними трубками кип'ятильного пучка називають трубки останніх рядів пучка, розташовані у другому газозоді. Основними частинами котла є барабани, екрани, пучки і пароперегрівачі. Барабани котлів ДКВР виготовляються з різної сталі залежно від тиску: до 23 атм - 16ГС, 32 атм - 20К. Товщина стінок барабанів і днищ залежить від тиску: 13 атм - 13 мм, 23 атм - 20 мм, 32 атм - 40 мм. Внутрішній діаметр барабанів котлів з тиском 32 атм становить 960 мм. У верхніх барабанах розміщуються сепараційні і живлячі прилади, а нижні барабани є шлако-відстійниками. Частковий підігрів парового простору барабану не є небезпечним, оскільки стінки в цьому місці охолоджуються потоками пароводяної суміші з труб бокових екранів та крайніх труб кип'ятильного пучка. У всіх котлах ДКВР, крім котлів зі зменшеним верхнім барабаном, встановлюються дві контрольні легкоплавкі пробки. Основне призначення легкоплавких пробок полягає в тому, щоб у разі падіння рівня води нижче допустимого рівня, легкоплавкий сплав, що заповнює канал в пробці, розплавлявся. Це призводить до виникнення шуму пароводяної суміші, що виходить через утворений в пробці отвір. Цей шум слугує сигналом для персоналу котельної про те, що рівень води в барабані впав до небезпечного рівня, і необхідно негайно вжити заходів щодо зупинки котла. Котли ДКВР можуть мати вихід димових газів через задню, верхню або бокову стінку. Аварійно-імпульсний пристрій (АІП) автоматично скидає надлишковий тиск пари в трубопроводі котла. При підвищенні тиску пари вище 23 атм золотник імпульсного клапана піднімається, відкриваючи доступ пару в надпоршневий простір аварійного клапана. Площа поршня аварійного клапана більша, ніж його тарілки, тому зусилля від тиску пари в надпоршневому просторі переборює зусилля

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

від тиску пари на тарілку знизу, і клапан відкривається. Пара з трубопроводу через відкритий аварійний клапан скидається в атмосферу. Коли тиск пари падає, золотник імпульсного клапана опускається під дією вантажу, закриваючи доступ пару в надпоршневий простір. Залишкова пара з надпоршневого простору через імпульсний клапан виходить у вихлопну трубу. Розвантажений поршень знизу пружиною та тиском пари з боку трубопроводу закриває тарілку аварійного клапана, припиняючи скидання пари в атмосферу.

Для оцінки стану парового котла необхідно враховувати ряд регульованих величин і каналів регульовальних дій. Основні параметри включають тиск пари, рівень води в барабані котла, співвідношення паливо/повітря, склад димових газів, співвідношення води до пари, теплове навантаження та автоматизацію систем контролю. Тиск пари регулюється шляхом контролю подачі палива, повітря і води, що забезпечує підтримання необхідного рівня потужності. Рівень води в барабані котла підтримується шляхом управління живильним насосом і регулюванням клапанів живильної води. Співвідношення паливо/повітря контролюється регулюванням подачі палива та повітря для забезпечення оптимального згорання. Аналіз складу димових газів дозволяє оцінити ефективність процесу згорання та екологічність роботи котла, регулюючи подачу повітря та рециркуляцію газів.. Співвідношення води до пари регулюється шляхом контролю витрати води до котла та подачі пари до споживачів. Теплове навантаження котла підтримується шляхом регулювання подачі палива та повітря. Автоматизація та системи контролю забезпечують точність вимірювань і відповідність заданим параметрам через налаштування та калібрування датчиків і контролерів. Таким чином, вибір регульованих величин і каналів регульовальних дій для парового котла включає контроль за тиском і температурою пари, рівнем води, співвідношенням паливо/повітря, складом димових газів, температурою димових газів на виході, співвідношенням води до пари, тепловим навантаженням і автоматизацією систем контролю, що дозволяє забезпечити ефективну та безпечну роботу котла.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1 - Завдання на розробку системи автоматизації

	Машина, агрегат, установка	Параметр місце відбору сигналу	Допустиме значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
	Паровий котел	Рівень в верхньому барабані котла	+- 50мм	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на клапан подачі води
				Регулювання	стабілізація	
	Паровий котел	Тиск в верхньому барабані котла	13кг/см ²	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на клапан подачі газу
				Регулювання	стабілізація	
	Трубопровід подачі газу	Витрата газу в котел	0-100%	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	
	Трубопровід подачі газу	Тиск в трубопроводі подачі газу	0.2-0.3кг/см ²	Контроль захисне відключення	Відображення, реєстрація, сигналізація	Відсічний клапан

Продовження таблиці 1.1- Завдання на розробку системи автоматизації

	Трубо провід подачі повітря	Тиск в трубопровод і подачі повітря	3.3к Па	Контр оль, Керування	Відоб раження, реєстрація, сигналізація	Зміна обертів двигуна дугтевого вентилятора
	Паров ий котел	Розрі дження в топці котла	20 Па+-2Па	Контр оль	Відоб раження, реєстрація, сигналізація	Зміна обертів двигуна димососа
				Регул ювання	стабіл ізація	
	Трубо провід димових газів	Конц ентрація кисню в димових газах	4%	Контр оль,	Відоб раження, реєстрація, сигналізація	Корекція співвідношення газ/повітря
				Регул ювання	Співв ідношення паливо повітря	
0	Паров ий котел	Наявн ість факелу в топці котла	Логі чна одиниця	Контр оль	Відоб раження, реєстрація, сигналізація	Захисний контур котла

Розділ 2. Система автоматизації

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів

Вимірювання рівня в барабані котла

Для вимірювання рівня в барабані котла диференційний манометр ПД310.



Рисунок 2.1 - Диференційний манометр ПД310

Диференційний манометр є одним з приладів для вимірювання рівня рідини в резервуарі або котлі. Принцип його роботи базується на вимірюванні різниці тисків між двома точками: нижньою точкою, яка знаходиться на певній глибині в рідині, і верхньою точкою, яка зазвичай розташована на поверхні рідини або в газовому просторі над рідиною.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Гончаров Б.О.			Розробка системи автоматизації парового котла ДКВР-6,5-13-Г		
Керівник		Мацебула Д.В.					
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2-ск		
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.					

Диференційний манометр має два підключення: одне підключення з'єднується з нижньою точкою резервуара або котла, де рідина створює гідростатичний тиск, а інше підключення — з верхньою точкою, де тиск газу над рідиною. В основі роботи диференційного манометра лежить закон Паскаля, який говорить, що тиск на глибині в рідині пропорційний висоті стовпа рідини над цією точкою і густині рідини. Основні параметри перетворювача різниці тиску представлено на рисунку 2.2

Назва	Значення	
	ПДЗ10-Д	ПДЗ10-Н
Вихідний сигнал	4...20 мА + HART	
Межі основної похибки вимірювання	±0,075 %	±0,1 %
Напруга живлення	16,5...55 В (номінальна напруга =24В)	
Опір навантаження	Не менше 250 Ом	
Переналаштування діапазонів вимірювання	100:1	
Штуцер для підмикання тиску	Фланець, міжосьова відстань - 54 мм	M20×1,5
Ступінь захисту корпусу	IP65	
Середній час наробітку, не менше	50 000 год	
Середній термін служби, не менше	5 років	
Вага без упаковки / в упаковці	3,5 кг / 4,5 кг	1,5 кг / 2,5 кг
Діапазон робочих температур навколишнього повітря	-20 (-40*)...70 (80*) °С	
Діапазон температур вимірювального середовища	-40...120 °С	

Позначення ВМВ при замовленні, МПа	Повний діапазон вимірювання диференційного тиску	Нижня межа вимірювання (НМВ)	Верхня межа вимірювання (ВМВ)	Межа перевантаження на стороні високого тиску Н	Межа перевантаження на стороні низького тиску L
0,006	-6,0 кПа...6 кПа	-6 кПа	6 кПа	25 МПа	16 МПа
0,04	-40 кПа...40 кПа	-40 кПа	40 кПа		
0,25	-250 кПа...250 кПа	-250 кПа	250 кПа		
1,0	-500 кПа...1,0 МПа	-500 кПа	1,0 МПа		
3,0	-500 кПа...3,0 МПа	-500 кПа	3,0 МПа		
10,0	-500 кПа...10,0 МПа	-500 кПа	10,0 МПа		

Рисунок 2.2 -Технічні параметри ПДЗ10

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Габаритні розміри перетворювача різниці тисків ПД310 рисунок 2.3.

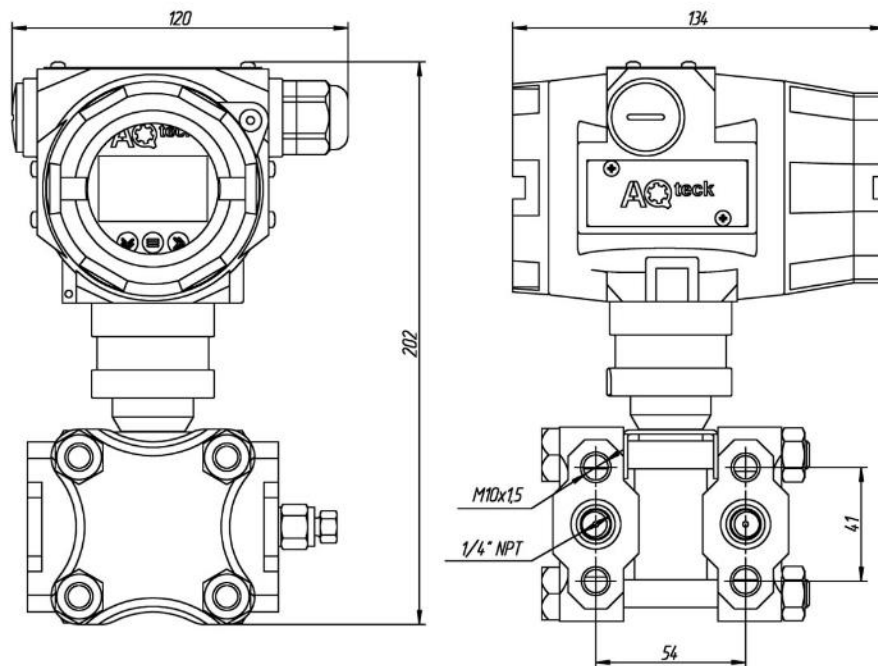


Рисунок 2.3 - Габаритні розміри ПД310

Варіант монтажу на трубі перетворювача різниці тисків ПД310 рисунок 2.4.

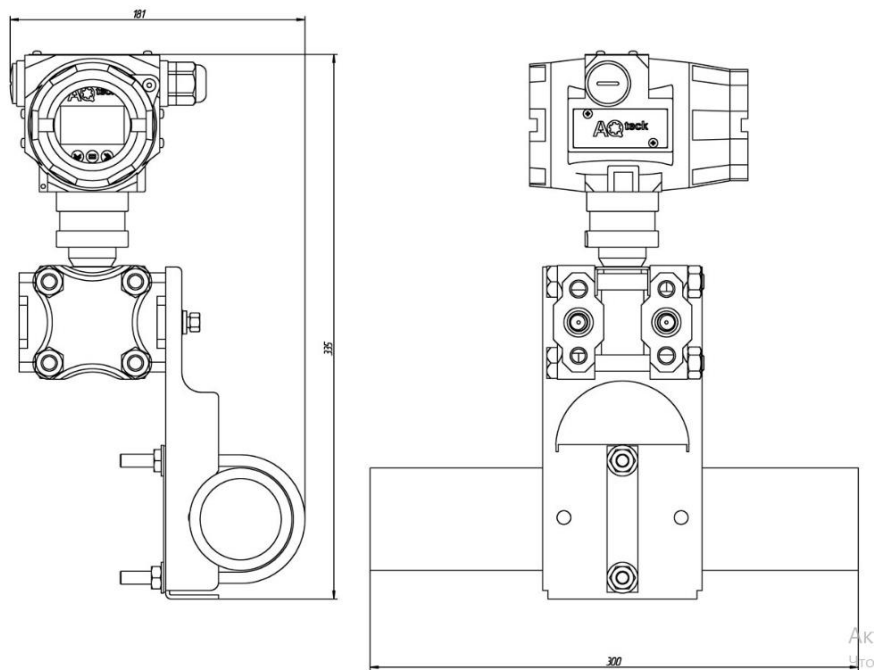


Рисунок 2.4 – Монтаж перетворювача ПД310

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Для дублювання вимірювання рівня використовуються кондуктометричні електроди обмеження рівня. Вони мають кілька важливих переваг, які роблять їх ефективними та надійними для використання в різних промислових та лабораторних додатках. По-перше, вони забезпечують високу точність і надійність вимірювань завдяки безпосередньому контакту з рідиною. Це дозволяє точно визначати рівень рідини навіть у складних умовах. По-друге, кондуктометричні електроди відзначаються простотою конструкції, що сприяє їхній надійності та довговічності. Відсутність рухомих частин знижує ризик механічних поломок і необхідність частого технічного обслуговування. По-третє, вони можуть працювати в широкому діапазоні температур і тисків, що робить їх універсальними і придатними для різних середовищ, включаючи агресивні та корозійні рідини. Четвертою перевагою є можливість роботи з різними типами рідин, включаючи проводячі та непроводячі, завдяки налаштуванню чутливості електродів. Це розширює сферу їх застосування. П'ятою перевагою є швидка реакція на зміни рівня рідини, що забезпечує оперативний контроль і управління процесами.

