

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Інтелектуальні системи управління
в гірничо-металургійному виробництві»
за спеціальністю 151 Автоматизація
і комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: **«Модернізація системи управління відділенням стабілізації тиску коксового газу цеху сіркоочищення»**

Керівник роботи

Олександр СІМКІН

Консультант від
бази практики

Володимир КАРПЕНКО

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач

Володимир КОРОТИШ

Підсумкова оцінка атестацію
за

Голова ЕК

Андрій ЛЕОНОВ

Кам'янське 2024



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра	автоматизації, електро- та робототехнічних систем
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	151 Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології
ОПП	Інтелектуальні системи управління в гірничо-металургійному виробництві

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН

«24» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Коротий Володимира Юрійовича
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

- Тема роботи (проекту) Модернізація системи управління відділенням стабілізації тиску коксового газу цеху сіркоочищення
керівник роботи (проекту) Сімкін Олександр Ісакович, професор, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом по Університету від «29» 08 2023 року №137.1/29.08.2023
- Термін здачі здобувачем закінченої роботи 10.01.2024р.
- Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з автоматизації, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматичного регулювання та управління, літературні джерела, технологічні інструкції тощо
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Анотація. Зміст. Вступ (актуальність теми; наукова новизна та практичне значення; об'єкт, предмет та методи дослідження, апробація роботи). 1. Аналіз предметної області (літературний огляд, недоліки існуючих систем, сучасні тенденції). 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління (Основні задачі АСУТП, опис креслення «Взаємозв'язок функціональних задач», концепція роботи системи, обґрунтування та вибір технічних рішень щодо модернізації системи). 3. Реалізація запропонованої

системи (3.1. Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації, 3.2.Проектування САР скиду газу на газоскидному пристрої, 3.3. Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи (наповнення та викачування газу з газгольдерів, управління газоскидним пристроєм, режимами роботи, регулювання тиску, вібродіагностики). 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи. Висновки. Перелік використаних джерел. Додаток: Опис технологічного процесу.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу Схема структурна автоматизації. Схема функціональна автоматизації. Взаємозв'язок функціональних задач. Блок-схеми алгоритмів керування та програмного забезпечення. Результати розрахунків.

6. Консультанти по роботі (проекту), із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Консультант (прізвище та ініціали, посада)
Економіки	Сімкін О.І.
Нормоконтроль	

7. Дата видачі завдання 24.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекта)	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	25.12.2023 – 28.12.2023
2	Розділ 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління	25.12.2023 – 28.12.2023
3	Розділ 3. Реалізація запропонованої системи автоматизації	28.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи автоматизації	03. 01.2024 – 07.01.2024
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.01.2024 – 10.01.2024
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	16.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач _____ Коротий В.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Сімкін О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)



АНОТАЦІЯ

Короткош Володимир Юрійович. Модернізація системи управління відділенням стабілізації тиску коксового газу цеху сіркоочищення - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». ОПП «Інтелектуальні системи управління у гірничо-металургійному виробництві» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кам'янське, 2024.

Об'єктом дослідження є система управління відділенням стабілізації тиску коксового газу цеху сіркоочищення.

Предметом дослідження є автоматизація стабілізації тиску коксового газу цеху сіркоочищення.

У першому розділі проаналізована предметна область автоматизація та управління в контексті коксохімічної промисловості. Надана загальна характеристика технологічного процесу та наявної системи автоматизації. Приведено аналіз рішень на аналогічних об'єктах. В результаті визначена необхідність модернізації наявної системи та сформульована невирішена частина проблеми, яку планується досліджувати та вирішувати в рамках кваліфікаційної роботи.

У другому розділі проведено аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації, визначено параметри об'єкта автоматизації, визначені задачі управління об'єктом ВСТКГ, задачі автоматичного контролю та регулювання відповідних технологічних параметрів, обґрунтована запропонована структура системи автоматизації, визначено розподіл основних задач, які вирішуються на рівнях автоматизації, наведено перелік основних функціональних задач та опис схеми їхнього взаємозв'язку.

У третьому розділі обґрунтовано вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації; спроектовано САР; розроблено алгоритми забезпечення системи автоматизації.


У четвертому розділі відповідними розрахунками підтверджено економічну доцільність впровадження запропонованої системи автоматизації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОКСОВИЙ ГАЗ. МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ. ВІДДІЛЕННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТИСКУ. ЕФЕКТИВНІСТЬ КОКСОВОГО ВИРОБНИЦТВА.



ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ.....	7
ВСТУП.....	8
СПИСКУ ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА	10
1 Аналіз предметної області	11
1.1 Літературний огляд.....	11
1.2 Опис технологічного процесу.....	12
1.3 Призначення відділення стабілізації тиску коксового газу.....	13
1.4 Системи керування ВСТКГ	17
1.5 Недоліки наявної системи керування ВСТКГ:.....	18
1.6 Сучасні тенденції	18
2 Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління.....	20
2.1 Задачі автоматизації.....	20
2.1.1 Завдання управління.....	20
2.1.2 Завдання контролю та регулювання тиску коксового газу в заданих параметрах.....	20
2.1.3 Завдання контролю та регулювання тиску коксового газу в газозбірниках.....	22
2.1.4 Завдання евакуація коксового газу із газозбірників за допомогою частотних перетворювачів.....	22
2.2 Основні задачі АСУТП	23
2.2.1 Підсистема нижнього рівня.....	23
2.2.2 Інформаційна підсистема.....	24
2.2.3 Підсистема управління	24
2.2.4 Підсистему запуску та перезапуску	24
2.2.5 Підсистема діагностики обладнання.....	25
2.2.6 Підсистема ведення баз даних	25
2.3 Концепція роботи системи.....	26
2.4 Обґрунтування та вибір технічних рішень щодо модернізації системи.....	27
3 Реалізація запропонованої системи.....	29
3.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації апаратної частини проекту АСУТП.....	29
3.1.1 Технічні засоби системи керування.....	29
3.1.2 Технічні засоби система вібраційного моніторингу	30
3.1.3 Технічні засоби архівування та відображення технологічного процесу.....	31
3.1.4 Технічні засоби організації мережі.....	32
3.1.5 Технічні засоби організації безперебійного живлення.....	34
3.2 Проектування САР скиду газу на газоскидному пристрої.....	35
3.2.1 Розрахунок регулятора тиску коксового газу в заданих параметрах.....	35
3.2.2 Розрахунок налаштувань ПІД-регулятора методом оптимізації на основі даних про перехідну функцію об'єкта управління.....	37



3.3 Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи (наповнення та викачування газу з газгольдерів, управління газоскидним пристроєм, режимами роботи, регулювання тиску, вібродіагностики).....	39
3.3.1 Алгоритм роботи ВСТКГ	39
3.3.2 Алгоритм роботи газоскидного пристрою факельного ГСПФ-45	42
3.3.3 Програмне забезпечення	42
4. Економічне обґрунтування запропонованої системи	44
4.1 Економія матеріальних і трудових ресурсів при впровадженні систем автоматизації ...	44
4.2 Розрахунки статичних показників економічної ефективності систем автоматизації.....	48
Висновки.....	51
Перелік використаних джерел	53
Додаток А	56
Додаток Б.....	57
Додаток В	58
Додаток Г.....	61
Додаток Д	65
Додаток Е.....	67
Додаток Є.....	68
Додаток Ж.....	69
Додаток З.....	72
Додаток И.....	77



СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

ВСТКГ - Відділення стабілізації тиску коксового газу

ГСПФ-45 – Газоскидний пристрій факельний

Ду – Умовний прохід

ПІД – регулятор – пропорційно-інтегрально диференційний регулятор

ТГ – турбокомпресор

ОК – відсічний клапан

МР-Г-3 250 – м'який резервуар гумотканинний

QUADAX – поворотний затвор

ROTORK – електропривід

МЕО – механізм електричний одно оборотний



ВСТУП

Сучасні технології в сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій відіграють важливу роль у розвитку промисловості, забезпечуючи оптимальні умови для виробництва та управління процесами. Зокрема, виробництво коксу в коксохімічній промисловості є складним технологічним процесом, де ефективно управління тиском коксового газу відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності та оптимізації виробничих процесів.

Актуальність проведення дослідження з питань модернізації системи управління відділенням стабілізації тиску коксового газу обумовлена необхідністю підвищення ефективності та безпеки виробництва, а також зменшення витрат на обслуговування та ремонт обладнання. Коксовий газ, утворюючись в процесі виробництва коксу з вугілля, є важливою сировиною та джерелом енергії. Контроль тиску цього газу дозволяє оптимізувати його використання, зменшуючи при цьому викиди в атмосферу та покращуючи екологічні показники виробництва.


Управління тиском коксового газу має стратегічне значення для забезпечення безперебійності та стабільності виробництва. На жаль, на теперішній момент відділення стабілізації тиску коксового газу оснащено застарілою системою автоматизації, яка потребує сучасних технологічних рішень для підвищення її ефективності та надійності.

Метою даної магістерської роботи є розробка та впровадження новаторських підходів до системи управління відділенням стабілізації тиску коксового газу, зокрема, шляхом впровадження сучасних алгоритмів та передових технологій у галузі автоматизації. Задачі роботи включають детальний аналіз чинних систем керування, постановку конкретних завдань для модернізації та розробку концепції системи керування.

Об'єктом дослідження є відділення стабілізації тиску коксового газу, а предметом – система його керування. Використання методів аналізу чинних систем керування, розробки концепцій та вибору оптимальних технічних рішень є ключовими етапами для досягнення поставлених цілей.

Дана магістерська робота спрямована на вдосконалення системи управління відділенням стабілізації тиску коксового газу з метою підвищення безпеки та надійності виробництва, а також на оптимізацію витрат та підвищення загальної ефективності виробничих процесів у коксохімічній промисловості. У подальших розділах роботи буде проведено докладний аналіз наявного стану системи керування, визначено завдання для модернізації та розробки нової концепції системи управління.

У рамках проведених наукових заходів, а саме участі в конференціях "Актуальні питання розвитку інформаційних технологій" та "Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод" у



березні та квітні 2023 року відповідно, була представлена важлива інформація з проблеми модернізації системи управління відділенням стабілізації тиску коксового газу.

Питання були зосереджені на проблемі використання сучасних технологій автоматизації з метою підвищення безпеки персоналу, надійності та ефективності роботи відділення стабілізації тиску коксового газу. Проаналізовані питання технічних рішень, а також виявлені можливості для вдосконалення системи управління.

Додатково, у листопаді 2023 року приймалась участь у міжнародній науково-технічній конференції "Miningmetaltch 2023 - The mining and metals sector: integration of business, technology, and education". На цьому заході були представлені дослідження, що стосуються використання сучасних технологій автоматизації для підвищення безпеки персоналу, надійності та ефективності роботи відділення стабілізації тиску коксового газу, та обговорили їхню важливість у контексті інтеграції бізнесу, технологій та освіти у гірничо-металургійному секторі.

За результатами конференцій було здійснено апробацію отриманих результатів, а також подано публікації у наукових журналах чи збірниках конференцій. Окрім того, важливим етапом є обмін дослідницькими ідеями та отримання конструктивних коментарів від інших учасників наукових заходів, що сприяє підвищенню наукової якості та значущості проведених досліджень.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Коротыш В.Ю., Сімкін О.І. Модернізація системи управління відділенням стабілізації тиску коксового газу. Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод : матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 20–22 квітня 2023 р. / За заг. ред. О. Ф. Тарасова. – Краматорськ : ДДМА, 2023. – 282 с.
2. O.I. Simkin, V.Y.Korotysh. Use of modern automation technologies to improve personnel safety, reliability and efficiency of the coke oven gas pressure stabilization unit. International scientific conference "MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education": conference proceedings (November 29-30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia: "Baltija Publishing". 2023. Vol. 2. 348 pages.
DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-99>



1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Літературний огляд

Металургійна промисловість є однією з найбільш енергоємних галузей економіки. Вона споживає близько 30-40% усієї енергії, що використовується у промисловості. Значна частина цієї енергії витрачається на виробництво та утилізацію побічних газів.

Побічні гази - це гази, які утворюються в процесі виробництва сталі та інших металів. До них відносяться коксовий газ, доменний газ, конвертерний газ та інші. Ці гази мають високу теплотворну здатність і можуть бути використані для виробництва енергії, тепла та інших корисних продуктів.

Збереження побічних газів у металургійній промисловості має ряд переваг. По-перше, вона дозволяє заощадити енергію, що є важливим для сталого розвитку. По-друге, утилізація побічних газів дозволяє зменшити викиди парникових газів, що позитивно впливає на навколишнє середовище. По-третє, утилізація побічних газів може бути джерелом додаткових доходів для підприємств.

У літературі існує широкий спектр досліджень, присвячених збереженню побічних газів у металургійній промисловості. Дослідники розробляють нові методи та технології для підвищення ефективності збереження побічних газів.

Основні тенденції досліджень у цій галузі:

Зростає інтерес до використання когенераційних установок для збереження побічних газів. Когенерація - це виробництво електроенергії та тепла в єдиному процесі. Цей метод дозволяє більш ефективно використовувати енергію побічних газів.


Розробляються нові методи управління системами збереження побічних газів, які дозволяють підвищити їхню ефективність та надійність.

Важливе значення надається врахуванням екологічних аспектів збереження побічних газів.

Деякі конкретні приклади досліджень:

У статті «Стратегія планування газової системи для металургійного процесу на основі багатоцільової диференціальної еволюції» [8] пропонується новий метод планування газової системи на основі багатоцільової диференціальної еволюції. Цей метод дозволяє знизити навантаження на систему та забезпечити стабільність газової мережі.

У статті «Модель розподілу побічного газу для виробничих споживачів, що враховує коливання теплотворної здатності та схеми постачання на металургійних заводах» [9] розробляється модель розподілу побічного газу, яка враховує коливання теплотворної здатності та схеми постачання. Ця модель дозволяє забезпечити постачання газів відповідно до попиту споживачів.



У статті «Модель еталонного керування на основі компенсаційної нечіткої нейронної мережі для газозбірників коксової печі» [10] пропонується метод моделі-еталонного керування з використанням компенсаційної нечіткої нейронної мережі для газозбірників коксової печі. Цей метод дозволяє підвищити ефективність керування системою.

У статті «Дослідження вимог безпеки критичної функції контрольно-вимірювальних приладів у процесі переробки коксового газу в метанол з використанням осикового моделювання» [11] проводиться дослідження вимог безпеки для контрольно-вимірювальних приладів, які використовуються в процесі переробки коксового газу в метанол. Результати дослідження дозволяють встановити оптимальні значення уставок і часу безпеки процесу.

У статті «Підхід до планування на основі причинно-наслідкової моделі для системи коксового газу в сталеливарній промисловості» [12] пропонується підхід до планування використання коксового газу в металургійній промисловості. Цей підхід базується на причинно-наслідковій моделі, яка дозволяє прогнозувати рівень газу в резервуарі.

У статті «Модель прогнозуючого керування зі стратегією зворотного зв'язку для газозбірників коксових печей» [13] розробляється модель прогнозуючого керування зі стратегією зворотного зв'язку для газозбірників коксових печей. Ця модель дозволяє підвищити ефективність управління системою тиску в газозбірнику.


У статті «Оцінка заводів з когенерації метанолу та електроенергії на основі утилізації коксового та доменного газів» [14] оцінюється ефективність заводів з когенерації метанолу та електроенергії на основі збереження коксового та доменного газів. Результати дослідження показують, що другий процес, який додатково використовує водень, є більш ефективним та має менші викиди CO₂.

Ці дослідження свідчать про те, що дослідження в галузі збереження побічних газів у металургійній промисловості є актуальними та перспективними. Розробка нових методів та технологій дозволяє підвищити ефективність збереження побічних газів, що має важливе значення для енергозбереження, зменшення викидів парникових газів та покращення екологічного стану навколишнього середовища.

1.2 Опис технологічного процесу

Коксовий газ є вторинним продуктом виробництва коксу з вугілля. Цей газ містить значну кількість корисних речовин, таких як метан, водень, оксид вуглецю та інші компоненти, які можуть бути використані як джерело енергії та хімічних речовин.

Процес видобутку коксового газу полягає в тому, що вугілля нагрівається до високих температур у безкисневому середовищі. Це призводить до того, що вугілля дегідрується та розкладається на кокс, газ та інші вуглеводні. Коксовий газ відокремлюється від коксу та інших



вуглеводнів, очищується в цеху уловлювання та сіркоочищення та передається споживачам, а саме котлотурбінному цеху, коксовому цеху, та гаражем розморожування вугілля, структурна схема відображена в додатку А. Важливим параметром в коксохімічному виробництві є тиск коксового газу в газопроводах. Цей параметр має бути контрольованим та регульованим в заданих межах, оскільки недостатній тиск може призвести до зниження ефективності роботи газодувної машини та нестабільності технологічного процесу, а занадто високий тиск може призвести до розриву газопроводів та інших аварійних ситуацій [8].

1.3 Призначення відділення стабілізації тиску коксового газу.

Відділення стабілізації тиску коксового газу призначене для зниження нераціонального використання коксового газу, спалюваного під час кантувальних пауз у коксовому цеху на газоскидному пристрої факельному ГСПФ-45 [9]. Технологічна схема роботи ВСТКГ і ГСПФ-45 відображена в додатку Б.

Газоскидний пристрій ГСПФ-45 служить для скидання (з подальшим спалюванням) надлишкового тиску коксового газу. Висота ГСПФ-45 – 70 метрів.

ВСТКГ складається з:

- Газопроводів коксового газу Ду 500 і 300 мм, виконаних зі сталевих електрозварних труб. Фланцеві з'єднання обладнані струмопровідними перемичками;


- Сталевої запірної арматури (засувки) з ручним висувним шпинделем, з класом герметичності не нижче "В". Ду 600 мм. (обладнана електроприводом) - 1 шт.; Ду 500 мм. - 1 шт.; Ду 400 мм. - 2 шт.; Ду 300 мм. - 8 шт;

- Клапанів відсічних прохідних із пневмоприводом №№ ОК1-7. Ду 500 мм. - 4 шт.; Ду 300 мм. - 3 шт;

- Багатоступеневих турбокомпресорів ТГ-200-1,4 - 2 шт. обладнаних мікропроцесорною системою управління і частотним регулюванням продуктивності. До складу турбокомпресора входить безпосередньо сам турбокомпресор ТГ-200-1,4, електродвигун приводу турбокомпресора типу ВАО 2 315М2У25 потужністю 250 кВт і частотою обертання 2964 об./хв, частотний перетворювач FC 102 для регулювання швидкості обертання електродвигуна;

- Газозбірників гумовотканинних МР-Г-3 250 - 3 шт., виготовлених із газо- і рідинностійного непроникного електропровідного матеріалу;

- Системи збору і відкачування конденсату з газозбірників і газопроводу змонтованої в спеціальному приямку, що складається з двох послідовно з'єднаних конденсатівідвідників (К/О ОСД 1/2), бака збірника об'ємом - 1 м³, відцентрового насоса;



- Пульта керування режимами роботи ВСТКГ із сигналізаціями і блокуванням, розташованого на щиті КВПіА в приміщенні ГСПФ-45 1-й поверх.

Вентиляційні установки - осьовий витяжний вентилятор у трубі -33 на 2 поверсі будівлі газодувних машин, режим роботи безперервний. Осьовий витяжний вентилятор В-А на 1 поверсі будівлі газодувних машин у стіні над ОК-6, режим роботи періодичний у разі перевищення ГДК СО (появи загазованості), працює в автоматичному режимі.

Відділення стабілізації тиску коксового газу призначене для зниження нераціонального використання коксового газу, спалюваного під час кантувальних пауз у коксовому цеху, на ГСПФ-45.

Під час кантувальної паузи відбувається різке зниження споживання коксового газу, при цьому тиск у зворотному газопроводі коксового газу піднімається з 600 мм вод. ст. до 850 мм вод. ст. Щоб уникнути аварійних ситуацій при досягненні тиску 850 мм вод. ст. надлишки коксового газу скидаються на ГСПФ-45 з їх спалюванням. Для раціонального використання коксового газу у відділенні очищення газу змонтована система із застосуванням м'яких гумовотканинних резервуарів МР-Г-3 як газозбірників.

ВСТКГ складається з системи газопроводів Ду від 300 до 600 мм, обладнаних запірною арматурою і відсічними клапанами, багатоступневих турбокомпресорів ТГ-200, газозбірників гумовотканинних МР-Г-3-250 і системи збирання та відкачування конденсату з газозбірників і газопроводу. Загальний принцип дії ВСТКГ - надлишковий косовий газ під час перевищення тиску в газопроводі 800 мм вод. ст. під час кантувальних пауз, накопичується в газозбірниках МР-Г-3-250. Після завершення кантувальної паузи і зниження тиску в газопроводі, косовий газ багатоступневим турбокомпресором ТГ-200 відкачується з газозбірника в газопровід зворотного коксового газу і направляється споживачам.