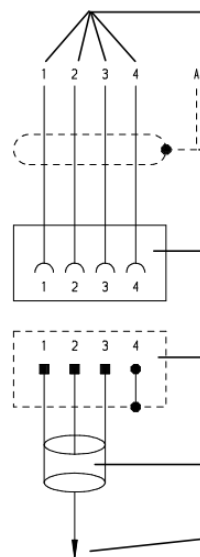


Рисунок 2.5 – Умовне графічне позначення підключення електроду E4B

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

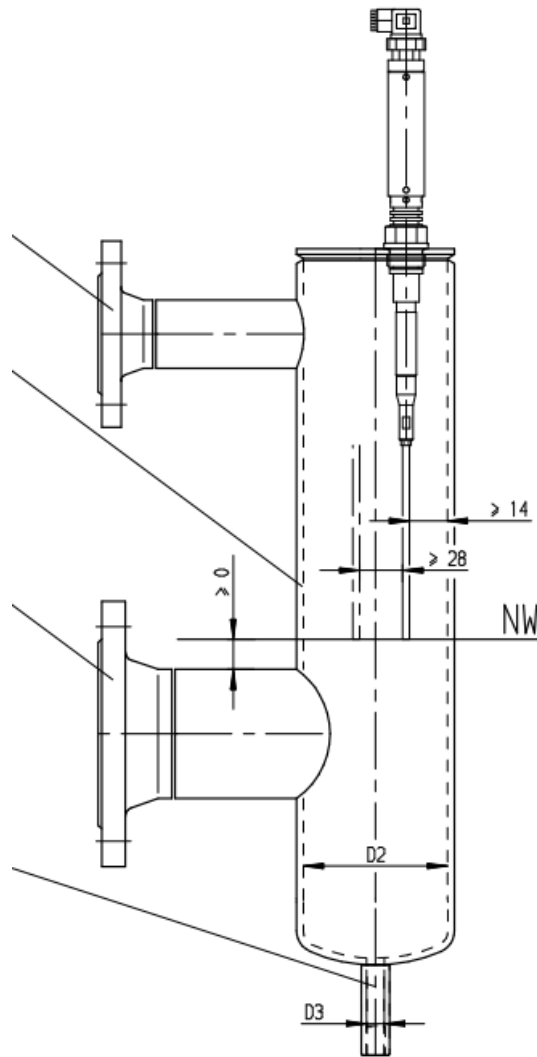


Рисунок 2.6 – Монтаж електроду у рівне вимірювальну колону

Для пертворення сигналів з кондуктометричних електродів використовується регулятор-сигналізатор рівня РСУ-41Н. Він призначений для контролю і регулювання одного або декількох рівнів рідин, що мають електропровідність, в різних резервуарах, відстійниках і інших ємностях, за допомогою підключених до нього кондуктометричних давачів рівня.

Технічні параметри:

- Кількість каналів контролю рівня 4
- Вхідний сигнал - кондуктометричні давачі рівня (що контролюють ступінь електропровідності середовища),
- Напруга живлення давачів рівня Не більше 10 (10 Гц)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- Кількість вихідних реле 4
- Максимальний комутований струм кожного виходу Не більше 8 А
- Максимальна напруга комутації змінного струму Не більше 250 В
- Напруга живлення: 220 В
- Споживана потужність 4.5 В·А
- Клас захисту від ураження електричним струмом Клас захисту II
- Гальванічна розв'язка Потрійна - входи/виходи/інтерфейс. Напруга розв'язки - не менш як 1500 В
- Габаритні розміри (ВхШхГ) 106 x 90 x 58 мм
- Кількість приладів До 32 (шт) на одному сегменті
- Максимальна довжина лінії в межах одного сегмента мережі До 1200 м
- Діапазон мережевих адрес 0-255
- Вид кабелю Витя пара, екранована кручена пара
- Протокол зв'язку Modbus режим RTU (Remote Terminal Unit)



Рисунок 2.7 –Зовнішній вигляд РСУ-41Н

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Індикатор технологічних показників

Необхідність показуючих дублюючих пристроїв на щиті парового котла обумовлена важливістю забезпечення безпеки, надійності та ефективності його роботи. Ці пристрої виконують роль резервних засобів індикації та контролю, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в роботі котла і знижує ризики виникнення аварійних ситуацій. Для дублювання показів обрано індикатор технологічних показів ИТП 11 що вимірює струм в діапазоні 4-20мА і живиться від самої струмової петлі. Масштабує вимірний сигнал в потрібні одиниці вимірювання.



Рисунок 2.8 –Зовнішній вигляд ИТП-11

Основні характеристики ИТП-11:

Напруга живлення- струмова петля датчика 4..20 мА,(падіння пари не більше 4В)

Кількість каналів вимірювання -1

Тип вхідного сигналу - 4..20 мА

Час опитування входу, не більше - 1 с

Межі основної зведеної похибки, % - $\pm(0,2 + N)$, де N-одиниця останнього розряду, виражена у відсотках від діапазону перетворення

Діапазон робочих температур - від -40 до + 80 °С

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Відносна вологість повітря - не більше 80%, при +35 °С і більш низьких температурах без конденсації вологи.

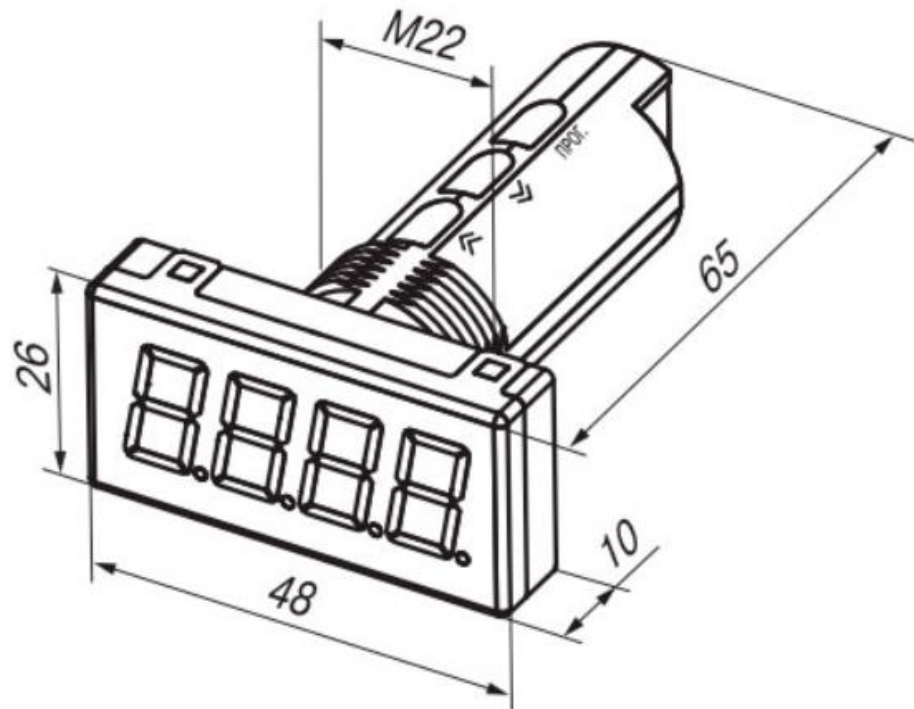


Рисунок 2.9 –Габаритні розміри ИТП-11

Пускач безконтактний реверсивний

Безконтактні реверсивні пускачі мають кілька значних переваг у порівнянні з контактними, що робить їх привабливими для використання в різних промислових застосуваннях. Безконтактні пускачі не мають механічних контактів, які можуть зношуватися з часом, що значно підвищує їхню надійність і довговічність. Відсутність механічних зносів знижує необхідність у частому технічному обслуговуванні і заміні деталей. Вони забезпечують миттєвий відгук на команди управління, що дозволяє точно і швидко контролювати напрямок і швидкість обертання двигуна. Це особливо важливо в додатках, де потрібна висока швидкість реакції і точність. Оскільки в безконтактних пускачах немає механічних контактів, не утворюються електричні дуги під час перемикання, що підвищує безпеку експлуатації, особливо в умовах, де існує ризик виникнення вибухонебезпечних ситуацій. Вони менш чутливі до пилу, вологи, вібрацій і інших

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

зовнішніх впливів, що може негативно впливати на роботу контактних пристроїв. Це робить їх більш придатними для використання в суворих промислових умовах. Безконтактні пускачі споживають менше енергії під час роботи, що знижує загальні експлуатаційні витрати. Вони також мають менші втрати на нагрівання, що підвищує загальну енергоефективність системи.

Пускач ПБР-21 призначений для безконтактного управління виконавчим механізмом, у приводах яких використовується однофазний електродвигун.



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд ПБР-21

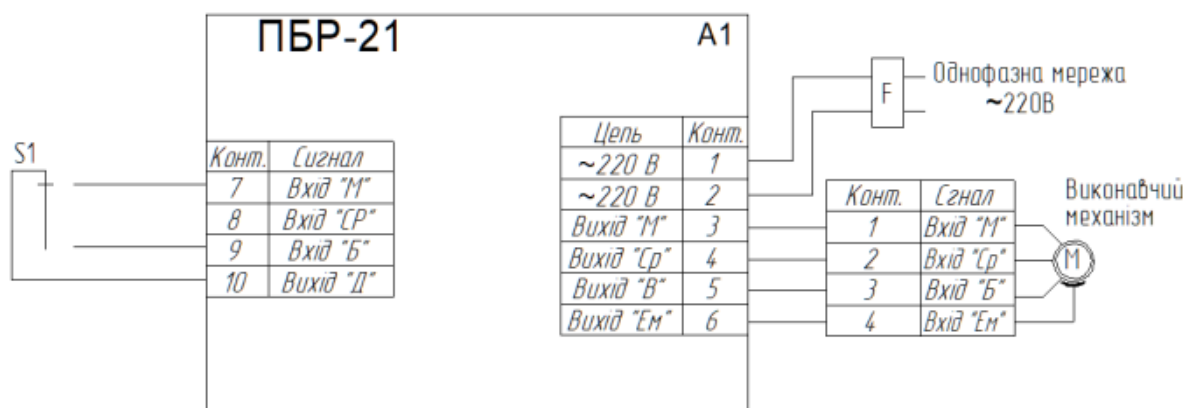


Рисунок 2.11 – Схема підмикання ПБР-21

Таблиця 2.1 -Технічні характеристики ПБР-21

№	Технічна характеристика	Значення
1	Діапазон зміни вхідного дискретного сигналу	
	- стан ВІДКЛЮЧЕНО	від 0В до 3В
	- стан ВКЛЮЧЕНО	від 18В до 30В
2	Максимальний вхідний струм (для одного каналу), не більше	50 мА
3	Комутований струм, не більше	4 А
4	Мінімально допустимий електричний опір ізоляція між всіма сигналами і корпусом, між входом і виходом становить при температурі (20±5)°С і вологості не більше 80%	40 МОм
5	Електрична ізоляція між усіма сигналами та корпусом	1500 В
6	Напруга живлення (мережа змінного струму частотою 50 Гц)	220 (+22; -33) В
7	Споживана потужність, не більше	7 ВА
8	Габаритні розміри (ВхШхГ)	95 x 100 x 110 мм
9	Маса, не більше	0,55 кг

Перетворювач положення

Завдяки своїй простоті та надійності реостатні датчики можуть використовуватися в важких умовах, де інші типи датчиків можуть виходити з ладу. Це включає високі температури, підвищену вологість або запиленість. Загалом, перетворювач положення виконавчого механізму з реостатним датчиком

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

має низку переваг, серед яких простота конструкції, надійність, висока точність, легкість у встановленні та обслуговуванні, сумісність з різними системами управління, стійкість до механічних впливів, енергетична ефективність та придатність для використання в важких умовах. Перетворювач положення виконавчого механізму ППМ-1 призначений для дистанційної вказівки положення вихідного валу електричного виконавчого механізму, що має реостатний датчик.



Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд ППМ-1

Технічні характеристики:

- Кількість незалежних каналів: 1
- Схема підключення датчика: трипровідна
- Діапазон зміни вихідного сигналу: 0-20мА, 4-20мА ($R_n 10 \text{кОм}$)
- Напруга живлення:
від мережі змінного струму $\sim 220(+2, -33) \text{В}$, $(50 \pm 1) \text{Гц}$
від мережі постійного струму 24 (+4, -4) В
- Струм споживання, не більше: 90 мА
- Споживана потужність, не більше: 3 ВА
- Температура навколишнього середовища: від -40°C до $+70^\circ \text{C}$ -
- Маса блоку: не більше 0,4 кг -
- Корпус (ВхШхГ): 96x55x110 DIN VDE 0470, IP30 -
- Кріплення: рейка DIN35x7.5 EN50022 або настінна

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

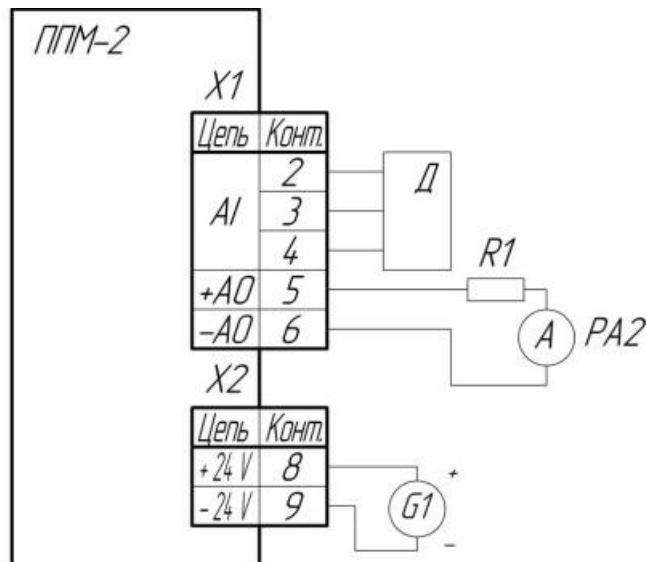


Рисунок 2.13 – Схема підмикання ППМ-1

Виконавчі механізми

Електричні однообертові виконавчі механізми мають низку переваг, які роблять їх привабливими для використання в різних галузях промисловості, особливо там, де потрібен точний і надійний контроль позиції або руху. Однообертові виконавчі механізми мають просту конструкцію, що зменшує складність їх монтажу, налаштування і технічного обслуговування. Вони зазвичай складаються з електродвигуна, редуктора та кінцевих вимикачів, що забезпечує надійність і легкість у використанні. Ці механізми забезпечують високу точність позиціонування, що є критично важливим для багатьох додатків, таких як управління клапанами, заслінками або іншими елементами систем. Висока повторюваність дозволяє точно відтворювати задані положення, що підвищує якість і стабільність процесів. Завдяки простій конструкції та використанню надійних матеріалів однообертові виконавчі механізми мають довгий термін служби і високу надійність. Це зменшує ризик несправностей і потребу в частому технічному обслуговуванні. Ці механізми можуть бути використані в різних галузях, включаючи нафтохімічну, харчову, енергетичну, водопостачальну і багато інших. Вони підходять для управління різними типами клапанів, заслінок, демпферів та інших пристроїв, що потребують точного позиціонування. Однообертові виконавчі

механізми легко інтегруються в системи автоматизації завдяки наявності стандартних інтерфейсів і можливості підключення до систем управління

МЕО 250/63-0,25-99 з реостатним позиціонером - принцип роботи полягає в перетворенні електричного сигналу, що надходить від регулюючого або керуючого пристрою, в обертальне переміщення вихідного валу управління механізмом як безконтактне (за допомогою пускача безконтактного реверсивного ПБР-), так і контактне (за допомогою пускача електромагнітного). Механізм забезпечує фіксацію положення вихідного валу за відсутності напруги живлення, є відновлюваним, ремонтуваним, однофункціональним виробом, механізм допускає встановлення з будь-яким просторовим розташуванням вихідного валу безпосередньо на регулювальному органі або на проміжних конструкціях



Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд МЕО 250/63-0,25-99

Схеми включення МЕО

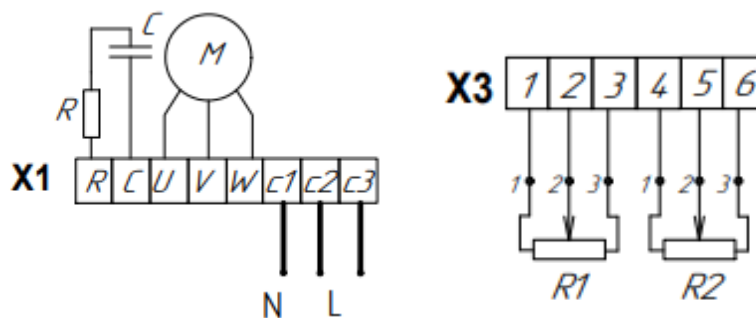


Рисунок 2.15 – Схема підмикання МЕО 250/63-0,25-99

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Перетворювачі тиску

Для перетворення тиску в струмовий сигнал 4-20мА використовуються датчики серії ПД100-ДИ. Перетворювачі тиску ПД100 моделей 111, 171, 181 призначені для безперервного перетворення надлишкового, надлишково-вакуумметричного, вакуумметричного та абсолютного тиску хімічно неагресивних за відношенням до матеріалу датчика рідких або газоподібних середовищ в уніфікований сигнал 4...20 мА постійного струму. Ці моделі датчиків стійкі до гідроударів. Моделі 111, 171, 181 датчиків ПД100 оснащено сенсором з вимірювальною мембраною із нержавіючої сталі AISI 316L, що забезпечує високу точність вимірювань. Сенсор виконано за технологією КНК та являє собою тензорезистивний міст, який нанесено на монокристал кремнію методом дифузії.



Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд перетворювача тиску ПД100

Основні характеристики перетворювача тиску ПД100 :

- Робоче середовище: хімічно нейтральні за відношенням до нержавіючої сталі AISI 316L (AISI 304S) газу, пара та слабоагресивні рідини.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Тип тиску, що вимірюється: надлишковий, надлишково-вакуумметричний, вакуумметричний.
- Верхня межа тиску, що вимірюється (ВМВ):
- надлишковий тиск (Н): 35 кПа...40,0 МПа;
- надлишково-вакуумметричний тиск (НВ): -0.1...2,5МПа;
- вакуумметричний тиск (В): -0.1...0 МПа.
- абсолютний тиск (А): 0...1,6 МПа ($P_{атм} + P_{надлишковий}$)
- Основна зведена похибка: 0,5; 1,0 % ВМВ.
- Перетворення надлишкового тиску в уніфікований сигнал 4...20 мА постійного струму.
- Перевантажувальна здатність: не менше 200% ВМВ.
- Ступінь захисту корпусу та електророз'єму датчика IP65.
- Завадостійкість відповідає вимогам до обладнання класу А за ДСТУ EN 61326-1:2016.

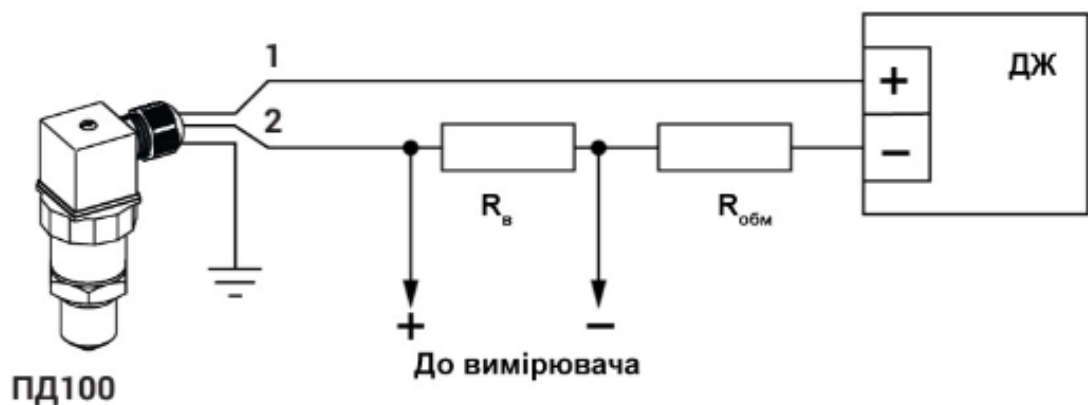


Рисунок 2.17 – Схема підмикання ПД100

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

ПД100-НХ-1Х1-Х



Рисунок 2.18 – Специфікація замовлення датчика

Вимірювання витрати газу

Ультразвукові витратоміри газу мають кілька важливих переваг, які роблять їх ефективними і надійними для використання в різних промислових і комерційних додатках. По-перше, вони забезпечують високу точність і надійність вимірювань завдяки безконтактному методу вимірювання. Це дозволяє точно визначати витрату газу навіть у складних умовах, таких як високий тиск і температура. По-друге, ультразвукові витратоміри мають мінімальні втрати тиску, оскільки не мають рухомих частин, які могли б створювати опір потоку газу. Це сприяє енергозбереженню і знижує експлуатаційні витрати. По-третє, вони відзначаються довговічністю і надійністю завдяки відсутності механічних частин, які могли б зношуватися або вимагати частого обслуговування. Це знижує потребу в технічному обслуговуванні і заміні деталей, підвищуючи загальну надійність системи. По-четверте, ультразвукові витратоміри можуть працювати з широким діапазоном витрат і типів газів, включаючи природний газ, повітря, водень та інші промислові гази. Це робить їх універсальними і придатними для різних

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

застосувань. П'ятою перевагою є швидка реакція на зміни витрати газу, що забезпечує оперативний контроль і управління процесами. Це особливо важливо в системах автоматичного контролю та регулювання. Шостою перевагою є можливість інтеграції з автоматизованими системами управління та контролю, що дозволяє створювати комплексні рішення для моніторингу і регулювання витрат газу. Крім того, ультразвукові витратоміри легко встановлюються і налаштовуються, що знижує витрати на їх монтаж і введення в експлуатацію.

Вони також забезпечують стабільну роботу навіть у разі наявності домішок або твердих частинок у газі, що підвищує їхню надійність в реальних умовах експлуатації. Нарешті, ультразвукові витратоміри економічно вигідні завдяки своїй довговічності та низьким витратам на обслуговування. Завдяки цим перевагам ультразвукові витратоміри газу є ефективним і надійним рішенням для різних завдань контролю і регулювання витрат газу у промислових і комерційних умовах.

Ультразвукові витратоміри UFM 3030 від KROHNE є високотехнологічними приладами, призначеними для точного вимірювання витрати газу. Вони мають кілька ключових переваг, які роблять їх ідеальними для використання в різних промислових і комерційних додатках.

Ультразвуковий витратомір серії UFM3030 з вихідним сигналом 4-20мА



Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд перетворювача тиску

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

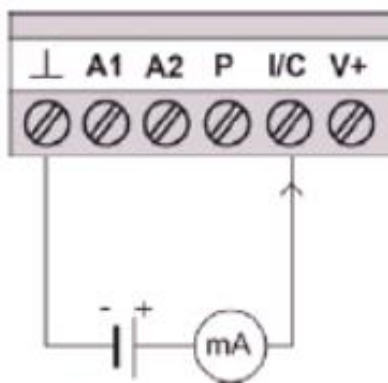


Рисунок 2.17 – Схема підмикання UFM3030

Частотні перетворювачі

Частотні перетворювачі, також відомі як інвертори, мають кілька важливих переваг для керування швидкістю електричних двигунів. Вони забезпечують точне і плавне регулювання швидкості обертання двигуна, що дозволяє оптимізувати роботу обладнання та підвищити його ефективність. Частотні перетворювачі дозволяють знизити енергоспоживання електродвигунів, оскільки вони дозволяють регулювати швидкість двигуна відповідно до навантаження. Це особливо важливо в додатках, де двигун працює на змінному навантаженні, таких як насоси і вентилятори. Використання частотних перетворювачів дозволяє уникнути різких стартів і зупинок двигуна, що зменшує механічний знос і продовжує термін служби обладнання. Плавний пуск також знижує пускові струми, що захищає електромережу від перевантажень. Частотні перетворювачі дозволяють точно контролювати швидкість і крутний момент двигуна, що покращує загальну продуктивність і точність технологічних процесів. Це особливо важливо в таких галузях, як виробництво, де точність і повторюваність операцій мають вирішальне значення. Завдяки плавному пуску і зупинці, а також зниженню механічного зносу, частотні перетворювачі сприяють зниженню витрат на технічне обслуговування і ремонт обладнання. Це дозволяє підприємствам зменшити експлуатаційні витрати і підвищити рентабельність. Частотні перетворювачі можуть бути використані з різними типами електродвигунів, включаючи асинхронні, синхронні і безщіткові

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

двигуни постійного струму. Це робить їх універсальними рішеннями для широкого спектра застосувань, від промислових машин до побутових приладів. Частотні перетворювачі забезпечують надійний захист електродвигунів від перевантажень, перенапруг, перегріву та інших небажаних умов. Це допомагає запобігти поломкам і аварійним зупинкам, забезпечуючи безперервну роботу обладнання. Завдяки точному контролю швидкості обертання двигуна, частотні перетворювачі допомагають знизити рівень шуму, що є важливим фактором для підвищення комфорту робочого середовища, особливо у промислових і комерційних приміщеннях. Частотні перетворювачі легко інтегруються в існуючі системи управління і автоматизації завдяки стандартним інтерфейсам і можливостям програмування. Це спрощує їх використання і налаштування, дозволяючи швидко адаптуватися до змін у виробничих процесах. Завдяки точному контролю швидкості і крутного моменту, частотні перетворювачі сприяють поліпшенню якості продукції, забезпечуючи більш стабільні і повторювані умови виробництва. Частотні перетворювачі часто мають компактний дизайн, що дозволяє економити простір у виробничих приміщеннях і спрощує монтаж обладнання. Завдяки цим перевагам, частотні перетворювачі є ефективним і надійним інструментом для керування швидкістю електричних двигунів, що дозволяє оптимізувати роботу обладнання, знижувати витрати на обслуговування і підвищувати загальну ефективність виробничих процесів.