Газозбірники гумовотканинні МР-Г-3 250 являють собою еластичну замкнену оболонку, виготовлену у вигляді подушки з декількох окремих капронових полотен, вкритих із внутрішньої сторони маслобензостійкою, а із зовнішньої - атмосферостійкою гумою.

Оболонка забезпечена арматурою для підключення газозбірника до комунікацій (трубопроводів) і для його обслуговування в процесі експлуатації. Конструктивне виконання, матеріал і сполучні шви полотен МР-Г-3 250 забезпечують герметичність, необхідну міцність і захист оболонки від старіння й атмосферного впливу. Газозбірники пристосовані для роботи в широкому діапазоні температур. Кріплення газозбірників до опор (якорів) здійснюється за допомогою ланцюгів, приєднаних до накладок газозбірника. [10]

Таблиця 1 Технічні характеристики газозбірника гумовотканинного МР-Г-3 250.

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1.	Номінальна місткість за газом	м ³	577,0
2.	Номінальна місткість по рідині	м ³	250,0
3.	Габаритні розміри в незаповненому розгорнутому стані: - довжина - ширина	мм мм	18 000 10 200
4.	висота заповнення парогазовою сумішшю	мм	6490
5.	Робочий тиск, не вище	мм в. ст.	50
6.	Маса упакованого в чохол, не більше	кг	1 450
7.	Інтервал температур під час експлуатації	°С	- 35... + 50

На рисунку 1.1 вказані оптимальні значення, актуальні за станом на травень 2020 року.

Наповнення МР-Г-3-250:

- «Зелена зона» - до 40 мм. вод. ст.;
- «Жовта зона» - від 41 до 50 мм. вод. ст.;
- «Червона зона» - більше 50 мм. вод. ст.

Час реагування клапанів ОК:

- «Зелена зона» - до 2 секунд;
- «Жовта зона» - від 3 до 4 секунд;
- «Червона зона» - більше 4 секунд.

Вставки завдання на пальниках ГСПФ-45 і відсічних клапанах ВСТКГ можуть змінюватися за завданням головного енергетика заводу представлені на рис 1.1.

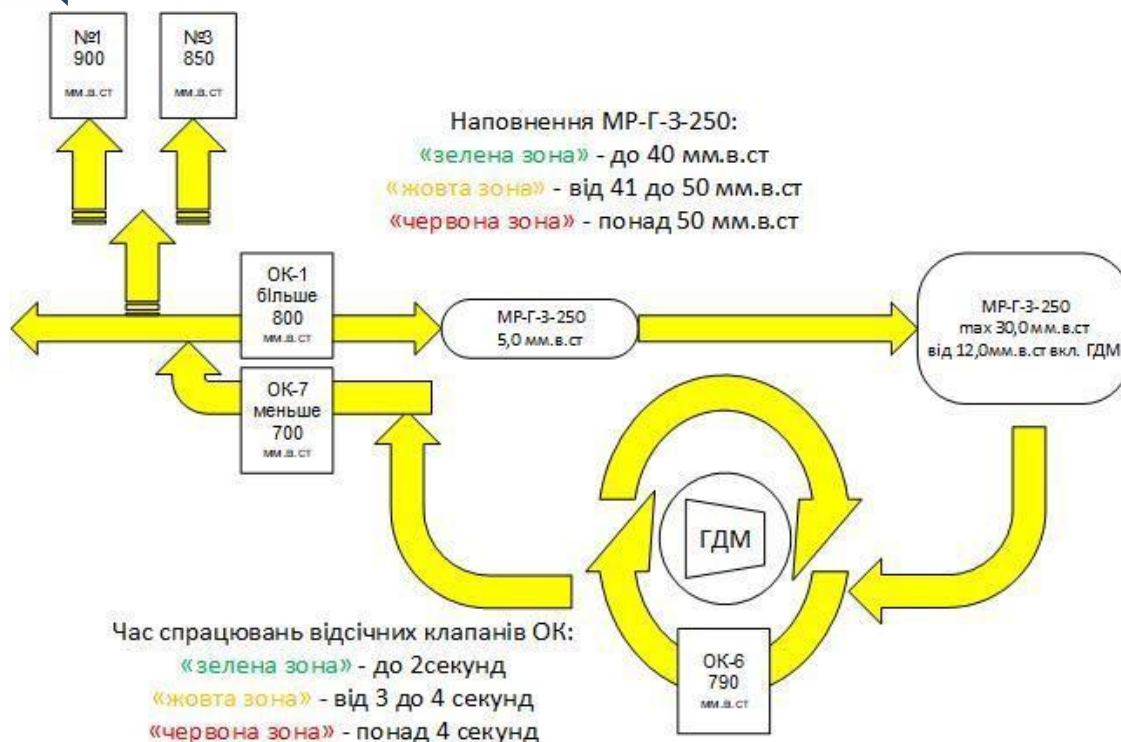


Рисунок 1.1 – Вставки завдання на пальниках ГСПФ-45 і відсічних клапанах ВСТКГ

ГСПФ-45 (газоскидний пристрій факельний, продуктивністю 45000 м³/год) призначений для автоматичного скидання і спалювання надлишків коксового газу, що утворюються у випадках оперативного або аварійного припинення приймання газу споживачами або при коливаннях виходу газу в часі в процесі коксування.

Газоскидний пристрій встановлено на відводі газопроводу (Ду-1000 мм) передавального очищеного коксовий газ на комбінат. Робота в штатному режимі ГСПФ-45 без спалювання газу (поворотний затвор QUADAX забезпечує герметичність на пальниках №1 і №3 в закритому положенні). Горіння коксового газу не повинно бути.

Управління ГСПФ-45 - автоматичне (з можливістю перемикання в ручний режим).


Обігрів газоскидних клапанів здійснюється в автоматичному режимі, кабелем що гріє. Забороняється проводити розігрів газоскидних клапанів відкритим вогнем.

До складу газоскидного пристрою ГСПФ-45 входять:

- підвідний газопровід Ду-1000 мм з запірною арматурою;
- газоскидна труба (свічка) Ду-1000 мм;
- газоскидні клапани Ду-400 мм обладнаними дефлекторами і майданчиком обслуговування.

Відведення конденсату з підвідного газопроводу та газоскидної труби проводиться в конденсатовідвідник №14.

Основним елементом ГСПФ-45, є газоскидна труба (свічка), яка встановлена в ґратчастій вежі. Ґратчаста вежа на позначці + 61 м має



майданчик, над яким встановлено екран для захисту конструкцій башти і обладнання від теплового випромінювання працюючих пальників ГСПФ-45.

Загальна висота газоскидних труб 70 метрів розрахована на умови допустимої теплової радіації факела полум'я на обслуговчий персонал і довколишнє обладнання, а також з урахуванням розсіювання шкідливих речовин, що містяться в продуктах горіння в атмосферному повітрі робочої зони і міста до відповідних санітарних норм.

На газоскидних клапанах змонтовані стояки, що закінчуються дефлекторами, що забезпечують повне і бездимне згоряння газу що скидається. Верхня частина газоскидних труб, стояки і дефлектори виконані з жаростійкої сталі.

ГСПФ-45 обладнано необхідною системою автоматизації і контролю для роботи в автоматичному режимі.

Постійно в роботі знаходиться пальник №1 і №3 на яких змонтовані поворотні затвори QUADAX з приводами ROTORK, при цьому один з пальників (№ 1 або №3) є працюючим (установчий тиск 850 мм. в. ст. *), а другий пальник – резервний (установчий тиск 950 мм. в. ст. *). Переведення пальників з робочого в резервний виконується згідно з завданням головного енергетика. Пальники №2 і №4, обладнані дросельними клапанами з приводом МЕО (механізм електричний одно оборотний) станом на грудень 2018 не експлуатуються і знаходяться в «холодному» резерві (на відводах Ду-400 мм дросельних клапанів №1 і №4 встановлені листові заглушки). Примітка: Позиції, відмічені «*» можуть бути змінені за завданням головного енергетика.

Управління відкриттям / закриттям клапанів №1 і №3 проводиться регуляторами типу МІК-21, які встановлені на фронтальній стінці панелі регулювання в приміщенні ГСПФ-45 1-й поверх. Імпульсні трубки і первинні датчики тиску «Сапфір» встановлено:


- пальник №1 - імпульсна трубка і первинний датчик розташовані на газопроводі «зворотного» коксового газу в районі над конденсатовідвідників № 14, вторинний прилад розташований в щитовій ГСПФ-45 на фронтальній стінці панелі регулювання (МІК-21);

- пальник №3 - імпульсна трубка і первинний датчик розташовані на газопроводі «зворотного» коксового газу в районі між скруббером № 3 і сховищем поглинального розчину (аварійне сховище), вторинний прилад розташований в щитовій ГСПФ-45 (Диск 250) і на фронтальній стінці панелі регулювання (МІК-21).

В шафу системи розпалу підключений кінцевий вимикач заслінки стану «закрито»[11].

1.4 Системи керування ВСТКГ:

Чинна система складеться з наступних систем:

- 
- керування ВСТКГ ПЛК ETI LOGIC-12HR-D 3 шт. які мають 56 дискретних входів та 32 дискретних виходи детально ознайомитись із ними можна у додатку В;
 - керування ГСПФ-45 регулятори МІК-21 кожен регулятор на свій пальник ГСПФ-45;
 - керування автоматичним підпалом пальників Smitsvonk під управлінням контролера Simiens S7-1200;
 - керування тиском на комбінаті регулятор МІК-21;
 - керування газодувними машинами частотний перетворювач Danfoss VLT FC 102;
 - газового контролю в зонах ВСТКГ;
 - газового контролю в зонах ГСПФ-45[5,6].

1.5 Недоліки наявної системи керування ВСТКГ:

Зараз система побудована на приладах КВП з релейними виходами сигнал з яких передається на програмований логічний контролер.


Наявна система має ряд недоліків:

- керування системами виконується трьома різними приладами КВП та А;
- на теперішньому ПЛК відсутні вхідні уніфіковані сигнали;
- відсутня візуалізація, реєстрація та архівація, процесу роботи системи;
- оператор не має можливості змінювати параметри завдання
- величезна кількість проміжних ланок у схемі управління, відмова одна з компонентів призведе до виходу зі стоячи системи загалом;
- відсутність можливості розширювати та доповнювати систему;
- немає можливості інтеграції до системи в автоматичну систему диспетчерського контролю;
- відсутня функція аварійної зупинки системи через переповнення газозбірників;
- відсутня функція контролю кількості спрацьовувань відсічних клапанів для виявлення зношення частин;
- не керуються частотні перетворювачі газодувних машин;
- вона працює в холосту більшу частину часу своєї роботи шляхом байпасування газу;
- відсутня функція контролю вібрації газодувних машин;
- відсутні блоки безперервного живлення.

1.6 Сучасні тенденції

Для поліпшення функціонала системи та усунення вищезазначених недоліків важливо впровадити модернізацію системи. Основні ідеї щодо технічного забезпечення системи включають:

Розширити функціонал системи автоматичного керування вібродіагностики на базі Siemens SIPLUS CMS для газодувних машин. Ця



система використовує алгоритми машинного навчання для аналізу вібраційних даних. Вона може збирати та аналізувати ці дані в реальному часі, а також протягом тривалого періоду для визначення тенденцій та виявлення потенційних проблем.

Система використовує такі алгоритми:

- Фільтрація. Використовується для вилучення небажаних компонентів з вібраційних даних, таких як шуми або нелінійні явища.
- Декомпозиція. Розкладає вібраційні дані на основні компоненти, полегшуючи аналіз та ідентифікацію аномалій.
- Вимірювання. Використовується для оцінки характеристик вібрацій, таких як амплітуда та частота.
- Класифікація. Визначає тип чи ступінь дефекту на основі вібраційних даних.

Ця технологія дозволяє неперервно моніторити вібрації газодувних машин, що допомагає передчасно припинити роботу системи за вказівкою від вібраційних показників. Це знижує ризик аварій та надає операторам час для вжиття заходів безпеки при виявленні аномалій.

Покращити системи підготовки осушеного повітря, які є ключовим елементом для ефективної роботи відсічних клапанів та зниження ризику корозії в системі розподілення повітря. Впровадження мембранних систем осушення дозволяє пропускати лише повітря, а не водяну пару, що призводить до значного зменшення витрат електроенергії.

Впровадити системи реєстрації відкриття та закриття відсічних клапанів за допомогою таких алгоритмів:

Алгоритм детекції переходу стану: Визначає, коли клапан переходить з одного стану в інший, використовуючи інформацію про положення клапана.

Алгоритм підрахунку спрацювань: Рахує кількість разів, коли клапан змінює свій стан.


Алгоритм визначення часу спрацювання: Визначає час, коли клапан переходить з одного стану в інший.

Ці алгоритми дозволяють системі реєстрації збирати та зберігати інформацію про стан клапанів. Ця інформація використовується для організації системи сповіщень оператора при:

Перевищенні кількості спрацювань клапана, що може вказувати на необхідність заміни або ремонту.

Перевищенні часу спрацювання клапана, що може свідчити про проблеми з відхиленням від норми.

Впровадження сучасних технологій автоматизації сприятиме значному покращенню безпеки, надійності та ефективності роботи відділення стабілізації тиску коксового газу, сприяючи ефективності та безпеці виробництва коксу.



2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Задачі автоматизації

2.1.1 Завдання управління

Основним завданням управління процесом підтримки тиску коксового газу в газопроводах нашого підприємства є вибір і забезпечення оптимального режиму роботи ВСТКГ. Цей режим має бути достатньо ефективним для підтримання тиску в системі газопроводів на мінімально допустимому рівні, що гарантує безпечне спалення газу на ГСПФ-45 при максимальному збереженні газу та поверненні його в систему.

Однією з ключових задач контролю та регулювання є збереження тиску коксового газу в заданих параметрах. Нам важливо підтримувати тиск на визначеному рівні, використовуючи механізми закачування та викачування надлишкового газу у газозбірники. Це дозволяє дотримуватися оптимального режиму в газопроводах та уникає спалення коксового газу на ГСПФ-45, запобігаючи при цьому створенню підпору на виході газодувних машин.

Регулювання тиску коксового газу виконується шляхом збереження надлишкового газу у газозбірниках ВСТКГ, його спалення на ГСПФ-45 та передачі коксового газу на комбінат.

Ще однією важливою задачею є контроль та регулювання тиску коксового газу в газозбірниках. Ми маємо підтримувати тиск у газозбірниках на рівні від 4 до 20 мм.вод.ст. для уникнення злипання та розриву м'яких газозбірників. Для досягнення цієї мети використовуються відсічні клапани, які регулюють тиск у робочому просторі шляхом відкриття чи закриття.

Таким чином, управління тиском коксового газу містить комплекс завдань, що спрямовані на оптимізацію роботи системи та забезпечення безперебійності її функціонування.

2.1.2 Завдання контролю та регулювання тиску коксового газу в заданих параметрах.

Завдання контролю та регулювання тиску коксового газу визначається в межах діапазону від 300 до 800 мм. водяного стовпа. У цьому діапазоні газ постачається споживачам. Однак, під час катованої паузи, коли споживання газу коксовою батареєю припиняється, тиск в магістралі може підвищитися понад 800 мм. водяного стовпа.

Кантувальні паузи проводяться на трьох коксових батареях із частотою кожні 20 хвилин. КБ-5 та КБ-6 мають кантувальну паузу тривалістю 1 хвилина, тоді як КБ-2 має кантувальну паузу тривалістю 2

хвилини. За годину проходить 9 кантувальних пауз загалом на тривалість 12 хвилин.

Графік тиску коксового газу під час кантувальних пауз відображений на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 Графік тиску коксового газу на кантувальних паузах.

При перевищенні тиску вище 800мм.в.ст починає працювати ВСТКГ що відображається на рис.2.2.

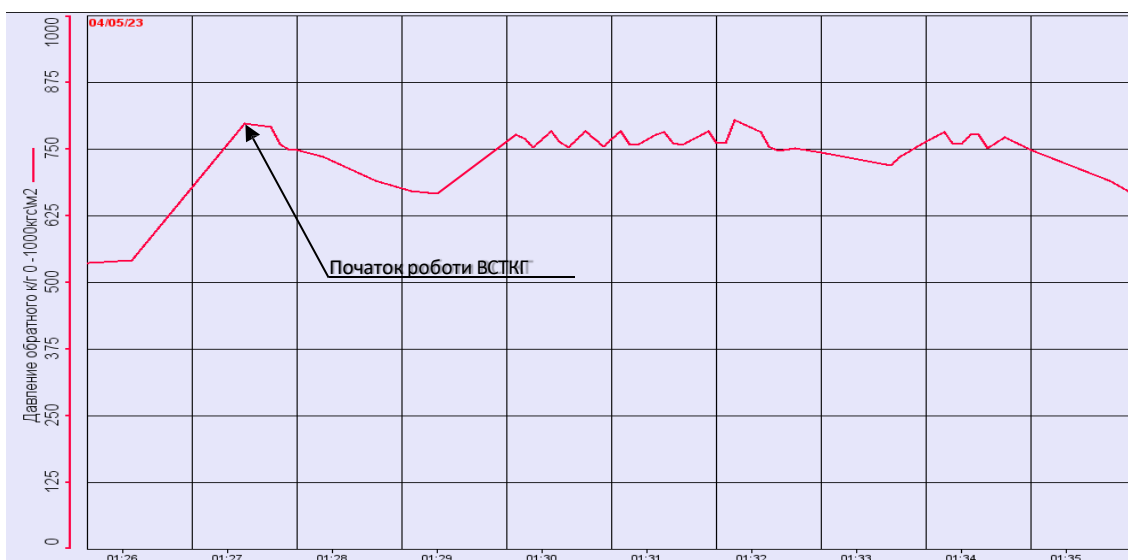



Рисунок 2.2 Графік тиску коксового газу під час роботи ВСТКГ.

В разі потреби регулювання тиску на ГСПФ-45 використовуються спеціальні регулювальні клапани. Оскільки тиск в системі може динамічно



зростати та зменшуватися, використання ПІД-регулятора є необхідним для ефективного контролю та стабілізації тиску.

Таким чином, завдання з контролю та регулювання тиску коксового газу включає містить ефективне управління кантувальними паузами, вчасне втручання ВСТКГ при перевищенні тиску та використання регулювальних клапанів для забезпечення сталого тиску в системі.

2.1.3 Завдання контролю та регулювання тиску коксового газу в газозбірниках.

Завдання контролю та регулювання тиску коксового газу в газозбірниках вирішується за допомогою ВСТКГ, і для цього вистачає використання двопозиційного регулятора. Основна причина такого вибору полягає в особливостях системи, де використовуються клапани, що працюють виключно як відсічні (відкриття/закриття), а не регулювальний.

У випадку системи ВСТКГ, де використовуються клапани з обмеженими можливостями регулювання і здатні лише до повного відкриття або закриття, використання двопозиційного регулятора є ефективним і досить достатнім для досягнення необхідного контролю тиску коксового газу в газозбірниках.

Цей підхід дозволяє забезпечити стабільність тиску у системі, контролювати ефективність роботи газозбірників та забезпечувати оптимальні умови для експлуатації ВСТКГ. Такий регулятор відмінно пристосовується до специфіки системи та гарантує ефективне виконання завдань контролю та регулювання тиску коксового газу.


2.1.4 Завдання евакуація коксового газу із газозбірників за допомогою частотних перетворювачів.

Для вирішення завдання евакуації коксового газу із газозбірників за допомогою частотних перетворювачів у системі контролю та регулювання обертів газодувних машин, необхідно виконати кілька ключових кроків.

Встановлення додаткового датчика тиску: Розміщення додаткового датчика тиску на нагнітанні газодувних машин (ГДМ) дозволить отримувати інформацію про тиск в магістралі заводу та тиск на нагнітанні. Це є важливим елементом для ефективного контролю та регулювання процесу.

Використання ПІД-регулятора: ПІД-регулятор (пропорційний-інтегральний-диференційний) використовується для оптимального керування системою на основі зворотного зв'язку. В такому випадку, він використовує інформацію від датчика тиску для порівняння тиску в магістралі та на нагнітанні ГДМ.

Регулювання обертів частотним перетворювачем ГДМ: На основі сигналу від ПІД-регулятора частотний перетворювач ГДМ регулює оберти газодувних машин. Це дозволяє оптимально контролювати вивільнення коксового газу та забезпечує стабільність процесу евакуації.



Застосування цієї інтегрованої системи контролю дозволяє ефективно керувати евакуацією коксового газу, уникати перевищень тиску, та забезпечити оптимальну роботу газодувних машин. Такий підхід сприяє енергоефективності та оптимальному використанню ресурсів у виробничому процесі.