Перетворювач частоти, він же частотний перетворювач серії VLT® Micro Drive бренду Danfoss Данфосс є перетворювачем частоти багатofункціонального використання, який може керувати двигунами потужності до 22 кВт включно. Дані перетворювачі частоти можна використовувати на наступних робочих механізмах, а саме промислові установки, системи опалення, вентиляційні системи, кондиціонування та взагалі у багатьох отруєннях промисловості та житлово-комунальному господарстві, а також агропромислового секторі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

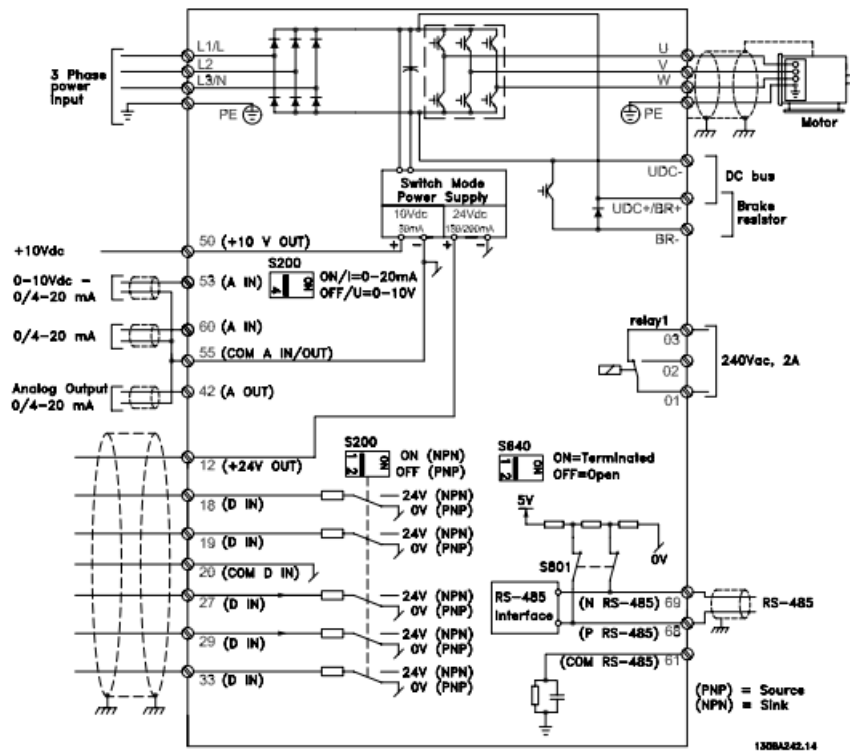


Рисунок 2.18 – Схема підмикання частотного перетворювача серії VLT®
Micro Drive

Вміст кисню в димових газах

Корегування співвідношення паливоповітря за вмістом кисню в димових газах є важливим процесом для оптимізації горіння в котлах та інших паливоспалювальних установках. Цей процес дозволяє забезпечити максимальну ефективність згоряння палива, зменшити викиди шкідливих речовин і знизити витрати палива. Процес корегування починається з вимірювання вмісту кисню в димових газах за допомогою кисневих датчиків або аналізаторів димових газів, які встановлюються в димовому каналі після зони згоряння. Ці датчики надають інформацію про концентрацію кисню в реальному часі. На основі отриманих даних про вміст кисню здійснюється аналіз горіння. Ідеальне співвідношення паливоповітря повинно забезпечити повне згоряння палива з мінімальними надлишками повітря. Якщо в димових газах виявляється надлишок кисню, це свідчить про те, що подається занадто багато повітря, що призводить до втрат тепла через надлишкове повітря. Якщо ж кисню недостатньо, це означає неповне

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

згоряння палива, що призводить до втрат енергії та підвищених викидів незгорілих вуглеводнів і чадного газу (CO). Для корегування співвідношення паливоповітря використовують системи автоматичного керування, які регулюють подачу палива і повітря. Наприклад, якщо вміст кисню у димових газах високий, система зменшує подачу повітря або збільшує подачу палива. Якщо вміст кисню низький, система збільшує подачу повітря або зменшує подачу палива. Цей процес корегування проводиться безперервно для підтримання оптимального співвідношення паливоповітря в різних режимах роботи котла або іншої установки. В результаті досягається оптимальне згоряння, що забезпечує максимальну теплову ефективність і знижує витрати палива. Крім того, знижується рівень викидів шкідливих речовин, таких як CO, NOx, і незгорілі вуглеводні, що сприяє дотриманню екологічних стандартів.

Вміст кисню в димових газах вимірюється комплектом приладів CX1100 Rosemount™ з вихідним сигналом 4-20мА



Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд комплекту перетворювача вмісту кисню

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

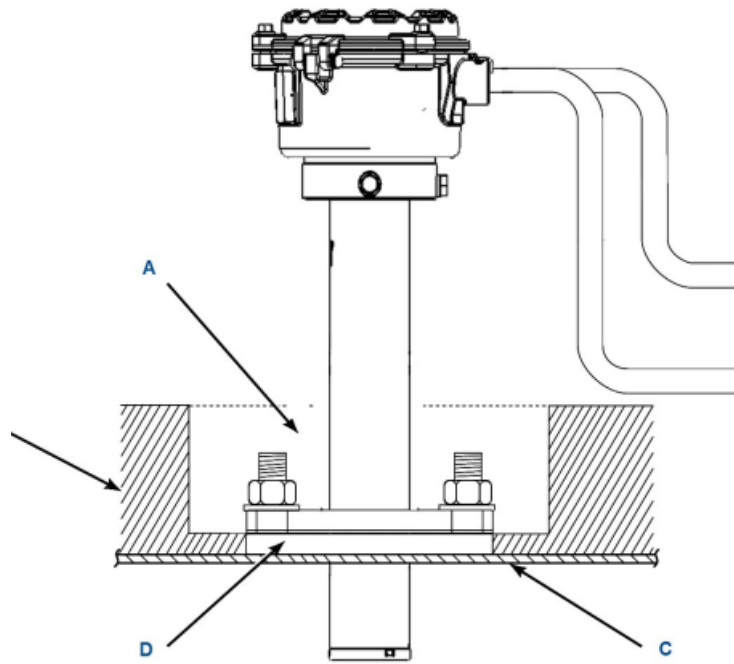


Рисунок 2.20 – Приклад монтажу перетворювача вмісту кисню

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Схема автоматизації

Першим контуром автоматизації парового котла є контур регулювання, відображення, реєстрації та сигналізації рівня в верхньому барабані котла. Він реалізований за допомогою гідростатичного рівнеміра та дублюється кондуктометричним рівнеміром. На рівнемірній колонні встановлений диференційний манометр ПД310 (поз. 1а). Він перетворює різницю тиску, що створюється стовпом рідини, в струмовий сигнал 4-20 мА. Сигнал з перетворювача різниці тиску надходить на вторинний показуючий прилад АQteck ІТП-11 (поз. 1б), що дублює покази датчика на щиті, та до модулю аналогових входів. Для відслідковування положення МЕО використовуються реостатний позиціонер (поз. 1д) з перетворювачами сигналів типу ППМ-03-24 (поз. 1г). ПЛК порівнює фактичне значення положення регулюючого органу з заданим та регулює його положення сигналами більше, менше через безконтактний реверсивний пускач (поз. 1в), до якого підключено двигун МЕО(поз. 1е). Критично високі чи низькі значення рівня в барабані котла можуть привести до аварії, саме тому сигналізація рівня має дублюючу систему. Дублююча система сигналізації та регулювання верхнього і нижнього рівня в барабані котла реалізована наступним чином. В рівнемірній колонні встановлено два кондуктометричних датчика рівня (поз. 1г), що налаштований на високий та низький рівень в апараті. Датчики рівня (поз. 1г) підключаються до РСУ-41Н сигналізатору рівня рідини (поз. 1д), він обробляє сигнал з датчика та видає сигнал що надходить до ПЛК. Він порівнює сигнали з двох датчиків і в залежності від значень сигналізує про високий рівень лампою HL2, низький рівень лампою HL1.

Другий контур регулювання, відображення, реєстрації та сигналізації тиску в барабані котла реалізований за допомогою датчика тиску ПД310 (поз. 2а). Він перетворює тиск в струмовий сигнал 4-20 мА. Сигнал з перетворювача тиску надходить на вторинний показуючий прилад ІТП-11 (поз. 2б), що дублює покази датчика, та до модулю аналогових входів. ПЛК опрацьовує сигнал та формує

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

регулюючий сигнал, що керує безконтактним реверсивним пускачем(поз. 2в), до якого підключено двигун МЕО. Для відслідковування положення МЕО використовуються реостатний позиціонер (поз. 2д) з перетворювачами сигналів типу ППМ-03-24 (поз. 2е). Вони порівнюють положення регулюючого органу з значенням вхідного струмового сигналу та регулюють його положення запірної арматури. Це дозволяє змінювати кількість палива, а отже і потужність котла. Сигналізація реалізована на модулі дискретних виходів, що комутує сигнальну арматуру HL3 червоного кольору при критичному збільшенні тиску.

Третій контур контролю, реєстрації та сигналізації витрати газу дозволяє розраховувати економічні показники в процесі експлуатації котла. Він реалізований за допомогою ультразвукового витратоміра серії UFM3030 (поз. 3а), що вимірює витрату газу та пропорційно витраті створює струмовий сигнал 4-20 мА. Цей сигнал надходить на модуль вводу аналогових сигналів ПЛК. Він відображає, реєструє значення витрати та обчислює витрати газу за певний період часу та сигналізується якщо витрата виходить за встановлені межі.

Четвертий контур контролю, керування, реєстрації та сигналізації тиску газу в трубопроводі подачі реалізований за допомогою датчику тиску ПД100-ДИ1-115-0.5-EXD (поз. 4а), що вимірює тиск газу. Його вихідним сигналом є струмовий сигнал 4-20 мА. Цей сигнал надходить до модуля вводу аналогових сигналів ПЛК. Якщо тиск в трубопроводі виходить за встановлені межі, ПЛК через модуль дискретних виходів керує безконтактним пускачем (поз. 4б) і відсічний клапан (поз. 4в) спрацьовує, закриваючи подачу газу.

П'ятий контур регулювання, контролю, реєстрації та сигналізації тиску повітря в трубопроводі подачі реалізований за допомогою датчику тиску ПД100-ДИ1-115-0.5-EXD (поз. 5а), що вимірює тиск повітря та видає струмовий сигнал 4-20 мА. Цей сигнал надходить до модуля вводу аналогових сигналів ПЛК, де відображається та реєструється тиск газу та сигналізується, якщо тиск виходить за верхню чи нижню межу. Регулювання тиску повітря здійснюється зміною завдання

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

частотного перетворювача. В залежності від кількості палива ПЛК розраховує необхідну кількість повітря та керує SIC (поз. 5б).

Шостий контур контролю, регулювання, реєстрації та сигналізації розрідження в топці котла реалізований за допомогою датчику тиску ПД100-ДВ0.1-115-0.5-EXD (поз. 6а), що вимірює розрідження в топці котла та видає струмовий сигнал 4-20 мА. Цей сигнал надходить на вторинний показуючий прилад AQtack ІТП-11 (поз. 6б), що дублює покази датчика, та до ПЛК, де оброблюється, відображається, реєструється тиск газу та сигналізується, якщо розрідження виходить за верхню чи нижню межу. ПЛК, обробивши сигнал з датчика, керує за допомогою інтерфейса RS-485 частотним перетворювачем KIPPRIBOR AFD-L090.43 (поз. 6в), до якого підключено двигун димососа.