2.2 Основні задачі АСУТП

Система управління ВСТКГ повинна складатися з шести підсистем та внутрішніх блоків докладніше можна ознайомитись на кресленні «Взаємозв'язок функціональних задач»

2.2.1 Підсистема нижнього рівня:

Інформаційний зв'язок з верхнім рівнем: Цей блок забезпечує обмін даними та інформацією між підсистемою нижнього рівня та верхнім рівнем системи. Він відповідає за передачу інформації, комунікаційні протоколи, забезпечення надійності та безпеки передачі даних.

Регулювання. Цей блок відповідає за керування параметрами та процесами системи. Він забезпечує регулювання величин, таких як температура, тиск, швидкість тощо, для забезпечення потрібного режиму роботи системи.

Сигналізація. Цей блок включає механізми для виявлення та передачі сигналів про стан системи. Він використовує датчики та інші пристрої для виявлення аномалій, несправностей або критичних станів і генерує відповідні сигнали або повідомлення для сповіщення операторів або інших підсистем.

Масштабування і фільтрація. Цей блок включає механізми для обробки, масштабування та фільтрації сигналів та даних з датчиків. Він забезпечує адаптацію сигналів до потрібного діапазону значень, виконує фільтрацію шумів або непотрібних сигналів, а також може виконувати підсумовування або статистичний аналіз даних.

Опитування датчиків. Цей блок включає механізми для опитування датчиків та отримання даних з них. Він встановлює зв'язок з датчиками, запитує їх на наявність свіжих даних та отримує відповіді зі значеннями, що вимірюються. Цей блок забезпечує актуалізацію інформації з датчиків та постачає ці дані до інших блоків системи для подальшої обробки.

Блокування. Цей блок включає механізми для контролю доступу та блокування певних операцій або процесів в системі. Він забезпечує захист від несанкціонованого доступу, виконує контроль цілісності даних та запобігає виконанню небажаних дій.

Захист. Цей блок відповідає за забезпечення безпеки та захисту системи. Він включає механізми для виявлення та запобігання кібератак, захисту від несправностей або витоку даних, а також забезпечує конфіденційність, цілісність та доступність інформації.



2.2.2 Інформаційна підсистема.

Обмін інформацією з іншими АСУТП. Цей блок забезпечує обмін даними та інформацією з іншими автоматизованими системами управління та контролю процесами такими як АСДК диспетчера підприємства. Він використовує комунікаційні протоколи та мережеві засоби для передачі даних між різними системами та забезпечує синхронізацію та взаємодію між ними.

Журнали подій. Цей блок включає механізми для запису та збереження журналів подій. Він дозволяє фіксувати важливі події, помилки, стан системи та виконані дії для наступного аналізу, моніторингу та відновлення стану системи.

Моніторинг стану системи: Цей блок відповідає за нагляд та контроль. Він забезпечує постійний моніторинг стану процесів, датчиків, виконавчих механізмів та інших компонентів системи.

Інформаційний зв'язок з нижнім рівнем: Цей блок забезпечує обмін інформацією між інформаційною підсистемою та підсистемою нижнього рівня, яка включає контрольні та виконавчі пристрої. Він забезпечує передачу команд, даних та статусів між цими двома рівнями, дозволяючи інформаційній підсистемі контролювати та моніторити роботу нижнього рівня.

2.2.3 Підсистема управління

Алгоритми керування: Цей блок включає логіку та алгоритми, які визначають спосіб управління системою. Він виконує розрахунки та приймає рішення щодо керуючих впливів на основі вхідних даних та поставлених завдань. Алгоритми керування можуть бути реалізовані як програмні алгоритми, логічні правила або математичні моделі.


Розрахунок керуючих впливів: Цей блок виконує розрахунок конкретних значень керуючих впливів, які потрібно застосувати до виконавчих механізмів для досягнення бажаного стану системи. Розрахунок може базуватися на реал-часовому аналізі даних, фізичних моделях, статистичних методах та інших алгоритмах.

2.2.4 Підсистему запуску та перезапуску

Блок запуску перезапуску системи є важливою складовою взаємозв'язку функціональних задач. Він включає кілька етапів, що допомагають забезпечити ефективну працездатність систем

Завантаження початкових блоків: Цей блок відповідає за завантаження початкових блоків програмного забезпечення або конфігураційних даних, необхідних для запуску системи. Він виконує процедури ініціалізації та підготовки системи до подальшої роботи.

Запуск: після завантаження початкових даних система йде у режим запуску. Це включає ініціалізацію різних компонентів, модулів та служб, необхідних для роботи системи. Цей етап може включати перевірку



компонентів на наявність помилок, встановлення необхідних з'єднань та налаштувань

Синхронізація в пам'яті ЕОМ обчислювального і технологічного процесів: Цей блок відповідає за забезпечення синхронізації між обчислювальними процесами та технологічними процесами, що відбуваються в системі. Він забезпечує правильну послідовність та взаємодію між цими процесами, що є важливим для стабільної та безперебійної роботи системи. Деякі дані можуть бути фізично збережені на диску або в інших джерелах, і для надійності вони повинні бути завантажені в пам'ять комп'ютера для подальшої обробки. Цей етап також допомагає забезпечити консистентність даних та установити поточний стан системи.

Перезапуск: цей етап є завершальною частиною блоку запуску перезапуску системи. Він включає завершення поточного сеансу роботи системи, виконання необхідних дій для збереження даних та схожих задач. Після перезапуску система готова до подальшої роботи з новими налаштуваннями, даними та станом.

Взаємозв'язок між цими функціональними задачами полягає в тому, що кожен етап покладається на попередній, і належне виконання кожного з них гарантує успішний запуск та перезапуск системи.

2.2.5 Підсистема діагностики обладнання


Аналіз стану обладнання: Цей блок включає алгоритми та методи аналізу, які використовуються для діагностики обладнання. Вони обробляють отримані дані з датчиків і виявляють відхилення, аномалії чи відмови в роботі обладнання. Їх головна функція полягає в ідентифікації потенційних проблем та аномалій в роботі обладнання.

Візуалізація та відображення стану обладнання: Цей блок включає інтерфейси та засоби для візуалізації даних про стан обладнання. Він може включати графічні діаграми, графіки, таблиці та інші візуальні елементи, що демонструють стан обладнання, його параметри та відхилення. Візуалізація допомагає операторам та технічному персоналу швидко сприймати та аналізувати інформацію про стан обладнання.

Система сповіщень та тривоги: Цей блок відповідає за систему сповіщень та алармі, яка інформує операторів або відповідальний персонал про виявлені проблеми або небезпеки в роботі обладнання. Він може включати механізми сповіщення, такі як звукові тривоги, візуальні сигнали, повідомлення на екрани моніторів. Функція цього блоку полягає в оперативному сповіщенні персоналу про проблеми, що потребують уваги або негайного втручання.

2.2.6 Підсистема ведення баз даних

База даних: Цей блок включає сукупність даних, які зберігаються та управляються системою. База даних містить інформацію про параметри,



стан та інші важливі дані, пов'язані з обладнанням та процесами. Вона забезпечує структуроване збереження даних та може включати таблиці, схеми, зв'язки та інші об'єкти бази даних.

Архівування та аналіз даних: Цей блок відповідає за зберігання і архівування даних, а також за їх аналіз. Він забезпечує збереження історичних даних та здатність аналізувати їх для виявлення тенденцій, паттернів чи аномалій. Цей блок може включати функції аналітики даних, статистичного аналізу, знаходження взаємозв'язків між даними та інші аналітичні можливості.

Механізм збереження і відновлення: Цей блок відповідає за механізми збереження даних та їх відновлення у разі втрати або пошкодження. Він забезпечує надійне збереження даних та може включати механізми резервного копіювання, міграції даних, реплікації та інші методи забезпечення доступності та цілісності даних.


Керування доступом: Цей блок відповідає за управління доступом до бази даних та її об'єктів. Він контролює права доступу користувачів, ролей та груп до різних частин бази даних.

Організація діалогу з оператором: Цей блок забезпечує взаємодію користувача з базою даних. Він надає зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє користувачам виконувати різні операції з базою даних, такі як пошук, вставка, оновлення, видалення даних і т.д. Інтерфейси користувача можуть бути графічними (наприклад, веб-інтерфейс або програми з графічним інтерфейсом), текстовими або командними рядками, залежно від потреб користувачів та специфікацій системи.

2.3 Концепція роботи системи

Концепція модернізації системи управління спрямована на створення інтегрованої, ефективної та безпечної платформи, яка враховує сучасні вимоги промисловості та забезпечує великий рівень автоматизації та контролю. Основні принципи концепції включають:

- Об'єднання керування системами в єдину централізовану систему, що значно скорочує кількість компонентів та забезпечує більшу надійність.
- Створення інтерфейсу візуалізації для оператора, що надає можливість в режимі реального часу спостерігати за роботою системи.
- Впровадження системи реєстрації та архівації даних для подальшого аналізу та вдосконалення роботи системи.
- Розробка модульної системи, яка легко розширюється та адаптується до нових вимог та технологій.
- Додавання системи вібродіагностування для постійного моніторингу вібрації газодувних машин.

- 
- Аналіз та ідентифікація аномалій у вібрації для передбачення можливих поломок та попередження аварій.
 - Додавання автоматизованої функції аварійної зупинки для миттєвого реагування на критичні ситуації.
 - Впровадження системи контролю газозбірників для уникнення переповнення та забезпечення безпеки експлуатації.
 - Визначення та контроль кількості спрацьовувань відсічних клапанів для попередження можливих поломок.
 - Підключення частотних перетворювачів для контролю та оптимізації роботи газодувних машин.
 - Додавання блоків безперервного живлення для забезпечення стабільності роботи системи навіть у випадку відключення електроенергії.
 - Створення інтерфейсів для взаємодії з системою диспетчерського контролю, що полегшить моніторинг та управління.
 - Ця концепція модернізації не лише виправить існуючі недоліки системи управління, а й створить новий рівень автоматизації, надійності та ефективності, відповідаючи сучасним вимогам промисловості та підвищуючи загальну продуктивність підприємства.

2.4 Обґрунтування та вибір технічних рішень щодо модернізації системи.

Концепція модернізації системи управління спрямована на створення інтегрованої, ефективною та безпечною платформи, що враховує сучасні вимоги промисловості та забезпечує високий рівень автоматизації та контролю. Основні принципи концепції враховують потреби підприємства та розробляються з метою усунення чинних недоліків. Обґрунтуємо вибір технічних рішень для реалізації цієї концепції.

Об'єднання керування в єдину централізовану систему зменшить кількість компонентів, що підвищить загальну надійність системи та спростить її управління. Інтеграція систем керування в єдину централізовану платформу на базі розподіленої системи управління.


Створення інтерфейсу візуалізації для оператора.