Сьомий контур контролю та реєстрації вмісту кисню в димових газах реалізований за допомогою первинного перетворювача кисню. Аналізатор кисню CX1100 Rosemount™ In-Situ, що складається з первинного перетворювача(поз. 7а) та нормуючого перетворювача (поз. 7б). Вони вимірюють вміст кисню в димових газах та створюють струмовий сигнал 4-20 мА що пропорційний вмісту кисню. Цей сигнал надходить на СПК, де відображається, реєструється. Також значення вмісту кисню в димових газах за спеціальною програмою корегує співвідношення паливо повітря.

Восьмий контур контролю, сигналізації та реєстрації наявності факелу в топці котла реалізований за допомогою фотодатчика ФД-101 (поз. 8а). Він слідкує за мерехтінням факелу та при його відсутності замикає вбудовані контакти. Сигнал з нього надходить на дискретний вхід ПЛК, де відображається та реєструється.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						40
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.2 - Специфікація засобів автоматизації.

№поз. За схемою	Місце встановлення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1а	Рівнемірна колонна	Перетворювач диференційного тиску з струмовим виходом 4-20 мА	ПД310	1	AQteck
1б,2б,6б	Щит	Вимірювач технологічних параметрів з сигналом 4-20мА і живленням від нього	ІТП	3	AQteck
1в,2в	У щиті	Пускач ПБР-21 призначений для безконтактного управління ВМ, для однофазних електродвигунів	ПБР-21	2	Microl
1г,2г	За місцем	Призначений для перетворення сигналу реостатного позиціонера в 4-20мА	ППМ-03-24	2	Microl
(1д,1г), (2д,2г)	За місцем	МЕО 250/63-0,25-99 3 реостатним позиціонером	МЕО	2	

Продовження таблиці 2.2

1ж	Рівномірна колонна	Електроди кондуктометричного сигналізатора рівня	E4B	1	Buderus
1з	За місцем	PCY-41H Призначений для контролю і регулювання одного або декількох рівнів рідин з дискретним виходом	PCY-41H	1	Micro1
2а, 5а,4а	За місцем	Датчики тиску ПД100-ДИ1 з вихідним сигналом 4-20мА	ПД100	3	AQteck
3а	Трубопровід подачі газу	Ультразвуковий витратомір серії UFM3030 з вихідним сигналом 4-20мА	UFM3030	1	Krohne
4б	У щиті	Пускач ПМ 4-95 В7 24В Пускач з напругою керування 24 в	ПМ 4-95 В7 24В	1	АСКО
5б, 6в	У щиті	Перетворювач частоти Danfoss VLT HVAC Basic Drive FC101 30кВт з можливістю керування струмовим сигналом 4-20мА	Danfoss VLT	2	Danfoss

Продовження таблиці 2.2

6а	За місцем	Датчики тиску ПД100-ДВ0.1-115-0.5-EXD з вихідним сигналом 4-20мА	ПД100	1	AQteck
7а,7б	За місцем	Вміст кисню в димових газах вимірюється комплектом приладів CX1100 Rosemount™ з вихідним сигналом 4-20мА	CX1100	1	Rosemount
8а	Пальник котла	Фото-давач ФД-101-С контроль полум'я з дискретним полум'ям	ФД-101	1	-

Розділ 3. Проектування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1. Проектування промислового логічного контролера

Для реалізації системи автоматизації парового котла обрано Modicon M340 від Schneider Electric мають кілька переваг, які роблять їх відмінним вибором для реалізації систем автоматизації парових котлів. Перш за все, M340 забезпечує високу продуктивність і надійність, що є ключовими вимогами для критично важливих промислових застосувань, таких як управління паровими котлами. Висока швидкість обробки даних і можливість підтримувати великий обсяг введення-виведення дозволяють контролеру ефективно управляти всіма аспектами роботи котла, включаючи моніторинг температури, тиску, рівня води і подачу палива.

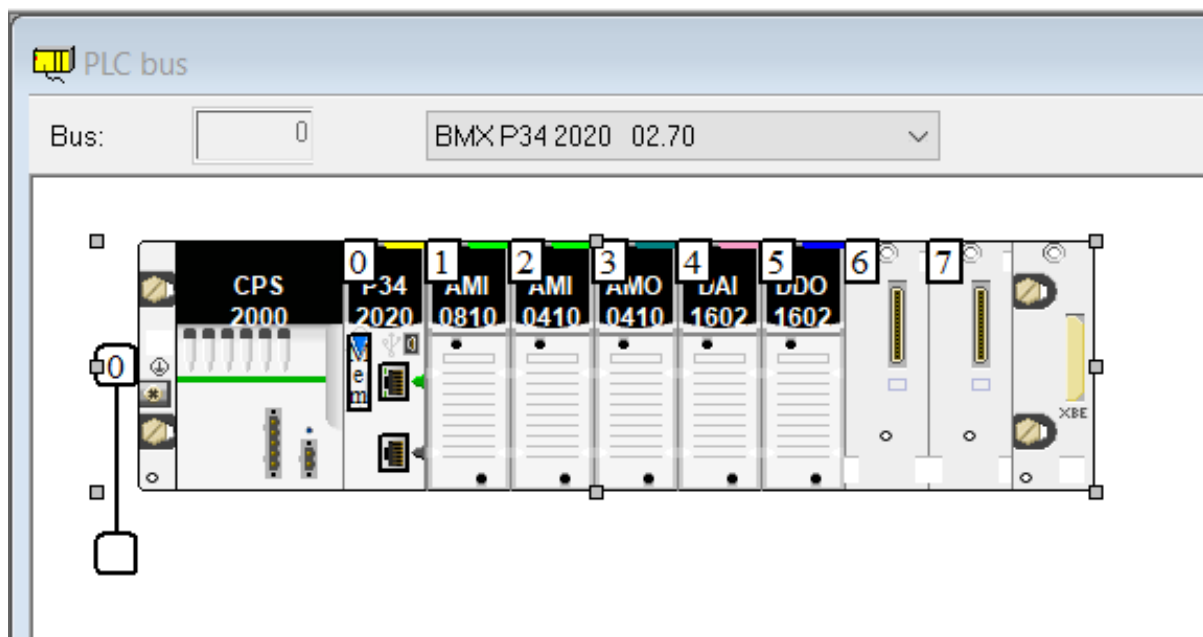


Рисунок 3.1 – Обрані модулі ПЛК M340

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кваліфікаційна робота			
Розроб.		Гончаров Б.О.			Розробка системи автоматизації парового котла ДКВР-6,5-13-Г	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Мацебула Д.В.				44	8	
Зав. каф.		Смітюх Я.В.			НУХТ АК-4-2-ск			
Секр. ЕК		Проскурка Є.С.						

Таблиця 3.1 Проектне компонування МПК

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX CPS 2000	1	Блок живлення ПЛК
BMX AMI 0810	1	Модуль аналогових входів (8 входів)
BMX AMI 0810	1	Модуль аналогових входів (4 входів)
BMX AMO 0410	1	Модуль аналогових виходів (4 виходи)
BMX DDI 1602	1	Модуль дискретних входів (16 входів)
BMX DDO 1602	1	Модуль дискретних виходів (16 виходів)

Аналогові входи.

В даному проекті використовуються датчики та перетворювачі, які видають уніфікований струмовий сигнал 4-20 мА. Цей сигнал подається на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) модуля BMX AMI 0810 та модуля BMX AMI 0410. АЦП перетворює аналоговий сигнал у цифровий, який використовується написаною програмою для керування системою.

Аналогові виходи.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

В даному проекті використовуються електричні регулюючі клапани та частотні перетворювачі. Уніфіковані аналогові сигнали 4-20 мА від модуля ВМХ АМО 0410 подаються на частотні перетворювачі для управління ними.

Ці пристрої використовуються для керування швидкістю обертання електродвигунів. Вони отримують аналоговий сигнал 4-20 мА від модуля ВМХ АМО 0410 і перетворюють його на сигнал змінної частоти, який використовується для керування електродвигуном.

Дискретні входи.

В даному проекті дискретні входи використовуються для відслідковування стану захисних пристроїв, дискретний сигнал з яких надходить на модуль ВМХ DDI 1602. В залежності ввід стану входів контролер керує котлом.

Дискретні виходи.

В даному проекті сигнал від модуля ВМХ DDO 1602 надходить на ПБР-21 що керує двигунами МЕО, що в свою чергу відкривають чи закривають клапани.

Модуль ВМХ DDO 1602 генерує сигнал, який визначає з якою швидкістю вони повинні відкриватися або закриватися. ПБР-21 перетворює сигнал від модуля ВМХ DDO 1602 на струм, який може використовуватися для керування двигунами МЕО. Відкриття або закриття клапанів регулює потік рідини або газу в котлі.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						46
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Забезпечення споживачів електричною енергією здійснюється через систему приладів призначених для комутації захисту та перетворення. Для захисту споживачів були обрані автоматичні вимикачі. Вибір автоматичних вимикачів здійснюється за номінальними значеннями напруги і струму, умовами роботи, конструктивним виконанням і комутаційною спроможністю і перевіряється на електродинамічну і термічну стійкість.

Для живлення приладів з напругою 24 В постійного струму використовуються блоки живлення. В схемі принциповій, живлення використовуються блоки живлення (БЖ1-БЖ4).

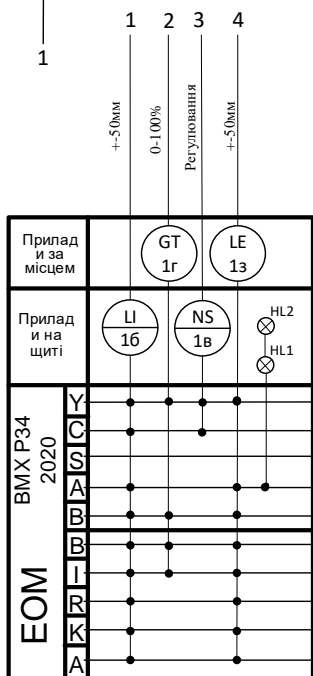
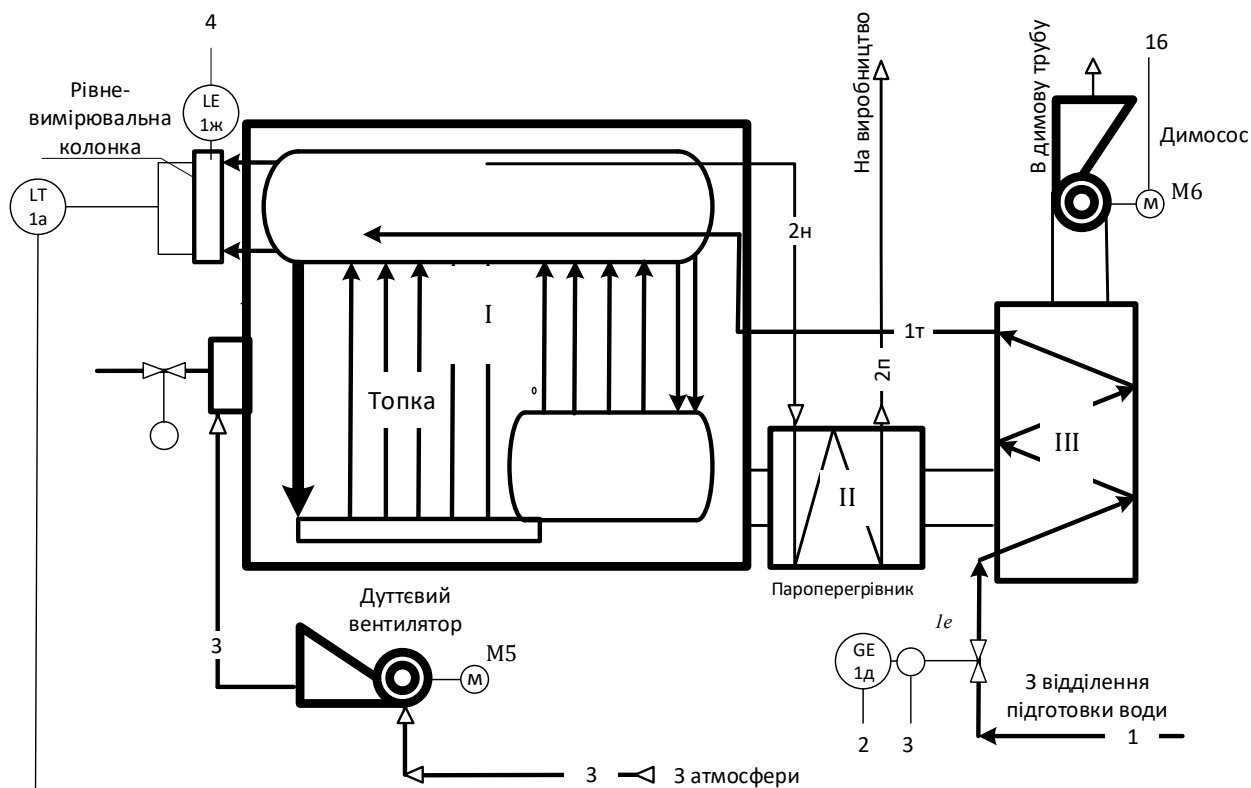
В принциповій електричній схемі живлення та в принциповій схемі підключення датчиків та ВМ до ПЛК застосовувалася наступна нумерація провідників:

- нумерація провідників живлення починалася з 800;
- нумерація провідників в яких проходить вимірювальний сигнал від датчиків до ПЛК починалася з 100 ;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						47
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання рівня в верхньому барабані котла



ПОЗНАЧЕННЯ	НАЙМЕНУВАННЯ
I	Паровий котел ДКВР-6,5-13-Г
II	Пароперегрівник
III	Економізатор парового котла ДКВР-6,5-13-Г
1	Очищена вода
1т	Вода після економізатора
2н	Насичена водяна пара
2п	Перегріта водяна пара
3	Повітря
19	Метан

Рисунок 3.2 – Функціональна схема автоматизації контуру регулювання рівня

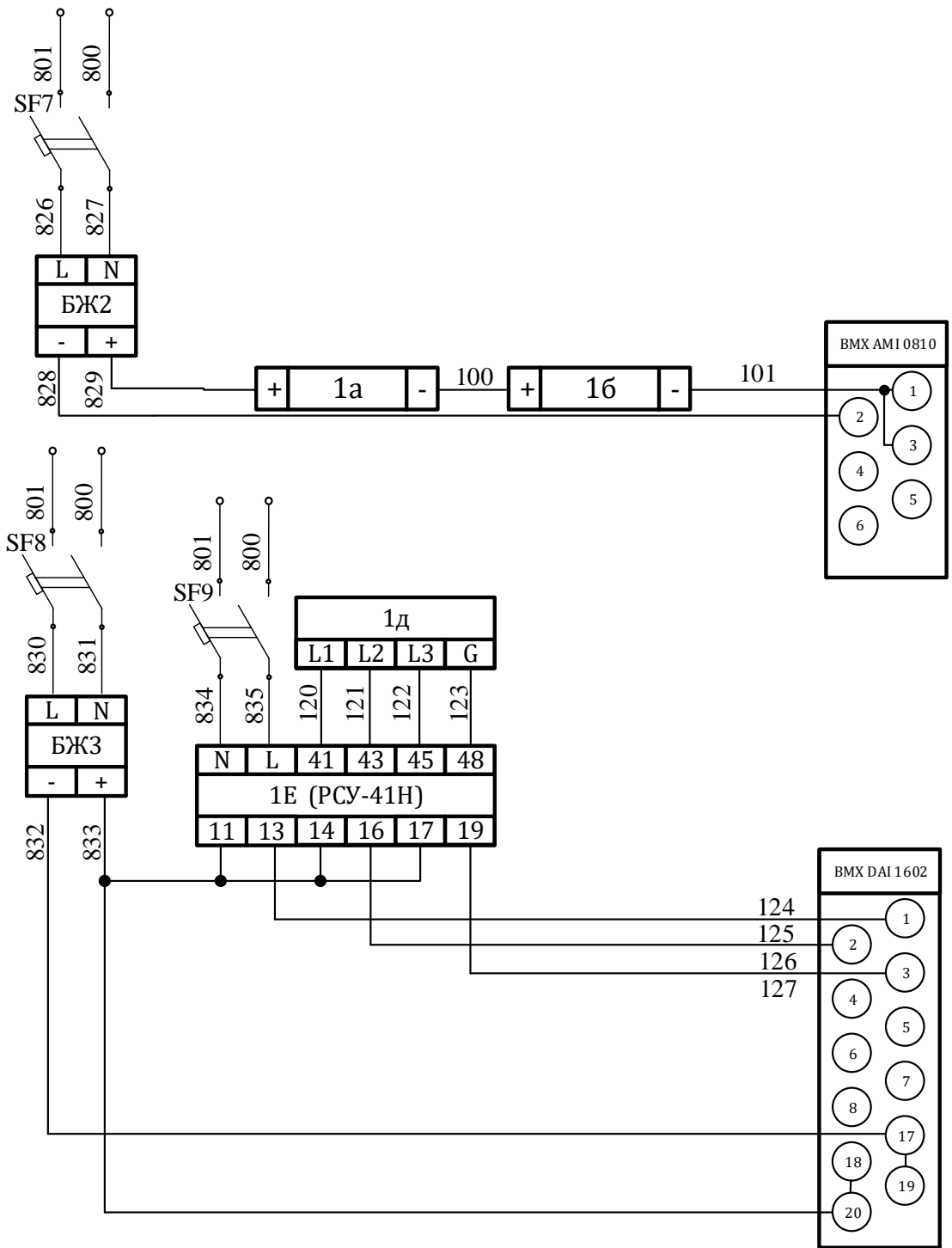


Рисунок 3.3 – Принципова схема підключення гідростатичного та кондуктометричного рівнеміра

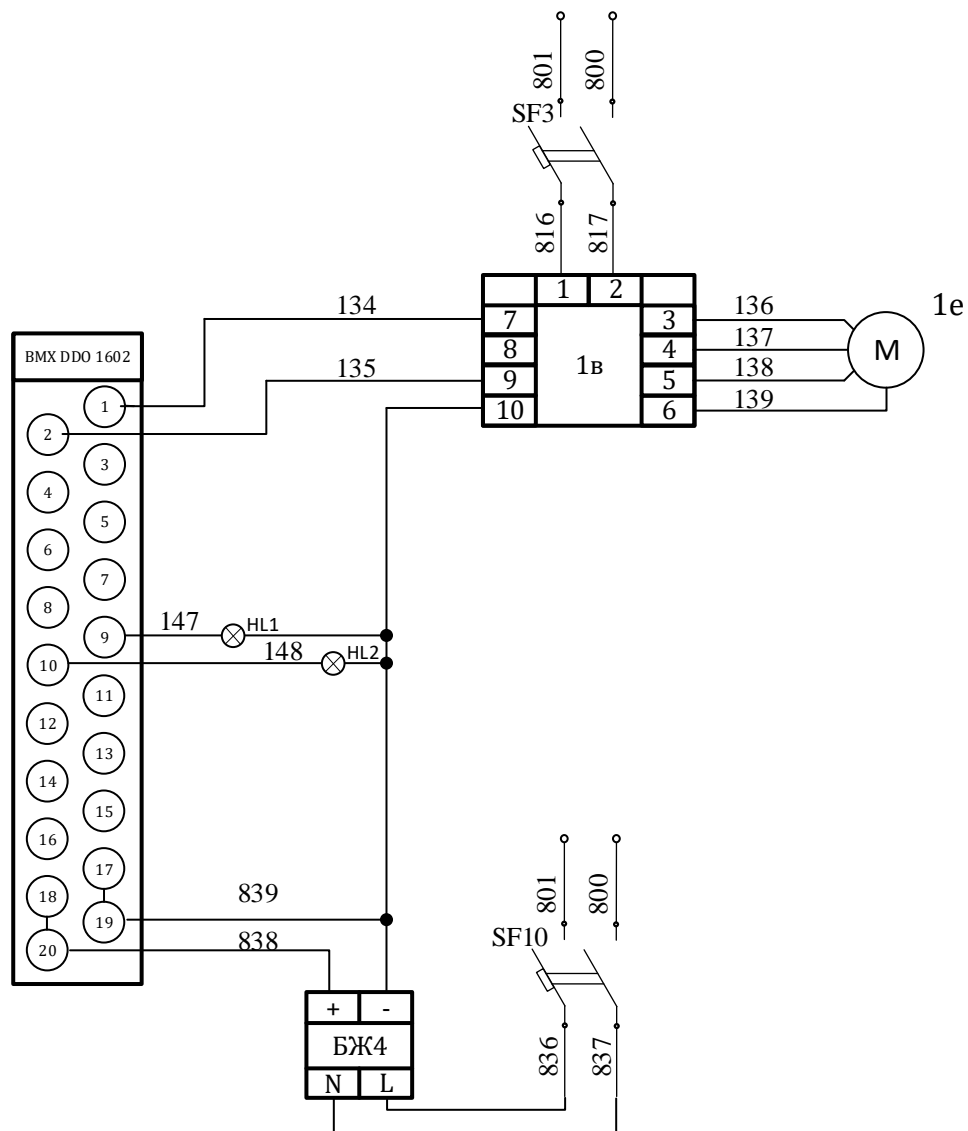


Рисунок 3.4 – Принципова розширена схема підключення реверсивного пускача та сигнальної арматури

Першим контуром автоматизації парового котла є контур регулювання, відображення, реєстрації та сигналізації рівня в верхньому барабані котла. Він реалізований за допомогою гідростатичного рівнеміра та дублюється кондуктометричним рівнеміром. На рівнемірній колонні встановлений диференційний манометр ПД310 (поз. 1а). Він перетворює різницю тиску, що створюється стовпом рідини, в струмовий сигнал 4-20 мА. Сигнал з перетворювача різниці тиску надходить на вторинний показуючий прилад AQteck ІПІ-11 (поз. 1б), що дублює покази датчика на щиті, та до модулю аналогових входів. Для відслідковування положення МЕО використовуються реостатний позиціонер (поз.

1д) з перетворювачами сигналів типу ППМ-03-24 (поз. 1г). ПЛК порівнює фактичне значення положення регулюючого органу з заданим та регулює його положення сигналами більше, менше через безконтактний реверсивний пускач (поз. 1в), до якого підключено двигун МЕО(поз. 1е). Критично високі чи низькі значення рівня в барабані котла можуть привести до аварії, саме тому сигналізація рівня має дублюючу систему. Дублююча система сигналізації та регулювання верхнього і нижнього рівня в барабані котла реалізована наступним чином. В рівнемірній колонні встановлено два кондуктометричних датчика рівня (поз. 1г), що налаштований на високий та низький рівень в апараті. Датчики рівня (поз. 1г) підключаються до РСУ-41Н сигналізатору рівня рідини (поз. 1д), він обробляє сигнал з датчика та видає сигнал що надходить до ПЛК. Він порівнює сигнали з трьох датчиків і в залежності від значень сигналізує про високий рівень лампою HL2, низький рівень лампою HL1.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						51
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів

Парові котли працюють під високим тиском і температурою, тому недостатність або перевищення рівня води може призвести до серйозних аварій, таких як вибухи або протікання. Дублювання контролю рівня дозволяє виявити будь-які несправності або помилки в системі контролю рівня та негайно прийняти заходи для їх усунення.

Кондуктометричні рівнеміри використовуються для вимірювання рівня рідини, зокрема води, у парових котлах. Кондуктометричні рівнеміри не мають рухомих частин, що може знизити ризик виникнення поломок або зношення обладнання. Це робить їх дуже надійними для вимірювання рівня рідини в умовах високого тиску та температури, які характерні для парових котлів. Вони є надійними, точними та швидко-реагуючими пристроями для вимірювання рівня рідини в парових котлах.