Операторам необхідно мати зручний інструмент для спостереження за системою в реальному часі.

Впровадження системи реєстрації та архівації даних:

Збір та аналіз історичних даних дозволить вдосконалити роботу системи та уникнути проблем. Використання сучасної системи реєстрації та архівації даних для ефективного моніторингу та аналізу.

Модульність системи дозволить швидко адаптувати систему до нових технологій та вимог. Розробка модульної структури системи, яка легко розширюється та вдосконалюється.



Постійний моніторинг вібрації дозволить передбачати можливі поломки та уникнути аварій.

Автоматизована функція аварійної зупинки допоможе миттєво реагувати на критичні ситуації та забезпечить безпеку експлуатації.

Впровадження системи контролю газозбірників дозволить уникнути переповнення та забезпечення безпеки експлуатації.

Ці технічні рішення відповідають основним принципам концепції модернізації та спрямовані на створення інтегрованої, ефективної та безпечної системи управління, що задовольняє вимоги сучасної промисловості та підвищує загальний рівень автоматизації та контролю.



3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації апаратної частини проекту АСУТП

3.1.1 Технічні засоби системи керування.

Система автоматизації для управління процесом ВСТКГ на кресленні «Схема автоматизації» передбачає використання високоефективного контролера S7-1513-1 PN, який має в своєму арсеналі широкий спектр функцій для забезпечення точного та ефективного управління. Вибір даного контролера обумовлений його потужністю та можливістю взаємодії з різноманітними вхідними та вихідними модулями, що робить його ідеальним рішенням для високотехнологічних виробничих процесів.

Блок живлення PS 60W 24/48/60VDC HF виступає важливим компонентом системи, надаючи стабільну електроенергію з різних джерел напруги, таким чином гарантуючи безперебійне живлення контролера та всіх його модулів. Забезпечення надійності живлення є важливим аспектом у виробничих умовах, де непередбачувані перерви можуть призвести до втрат продуктивності та негативно позначитися на ефективності обладнання.

Вхідні та вихідні модулі, встановлені у системі, визначаються з урахуванням конкретних потреб автоматизованого процесу ВСТКГ. Модулі Analog Input S7-1500, AI 16xI BA 6ES7 531-7MH00-0AB0 дозволяють зчитувати аналогові сигнали з датчиків та інших джерел, надаючи точні дані для подальшого аналізу та контролю. Модуль Analog Output S7-1500, AQ 4xU/I ST 6ES7 532-5HD00-0AB0, в свою чергу, забезпечує точне регулювання аналогових величин, що є критичним у процесах, де точність та стабільність вирішальні для досягнення оптимальних результатів.

Дискретні вхідні та вихідні модулі, такі як Digital Input S7-1500, DI 64x24 VDC SNK/SRC BA 6ES7 521-1BP00-0AA0 та Digital Output S7-1500, DI 32x24 VDC/0.5A BA 6ES7 522-1BL10-0AA0, відповідають за обробку цифрових сигналів, що робить їх невіддільною частиною системи контролю в реальному часі. Зазначена кількість вхідних та вихідних каналів визначена на основі конкретних потреб ВСТКГ, а також з урахуванням можливості подальшого розширення системи перелік сигналів у додатку Г.

Загальна структура системи забезпечена таким чином, щоб забезпечити ефективний контроль, максимальну надійність та можливість легкої модернізації в майбутньому [18].

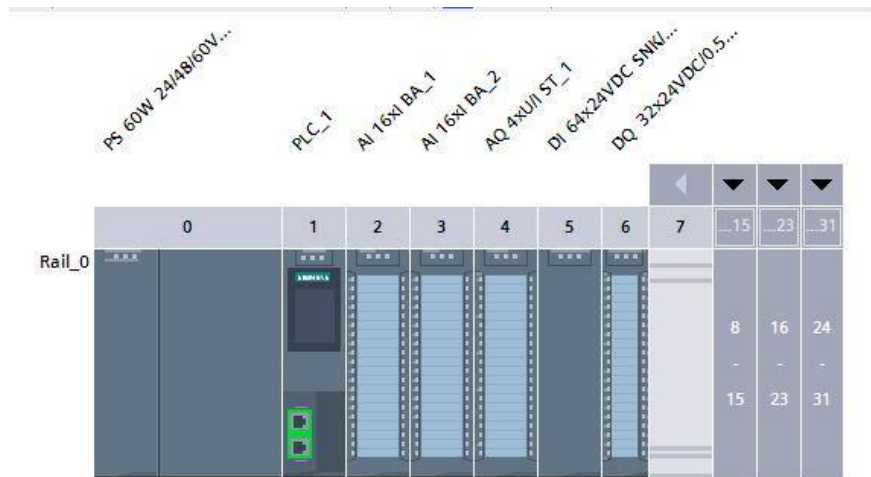


Рисунок 3.1 – Загальний вид контролера та модулів вводу виводу

3.1.2 Технічні засоби система вібраційного моніторингу:

Система вібраційного моніторингу буде побудована на основі передової технології вібраційного діагностування. Для забезпечення ефективного функціонування цієї системи, буде встановлено по три датчики вібрації Siemens SIPLUS CMS2000 VIB-Sensor S01 на кожний підшипник. Це дозволить вимірювати віброприскорення в трьох вісях (X, Y, Z), що є ключовим для комплексного аналізу стану обладнання.

У якості центральної частини системи використовуватиметься контролер Siemens S7-1200 1217C, який буде інтегрований із модулями CMS1200 SM1281. Кожен модуль має 4 канали для підключення датчиків віброприскорення, а для двох газодувних машин буде використано 8 модулів, забезпечуючи тим самим необхідну кількість каналів для вимірювань[12] Такий підхід дозволяє мати запасні канали, готові при необхідності замінити випадково вийнятий з ладу модуль, перелік сигналів у додатку Д.

Забезпечення надійного з'єднання датчиків із модулями здійснюється за допомогою спеціалізованих кабелів SIPLUS CMS2000 CABLE-MIL-300 в кількості 24 штук. Ці кабелі відповідають високим вимогам якості передачі сигналу та надійності з'єднань, що є критичним для точних вимірювань в умовах високих вібрацій та експлуатації.

Для взаємодії системи вібраційного моніторингу з системою керування використовуватиметься кабель PROFINET, що гарантує високу швидкість передачі даних до 100 Мбіт/с. Максимальна довжина цього кабелю, яка становить 200 метрів, не перевищує проектну відстань 150 метрів між шафою вібраційного моніторингу та шафою системи управління.

Загальний вигляд контролера та модулів вводу-виводу системи вібраційного моніторингу представлено на рисунку 3.2, де виділяється модульність та можливість легкого розширення систем.



Рисунок 3.2 – Загальний вид контролера та модулів вводу виводу

3.1.3 Технічні засоби архівування та відображення технологічного процесу.

Для впровадження ефективного керування системою АСУТП ВСТКГ в приміщенні майстерень головного корпусу ЦСО заплановано встановлення промислового ПК SIMATIC IPC627D PB. Цей пристрій об'єднує високу продуктивність і компактні розміри, що робить його ідеальним для використання в виробничих умовах.

Характеристики промислового ПК SIMATIC IPC627D PB містить:

Процесор Intel Core i5-12400 (6 ядер, 12 потоків, частота до 4,4 ГГц)

Оперативна пам'ять DDR4 до 64 ГБ

Накопичувач SSD M.2 до 2 ТБ

Графічний адаптер Intel UHD Graphics 750


Інтерфейси: Ethernet, USB, RS-232, RS-485, VGA, HDMI, DisplayPort

Сумісність з операційними системами Windows 10 64-Bit, Windows Server 2016, Windows 7 (7 32-Bit SP1, 64-Bit SP1), Windows Server 2008 R2 64-Bit SP1

Опір екстремальним умовам: температура від -20 до 60 °С, вологість до 95%

Відповідність стандартам промислової безпеки: IEC 61850, EN 61869-1, EN 62366

Переваги використання IPC627D PB має високу продуктивність завдяки процесору Intel Core i5-12400, який дозволяє використовувати його для керування виробничими процесами, збору даних і візуалізації. Також важливо відзначити відповідність пристрою стандартам промислової безпеки, що робить його надійним у складних умовах експлуатації.



У процесі автоматизації та візуалізації технологічного процесу використовуватиметься панель оператора TP1500 Comfort PRO. Цей промисловий сенсорний термінал забезпечить зручний доступ та моніторинг виробничих процесів. Основні характеристики панелі включають:

Кольоровий дисплей із діагоналлю 15" (43 см)

Роздільна здатність дисплея 1280x1024 пікселів

Сенсорний екран

Інтерфейси: Ethernet, PROFINET, USB, RS-232, RS-485

Сумісність з операційними системами Windows CE 6.0, Windows Embedded Standard 7

Відповідність стандартам промислової безпеки: IEC 61850, EN 61869-1, EN 62366


TP1500 Comfort PRO вирізняється високою роздільною здатністю, сенсорним екраном для зручного інтерфейсу та широким набором інтерфейсів для підключення різних пристроїв. Відповідність стандартам промислової безпеки робить її надійною та безпечною в умовах виробництва. TP1500 Comfort PRO може бути використаний в різних промислових застосунках, таких як управління виробничими процесами, збір даних, візуалізація, автоматизація та безпека. Ця панель оператора забезпечить оператору зручний доступ до керування процесом безпосередньо з операторської.

3.1.4 Технічні засоби організації мережі.

Об'єднання контролерів та промислових ПК в єдину мережу в системі автоматизації та управління технологічними процесами (АСУТП) відіграє визначальну роль у забезпеченні високої ефективності та надійності функціонування. Це технічно складний процес, що містить інтеграцію різноманітних компонентів, таких як датчики, контролери, виконавчі пристрої та промислові ПК, у єдину мережу з використанням Ethernet-комутатора.

Інтеграція пристроїв у єдину мережу дозволяє забезпечити централізоване керування та моніторинг виробничого процесу. Це робить можливим зручне та ефективне відстеження стану обладнання, виявлення неполадок та прийняття швидких рішень для забезпечення нормального функціонування. Використання високошвидкісних мереж, таких як Ethernet, гарантує швидкий та ефективний обмін даними, що сприяє вчасному реагуванню на зміни в технологічному процесі та управлінню обладнанням.

Забезпечення надійності в системі досягається завдяки створенню резервних шляхів та механізмів автоматичного відновлення в єдиній мережі. Це ефективно зменшує ризик зупинки системи у випадку відмови одного з елементів. Крім того, використання високотехнологічних мереж



дозволяє впроваджувати заходи забезпечення безпеки та захисту інформації, що актуально в умовах сучасних кіберзагроз.