Монтаж кондуктометричних рівнемірів у парових котлах є ключовим кроком у забезпеченні надійної та ефективної роботи. Під час монтажу важливо враховувати кілька аспектів. По-перше, потрібно обрати місце для установки рівнеміра, яке буде доступним для обслуговування та забезпечить надійне фіксування пристрою та достатній доступ до рідини в котлі. Впевнитися, що обране місце відповідає параметрам температури та тиску парового котла. Далі, важливо правильно підключити кондуктометричний рівнемір до системи контролю рівня та забезпечити герметичність всіх з'єднань. Неправильне підключення може призвести до втрати точності вимірювань або протікання рідини. Після установки необхідно провести калібрування та налаштування пристрою згідно з інструкціями виробника, щоб забезпечити правильну роботу та точність вимірювань.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Гончаров Б.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації парового котла ДКВР-6,5-13-Г</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Мацебула Д.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-2-ск</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

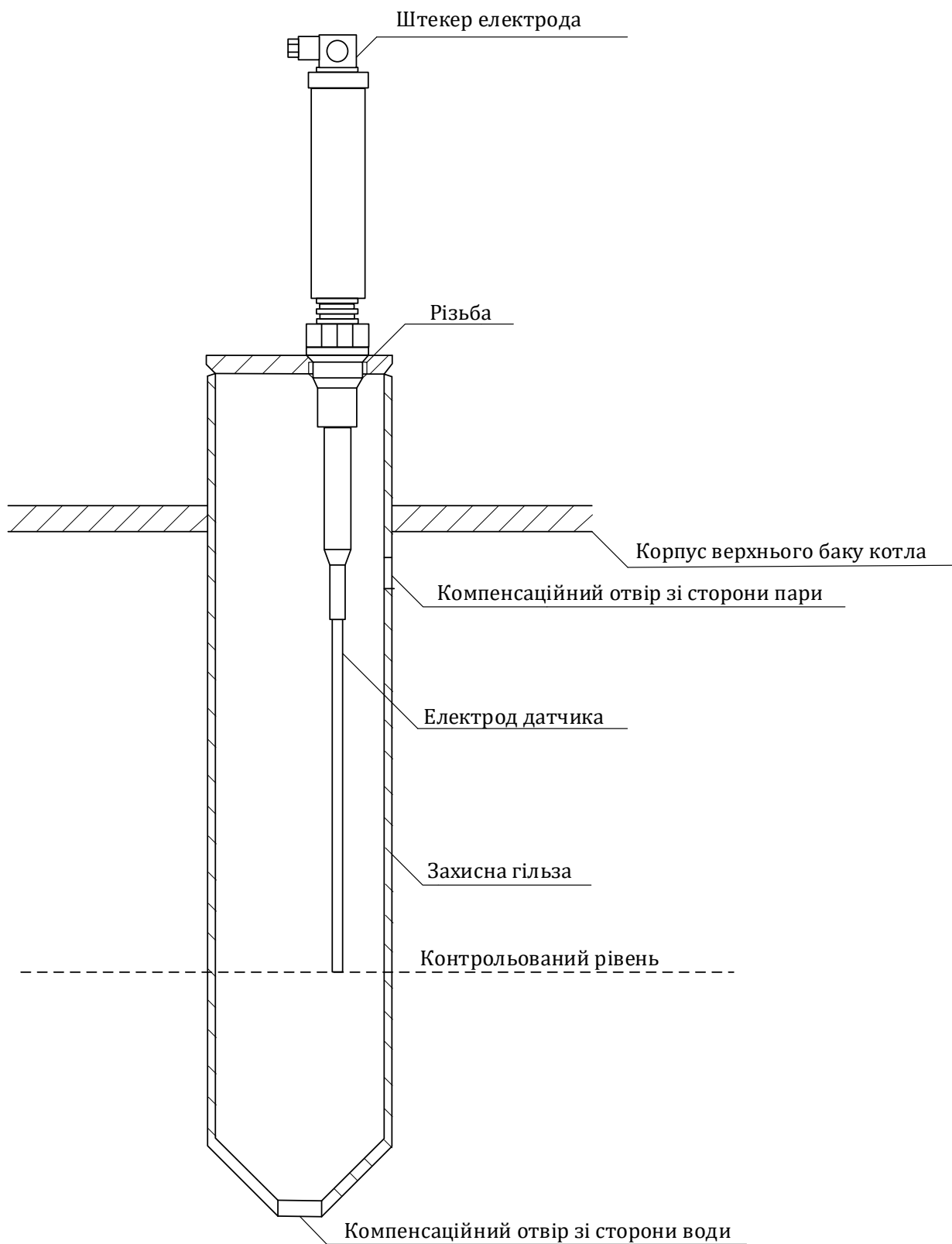


Рисунок 4.1 – Креслення встановлення кондуктометричного електрода в захисній гільзі

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Завершивши монтаж, важливо перевірити роботу кондуктометричного рівнеміра, та впевнитися, що він працює належним чином, та провести тестування на стабільність показань та відповідність даним вимірювань дійсному рівню рідини. Загальна мета монтажу полягає в тому, щоб забезпечити правильну роботу та безпеку парового котла через правильну установку та налаштування кондуктометричного рівнеміра.

Підключення вторинних приладів до кондуктометричних рівнемірів вимагає уважності та дотримання певних правил. Перш за все, переконатися, що вторинний прилад сумісний з кондуктометром та має потрібні інтерфейси для підключення. Треба використовувати кабелі та з'єднання, які відповідають вимогам обох пристроїв, та перевірити, щоб всі з'єднання були правильно встановлені та надійно закріплені.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						54
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для ПЛК

Програмне забезпечення для контролерів парових котлів повинно відповідати численним вимогам, щоб забезпечити безпечну, надійну та ефективну роботу системи. Програмне забезпечення повинно мати функцію негайного аварійного вимкнення котла у разі виявлення небезпечних умов, таких як перевищення тиску, критично низький рівень води або перегрівання. Після активації аварійного вимкнення система повинна блокувати повторний запуск до усунення причин аварії та виконання всіх необхідних перевірок. Контролер повинен постійно відстежувати критичні параметри: тиск, рівень води, температуру пари, вміст кисню в димових газах. Програмне забезпечення повинно забезпечувати високочастотний збір даних для швидкого виявлення відхилень та реакції на них. Використання дублюючих датчиків для забезпечення безперервного моніторингу навіть у разі відмови одного з них є необхідним. Програмне забезпечення повинно періодично виконувати автоматичне тестування основних компонентів системи та запускати процедури самодіагностики і переходити в безпечний режим роботи у разі виявлення несправностей. Програмне забезпечення повинно забезпечувати зрозумілий і зручний інтерфейс для операторів, що дозволяє легко налаштовувати та моніторити роботу системи, надавати візуальні індикатори стану системи і попереджень про можливі проблеми.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гончаров Б.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації парового котла ДКВР-6,5-13-Г</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Мацебула Д.В.</i>					55	10
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>				<i>НУХТ АК-4-2-ск</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

Алгоритм роботи програми наведено на рисунку 5.1

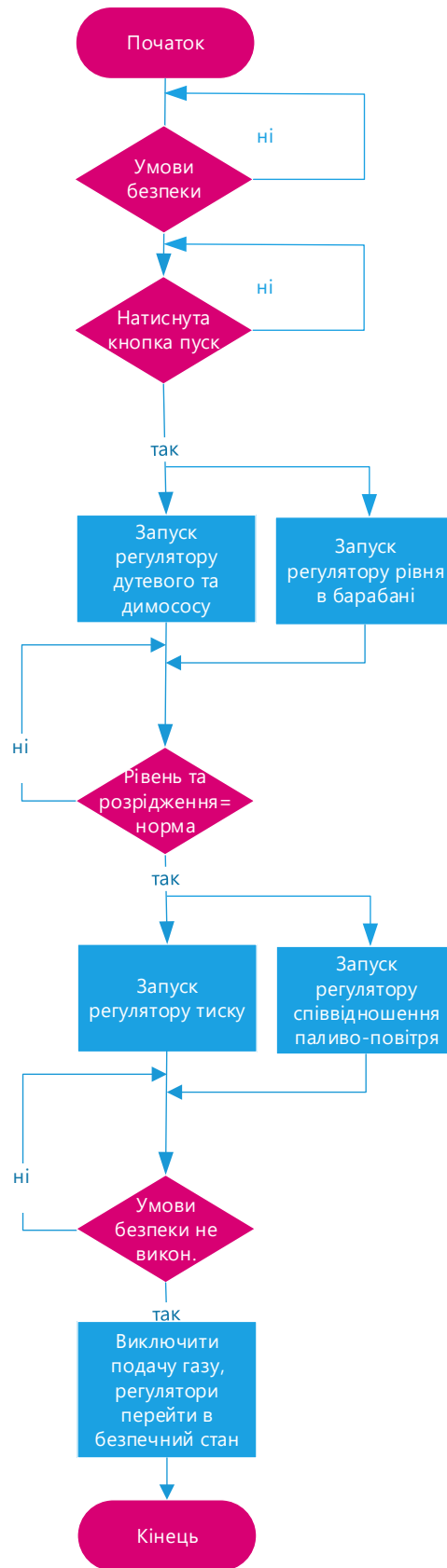


Рисунок 5.1 – Алгоритм роботи програми

Нижче показані змінні для програми керування та симуляції роботи котла.

Name	Type	V.	Comment	A	A	Address
● a_GT1E_position	INT		ЗВ. позиція мео 1е			%IW0.2.0
● a_GT1E_position_0	REAL		ЗВ. позиція мео 1е			
● a_KL1	REAL		Керуючий сигнал з під на кл1			
● a_KL1_D	EBOOL		сигнал на закриття			%Q0.5.1
● a_KL1_D_0	BOOL		сигнал на закриття			
● a_KL1_U	EBOOL		сигнал на відкриття			%Q0.5.0
● a_KL1_U_0	BOOL		сигнал на відкриття			
● a_LE_max	EBOOL		Рівень авар максимум			%I0.4.2
● a_LE_max_0	EBOOL		Рівень авар максимум			
● a_LE_med	EBOOL		Рівень середній			%I0.4.1
● a_LE_med_0	BOOL		Рівень середній			
● a_LE_min	EBOOL		Рівень авар мінімум			%I0.4.0
● a_LE_min_0	BOOL		Рівень авар мінімум			
● a_level	INT		Рівень в барабані котла			%IW0.1.0
● a_level_0	REAL		Рівень в барабані котла			
● a_STOP	EBOOL		Кнопка стоп			%I0.4.4
● b_delta_pressure	REAL					
● b_GT2G_position	INT		ЗВ. позиція мео 2г			%IW0.2.2
● b_GT2G_position_0	REAL		ЗВ. позиція мео 2г			
● b_KL2	REAL		Керуючий сигнал з під на кл2			
● b_KL2_D	EBOOL		сигнал на закриття			%Q0.5.3
● b_KL2_D_0	BOOL		сигнал на закриття			
● b_KL2_U	EBOOL		сигнал на відкриття			%Q0.5.2
● b_KL2_U_0	BOOL		сигнал на відкриття			
● b_pressure	INT		Тиск в барабані котла			%IW0.1.1
● b_pressure_0	REAL		Тиск в барабані котла			
● c_FT_gas	INT		Витрата газу в котел			%IW0.1.2
● c_FT_gas_0	REAL		Витрата газу в котел			
● d_KL4	EBOOL		Відсічний клапан			%Q0.5.6
● d_KL4_0	BOOL		Відсічний клапан			
● d_PT_gas	INT		Тиск газу в тр. подачі			%IW0.1.3
● d_PT_gas_0	REAL		Тиск газу в тр. подачі			
● e_PT_air	INT		Тиск повітря в тр. подачі			%IW0.1.4
● e_PT_air_0	REAL		Тиск повітря в тр. подачі			
● e_zad_air	INT		Завдання на ПЧ дутевого			%QW0.3.0
● e_zad_air_0	REAL		Завдання на ПЧ дутевого			
● f_PT_furnace	INT		Розрідження в топці котла			%IW0.1.5
● f_PT_furnace_0	REAL		Розрідження в топці котла			
● f_zad_furnace	INT		Завдання на ПЧ димососа			%QW0.3.1
● f_zad_furnace_0	REAL		Завдання на ПЧ димососа			
● g_QT_O2	INT		Витрата газу в котел			%IW0.1.6
● g_QT_O2_0	REAL		Витрата газу в котел			
● h_BE_fire	EBOOL		Факел в котлі			%I0.4.3
● h_BE_fire_0	EBOOL		Факел в котлі			
● i_HL1	EBOOL		Світло сигнальна лампа 1			%Q0.5.8
● i_HL1_0	BOOL		Світло сигнальна лампа 1			
● i_HL2	EBOOL		Світло сигнальна лампа 2			%Q0.5.9
● i_HL2_0	BOOL		Світло сигнальна лампа 2			
● i_HL3	EBOOL		Світло сигнальна лампа 3			%Q0.5.10