Для побудови надійної мережі рекомендується використовувати промислові комутатори, які відповідають стандартам витривалості та надійності, спеціально розроблені для промислових умов виробництва. Оптимальний вибір топології та розподіл завдань між пристроями є ключовими аспектами для забезпечення ефективної та безперебійної роботи системи АСУТП.

Для здійснення об'єднання пристроїв в мережу, Siemens SCALANCE XB008-1C та SCALANCE XB004-1C, некеровані Ethernet-комутатори промислового призначення, виявляються відмінними виборами. Забезпечуючи 4 порти RJ45 10/100 Мбіт/с, ці комутатори не потребують складної настройки, автоматично з'єднуються з під'єднаними пристроями та відповідають високим промисловим стандартам, включаючи робочий діапазон температур від -10°C до +60°C та високу стійкість до вібрацій та ударів. Живлення 24 В AC/DC дає змогу гнучко підключати їх до різних джерел енергії, що робить їх ідеальним вибором для промислових умов.

Ці Ethernet-комутатори грають ключову роль у створенні стійкої та ефективної мережевої інфраструктури, об'єднуючи різні пристрої в єдину систему. Їхня високопродуктивність та надійність роблять їх важливим елементом для забезпечення безперебійної передачі даних у промисловому середовищі.

Важливо відзначити, що об'єднання контролерів та промислових ПК в мережі забезпечує не лише збільшення продуктивності, але і сприяє зменшенню витрат на обслуговування та управління системою. Це досягається завдяки централізованому моніторингу та управлінню, що дозволяє ефективно планувати та виконувати роботи з обслуговування та налагодження обладнання.

Успішне об'єднання пристроїв у єдину мережу передбачає також використання високоякісних кабелів та з'єднувачів для забезпечення стійкого і надійного з'єднання між пристроями. Важливим елементом є вибір оптимальної топології мережі, яка враховує фізичні характеристики виробничого приміщення та сприяє оптимальній передачі даних, детально зі структурою можна ознайомитись на кресленні "Структурна схема».

Загальною метою є створення інфраструктури, яка сприяє збору, обробці та передачі даних з високою ефективністю та точністю. Це відкриває широкі можливості для вдосконалення виробничих процесів, збільшення продуктивності та забезпечення безперебійної роботи систем автоматизації.

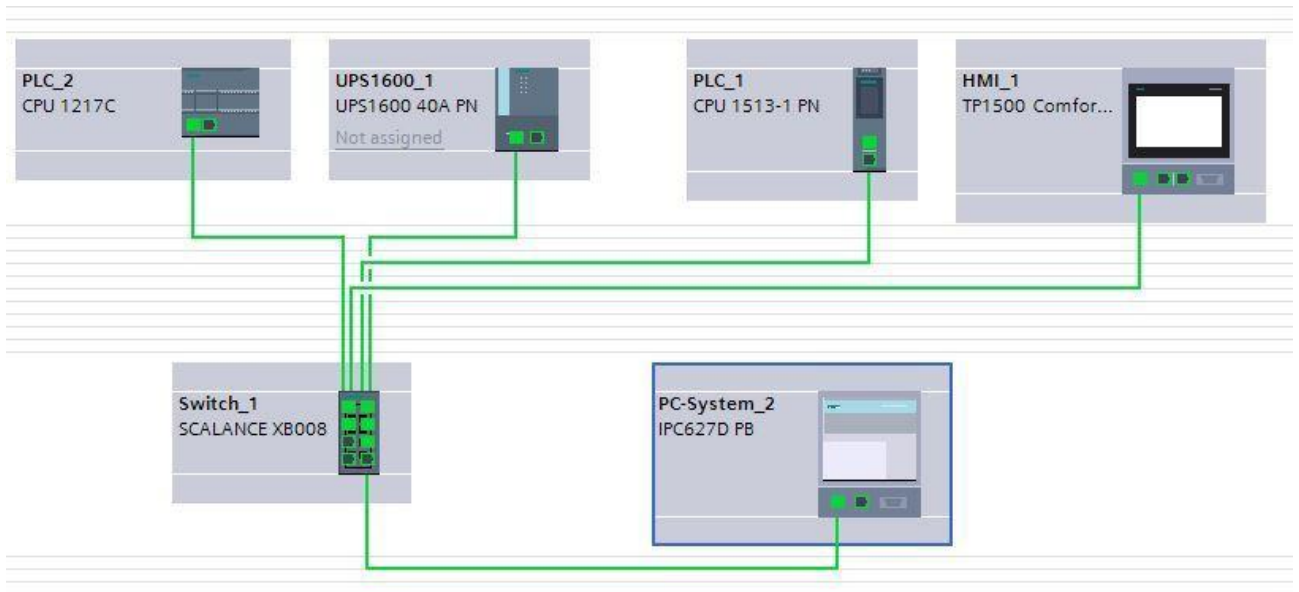


Рисунок 3.3 – Загальний вид мережі.

3.1.5 Технічні засоби організації безперебійного живлення.

Використання джерел безперебійного живлення (ДБЖ) у системах автоматизації та управління технологічними процесами (АСУТП) є ключовим аспектом для забезпечення безперебійної та стабільної роботи критичних систем. Однією з основних причин використання ДБЖ є необхідність забезпечення живлення під час вимкнення основного джерела електроенергії, що може виникнути через різноманітні фактори, такі як аварії в енергосистемі, перебої в роботі електромережі чи технічні несправності.

У даному проекті використовується джерело безперебійного живлення Siemens UPS1600 у поєднанні з батареєю BAT1600 Pb 24V 38Ah. Це забезпечує надійний захист критично важливих додатків в промисловому середовищі. UPS1600 має численні функції, що роблять його важливим елементом системи безперебійного живлення:

Чиста синусоїдальна форма напруги: UPS1600 забезпечує стабільну та чисту синусоїдальну форму вихідної напруги, що є важливим для правильної роботи промислового устаткування.

Безперебійне живлення: У випадку відключення основного джерела живлення UPS1600 автоматично переходить на роботу від батареї, забезпечуючи неперервне живлення підключених пристроїв.

Захист від перевантаження, короткого замикання та перенапруги: UPS1600 виконує функції захисту від різних аномалій у мережі, таких як перевантаження, коротке замикання, перенапруга тощо, що допомагає уникнути пошкодження обладнання.

Захист від зниженої напруги: UPS1600 також захищає підключені пристрої від неправильних коливань напруги, що може виникнути під час зниження напруги в мережі.

Ці функції дозволяють уникнути потенційних ризиків та зберегти надійність та продуктивність системи АСУТП, навіть у випадках непередбачуваних ситуацій з електропостачанням.

3.2 Проектування САР скиду газу на газоскидному пристрої

3.2.1 Розрахунок регулятора тиску коксового газу в заданих параметрах.

Розглянемо основні формули які використовуються для розрахунку регулятора тиску коксового газу в заданих параметрах. Цей розрахунок базується на використанні методу найменших квадратів для підбору оптимальних параметрів регулятора.

1. Функція для моделі інерційної ланки:

$$f(t) = K * (1 - \exp(-\frac{t}{T_1})) * (1 - \exp(-\frac{t}{T_2})) + T_3 \quad (2.1)$$

$f(t)$ - значення функції в часовий момент t ,

K - коефіцієнт,

T_1, T_2, T_3 - параметри моделі.

Ця функція є апроксимацією тиску коксового газу на заводі з часом.

2. Метод найменших квадратів для апроксимації:

$$J = \sum_{i=1}^N [y_i - f(t_i, K, T_1, T_2, T_3)]^2$$

J - функціонал якості, який мінімізується,

y_i - експериментальні значення тиску,

$f(t_i, K, T_1, T_2, T_3)$ - теоретичні значення тиску за моделлю.

Метод найменших квадратів дозволяє підібрати такі значення параметрів K, T_1, T_2, T_3 , які забезпечують оптимальне відповідання моделі реальним експериментальним даним.

2. Перехідна функція інерційної ланки:

$$C(s)/R(s) = \frac{K}{(1 + T_1 s) * (1 + T_2 s) * (1 + T_3 s)}$$

$C(s)/R(s)$ - передавальна функція системи у частотному домені,

K - коефіцієнт передачі,

T_1, T_2, T_3 - часові константи моделі.

Ця функція визначає, як система реагує на вхідний сигнал у частотному домені.

В якості початкових даних візьмемо данні з приладу реєстрації тиску коксового газу на завод (таб.3.1)

Таблиця 3.1 Тиск коксового газу на завод

Час за діаграмою	Час, с	Тиск, мм.в.ст.
1:25:52	0	538
1:25:57	5	538
1:26:02	10	541
1:26:07	15	541
1:26:12	20	560
1:26:17	25	584
1:26:22	30	603
1:26:27	35	620
1:26:32	40	638
1:26:37	45	656
1:26:42	50	676
1:26:47	55	697
1:26:52	60	718
1:26:57	65	739
1:27:02	70	758
1:27:07	75	778
1:27:12	80	798
1:27:17	85	796
1:27:22	90	791
1:27:27	95	791

Для розрахунку та візуалізації параметрів регулятора тиску коксового газу в MATLAB можна скористатися наступним кодом, який використовує метод найменших квадратів та пакет Control System Toolbox для аналізу і моделювання систем автоматичного регулювання представлений у додатку Е.

Цей код використовує функцію `lsqcurvefit` для підбору параметрів моделі, а потім створює передаточну функцію та візуалізує результати апроксимації та перехідну функцію. Область оптимізації визначається параметром `initial_params`, який може бути налаштований відповідно до вашої конкретної задачі.