Рисунок 5.2 – змінні для програми керування та симуляції роботи котла

Name	Type	Value	Comment
AIR PARA	Para_PL_B		
id	UINT		Reserved for autotuning
pv_inf	REAL	0.0	Lower limit of the process value range
pv_sup	REAL	100.0	Upper limit of the process value range
out_inf	REAL	0.0	Lower limit of the output value range
out_sup	REAL	100.0	Upper limit of the output value range
rev_dir	BOOL		0: direct action of the PID controller 1: op...
en_rcpy	BOOL		1: the RCPY input is used
kp	REAL	5.0	Proportional contribution (gain)
ti	TIME	#10s	Integral time
dband	REAL		Dead zone on deviation
outbias	REAL		Manual adjustment of static deviation
LT PARA	Para_PL_B		
id	UINT		Reserved for autotuning
pv_inf	REAL	0.0	Lower limit of the process value range
pv_sup	REAL	100.0	Upper limit of the process value range
out_inf	REAL	0.0	Lower limit of the output value range
out_sup	REAL	100.0	Upper limit of the output value range
rev_dir	BOOL		0: direct action of the PID controller 1: op...
en_rcpy	BOOL		1: the RCPY input is used
kp	REAL	2.0	Proportional contribution (gain)
ti	TIME	#10s	Integral time
dband	REAL		Dead zone on deviation
outbias	REAL		Manual adjustment of static deviation
PT_COTEL PARA	Para_PL_B		
id	UINT		Reserved for autotuning
pv_inf	REAL	0.0	Lower limit of the process value range
pv_sup	REAL	100.0	Upper limit of the process value range
out_inf	REAL	0.0	Lower limit of the output value range
out_sup	REAL	100.0	Upper limit of the output value range
rev_dir	BOOL		0: direct action of the PID controller 1: op...
en_rcpy	BOOL		1: the RCPY input is used
kp	REAL	19.0	Proportional contribution (gain)
ti	TIME	#5s	Integral time
dband	REAL		Dead zone on deviation
outbias	REAL		Manual adjustment of static deviation
TOPKA	Para_PL_B		
id	UINT		Reserved for autotuning
pv_inf	REAL	0.0	Lower limit of the process value range
pv_sup	REAL	10.0	Upper limit of the process value range
out_inf	REAL	0.0	Lower limit of the output value range
out_sup	REAL	100.0	Upper limit of the output value range
rev_dir	BOOL		0: direct action of the PID controller 1: op...
en_rcpy	BOOL		1: the RCPY input is used
kp	REAL	7.0	Proportional contribution (gain)
ti	TIME	#10s	Integral time
dband	REAL		Dead zone on deviation
outbias	REAL		Manual adjustment of static deviation

Рисунок 5.3 – Змінні налаштувань під перуляторів

Name	no.	Type
LAG_AIR		LAG_FILTER
LAG_COTEL		LAG_FILTER
LAG_LT		LAG_FILTER
LAG_TOPKA		LAG_FILTER
PI_LT		PI_B
PI_PT_AIR		PI_B
PI_PT_COTEL		PI_B
PI_PT_TOPKA		PI_B
T1		TON
T2		TON
T3		TON

Рисунок 5.4 -Список функціональних блоків

Програма, що описує роботу парового котла на мові програмування ST (Structured Text) для ПЛК М340, представлена нижче:

```

PI_LT (EN:=START,
      PV:=a_level_0,
      SP:=50.0,
      MAN_AUTO:=TRUE,
      PARA:=LT_PARA,
      TR_I:= a_KL1,
      TR_S:=FALSE,
      OUT:=a_KL1);

```

```

PI_PT_COTEL (EN:=a_LE_min,
            PV:=b_pressure_0,
            SP:=13.0,
            MAN_AUTO:=TRUE,
            PARA:=PT_COTEL_PARA,
            TR_I:= b_KL2 ,
            TR_S:=FALSE,
            OUT:= b_KL2);

```

```
PI_PT_AIR (EN:=START,  
  PV:= e_PT_air_0,  
  SP:=b_GT2G_position_0 * 2.35,  
  MAN_AUTO:=TRUE,  
  PARA:=AIR_PARA,  
  TR_I:= e_zad_air_0 ,  
  TR_S:=FALSE,  
  OUT:= e_zad_air_0);
```

```
PI_PT_TOPKA (EN:=START,  
  PV:=f_PT_furnace_0,  
  SP:= 20.0,  
  MAN_AUTO:=TRUE,  
  PARA:=AIR_PARA,  
  TR_I:= f_zad_furnace_0 ,  
  TR_S:=FALSE,  
  OUT:= f_zad_furnace_0);
```

```
a_a_delta_level := a_GT1E_position_0 - a_KL1;  
  if a_a_delta_level > 1.0 then  
a_KL1_D := true ;  
  else  
a_KL1_D := false ;  
  end_if;  
  if a_a_delta_level < -1.0 then  
a_KL1_U := true ;  
  else  
a_KL1_U := false ;  
  end_if;
```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

```

b_delta_pressure := b_GT2G_position_0 - b_KL2;
  if b_delta_pressure > 1.0 then
b_KL2_D := true ;
else
b_KL2_D := false ;
  end_if;
if b_delta_pressure < -1.0 then
b_KL2_U := true ;
else
b_KL2_U := false ;
  end_if;
if STOP then
START := false ;
b_KL2_U := false ;
ZAD_COTLA :=0.0;
f_PT_furnace_0 :=0.0;
e_PT_air_0:=0.0;
a_KL1 :=0.0;
b_KL2 :=0.0;
e_zad_air_0:=0.0;
f_zad_furnace_0 :=0.0;
  end_if;

```

Програма, що описує роботу симуляції парового котла на мові програмування ST (Structured Text) для ПЛК М340, представлена нижче:

```

if START then
LAG_LT (IN := a_GT1E_position_0,
  GAIN:=2.0 - ZAD_COTLA_0,

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

```

LAG:=t#30s);
a_level_0:=(5.0+(LAG_LT.OUT));

LAG_COTEL (IN := b_GT2G_position_0,
          GAIN:=1.0 - ZAD_COTLA_0,
          LAG:=t#20s);
b_pressure_0:=(0.1+(LAG_COTEL.OUT));

ZAD_COTLA_0 := ZAD_COTLA / ZAD_COTLA_1 ;

(*b_pressure_0:= b_pressure_0 - ZAD_COTLA_0 ;*)

END_IF;
if b_KL2_U = true then
b_GT2G_position_0 := b_GT2G_position_0 + 0.5;
  end_if;

if b_KL2_D = true then
b_GT2G_position_0 := b_GT2G_position_0 - 0.5;
  end_if;

LAG_TOPKA (IN := f_zad_furnace_0,
          GAIN:=0.7,
          LAG:=t#30s);
f_PT_furnace_0:=(0.01+(LAG_TOPKA.OUT));

LAG_AIR(IN := e_zad_air_0,

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

```

GAIN:= 2.0,
LAG:=t#30s);
e_PT_air_0:=(0.01+(LAG_AIR.OUT));

if a_KL1_U = true then
a_GT1E_position_0 := a_GT1E_position_0 + 0.5;
end_if;

if a_KL1_D = true then
a_GT1E_position_0 := a_GT1E_position_0 - 0.5;
end_if;

if a_level > 35 then
a_LE_min_0 := TRUE;
ELSE
a_LE_min_0 := FALSE;
end_if;

if a_level > 45 then
a_LE_med_0 := TRUE;
ELSE
a_LE_med_0 := FALSE;
end_if;

if a_level > 60 then
a_LE_max_0 := TRUE;
ELSE
a_LE_max_0 := FALSE;

```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

```
end_if;  
c_FT_gas_0 := b_GT2G_position_0 * 20.0 ;
```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

Людинно-машинний інтерфейс (НМІ - Human-Machine Interface) є критично важливим компонентом систем автоматизації, оскільки він забезпечує ефективну взаємодію між оператором і технічними системами. НМІ дозволяє операторам контролювати, моніторити та налаштовувати процеси автоматизації, забезпечуючи безперебійну та безпечну роботу обладнання. Інтерфейс підвищує ефективність роботи, забезпечуючи зручний доступ до інформації про стан системи, що дозволяє операторам швидко реагувати на зміни та приймати обґрунтовані рішення, підвищуючи ефективність виробничих процесів. НМІ забезпечує реальний час моніторинг параметрів системи, відображаючи дані у зручному для сприйняття вигляді, що дозволяє здійснювати точний контроль та оптимізацію процесів. Основні принципи НМІ для систем автоматизації включають інтуїтивність, зрозумілість, візуалізацію даних, користувацьку адаптацію, безпеку і контроль доступу, зворотний зв'язок, ергономічність, надійність.

Дисплейна мнемосхема автоматики парового котла зображена на рисунку 6.1

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Гончаров Б.О.</i>			<i>Розробка системи автоматизації парового котла ДКВР-6,5-13-Г</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Мацебула Д.В.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Смітюх Я.В.</i>			<i>НУХТ АК-4-2-ск</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>					

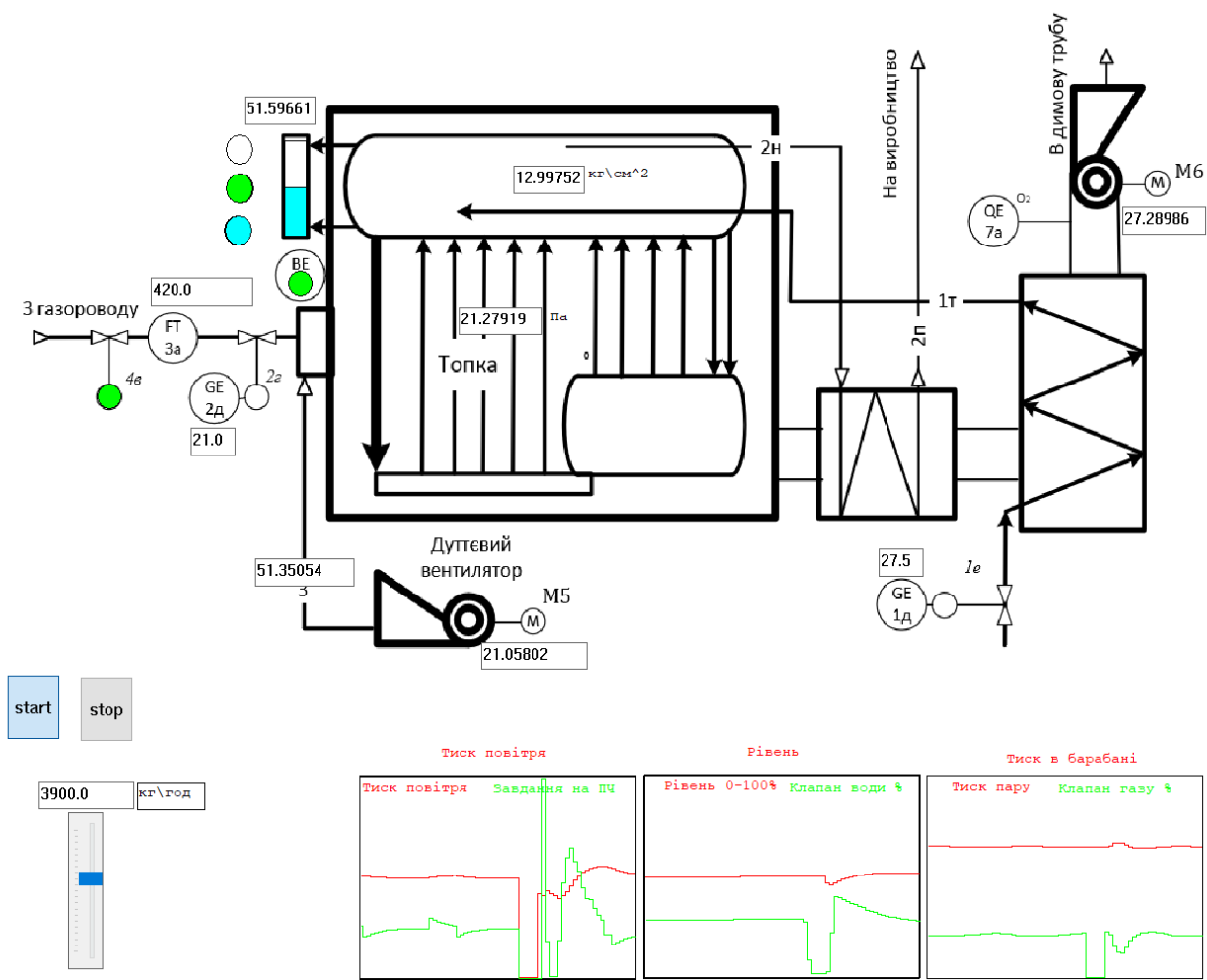


Рисунок 5.2 – Дисплейна мнемосхема парового котла

Висновок

В кваліфікаційній роботі розглянуто розробку системи автоматизації парового котла ДКВР-6,5-13-Г.

Впровадження автоматизованої системи дозволяє знизити витрати на експлуатацію, підвищити надійність роботи обладнання та зменшити вплив людського фактора на процес управління. Було розроблено інтуїтивно зрозумілий людинно-машинний інтерфейс, який забезпечує зручність користування та швидкий доступ до необхідної інформації. Використання сучасних засобів контролю і управління дозволило створити систему, здатну адаптуватися до змінюваних умов експлуатації та забезпечити безперервний моніторинг критичних параметрів. Таким чином, результати розробок сприяють підвищенню ефективності та безпеки експлуатації парових котлів, що має позитивний вплив на загальну продуктивність та економічність виробничих процесів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						67
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаної літератури

1. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
2. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с
3. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с
4. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
5. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с
6. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
7. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
8. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
9. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво ЛіраК, 2015. – 288 с.
10. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

11. .Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
12. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра –К, 2013. – 376 с.
- 13 Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
14. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
15. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
16. .Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
17. .Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання : уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
						70
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		