В результаті отримали наступні коефіцієнти:

$K = 299.3593$

$T_1 = 37.8307$

$T_2 = 36.5865$

$T_3 = 528.6044$

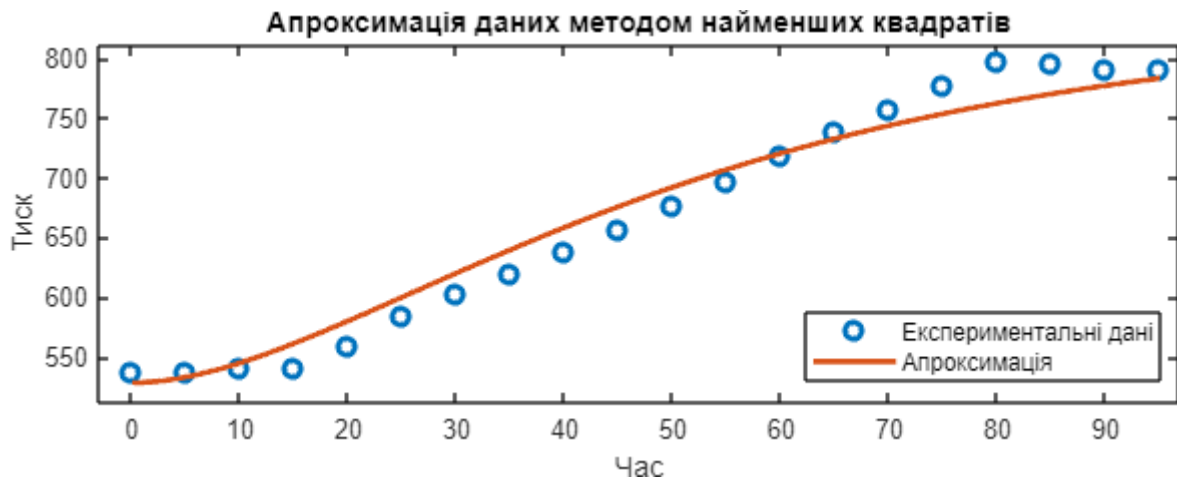


Рисунок 3.4 – Графік апроксимації даних методом найменших квадратів.

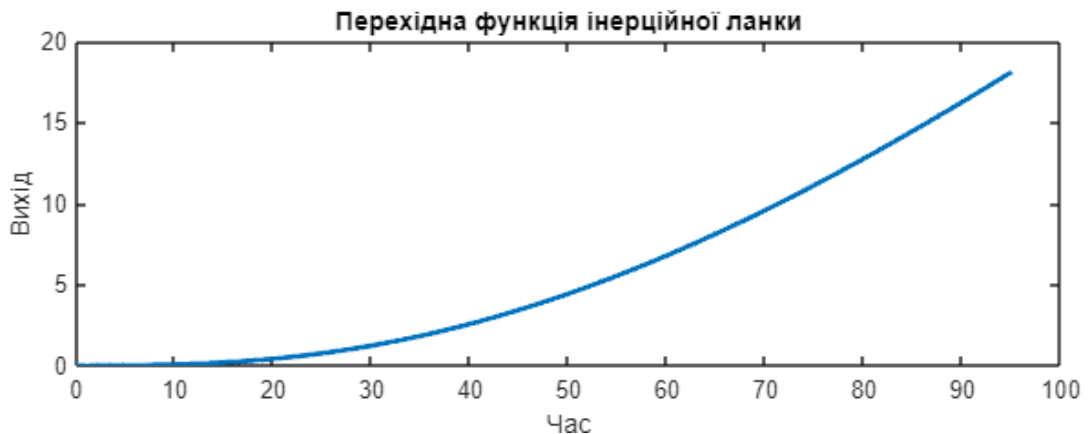


Рисунок 3.5 – Графік перехідної функції інерційної ланки

Дані, які отримали, містять значення параметра об'єкта керування та час, протягом якого ці значення змінюються. Використовуючи ці дані, можемо застосувати методи для розрахунку оптимальних параметрів ПІД-регулятора. Одним з найпоширеніших методів для налаштування ПІД-регулятора є метод налаштування перехідної функції або перехідного процесу.

3.2.2 Розрахунок налаштувань ПІД-регулятора методом оптимізації на основі даних про перехідну функцію об'єкта управління

Для знаходження коефіцієнтів ПІД-регулятора з використанням методів оптимізації отримання значень коефіцієнтів системи керування:

Пропорційна складова: $K_p = \frac{1}{K}$, де K - коефіцієнт передачі системи.

Інтегральна складова: $T_i = T_1$, де T_1 - час інтегрування системи.

Диференціальна складова: $T_d = T_2$, де T_2 - час диференціювання системи.

Час дії регулятора: Час дії регулятора обчислюється як сума часів інтегрування, диференціювання та додаткового часу:

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

Створення об'єкта ПІД-регулятора: Об'єкт ПІД-регулятора створюється за допомогою функції передачі:

$$G(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

де K_p , T_i , та T_d - відповідно пропорційна, інтегральна та диференціальна складові.

Для отримання цих коефіцієнтів використано код з додатку Є.

Використаймо отримані коефіцієнти для створення об'єкта ПІД-регулятора в Simulink і аналізу його перехідної функції.

Отримали наступні коефіцієнти

$$K_p = 0.00334$$

$$K_i = 0.00166$$

$$K_d = 0.0607$$

$$T_f = 603$$

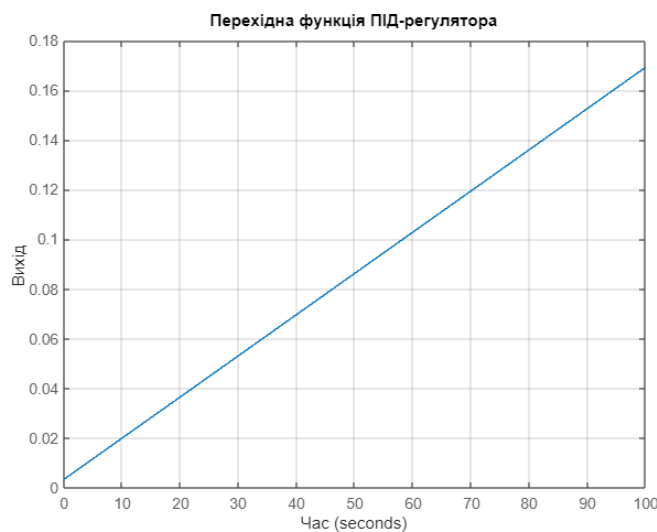


Рисунок 3.6 Графік перехідної функції ПІД-регулятора.

Побудовано перехідну функцію для об'єкта ПІД-регулятора, яка відображає зміни в виході системи від часу.

Перевіримо роботу регулятора в системі Simulink рис(3.7) задавши оптимальні параметри апроксимації та коефіцієнти ПІД-регулятора.

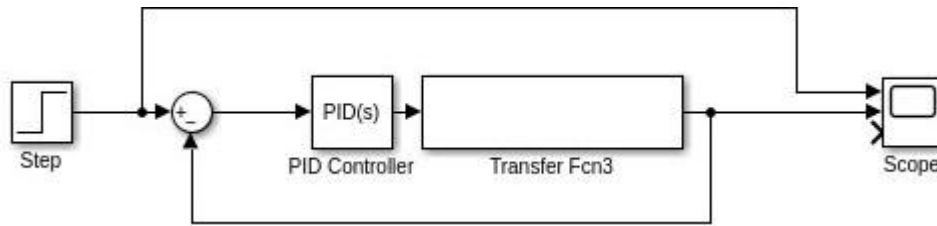


Рисунок 3.7 Модель ПІД-регулятора

В результаті моделювання скачка на 1 одиницю отримали наступні результати рис 3.8.

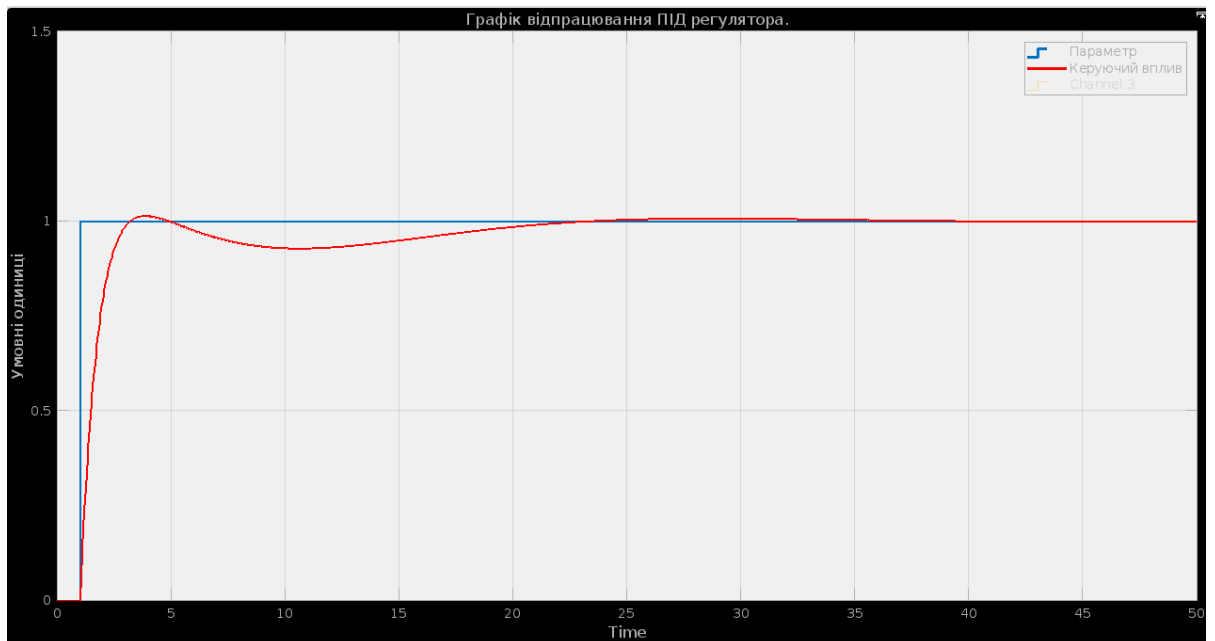


Рисунок 3.8 – Графік відпрацювання ПІД регулятора.


Отримані в результаті розрахунків коефіцієнти ПІД регулятора цілком задовольняють поставленій задачі.

3.3 Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи (наповнення та викачування газу з газгольдерів, управління газоскидним пристроєм, режимами роботи, регулювання тиску, вібродіагностики).

Було розроблене програмне забезпечення для контролерів І7-1500 та 7-1200, в проекті передбачено перетворення аналогових сигналів додаток Ж. Побудовані алгоритми роботи ВСТКГ текстовий опис яких представлено далі.

3.3.1 Алгоритм роботи ВСТКГ

У межах кваліфікаційної роботи був проведений аналіз та подальша доробка алгоритму роботи відділення стабілізації тиску коксового газу.



Здійснено детальний розгляд та вивчення чинних процесів, а також внесені вдосконалення для оптимізації стабілізації тиску з метою підвищення ефективності та надійності. З графічним відображенням алгоритму можна ознайомитись на плакаті «Алгоритми роботи ВСТКГ».

У вихідному положенні тиск газу в газозбірниках від 4,0 до 6,0 мм. в. ст. в залежності від встановленого завдання, коренева засувка ГС-1 відкрита, турбокомпресор вимкнений, відсічні клапани ОК5, 6, 7 - закриті, відсічні клапани на газозбірниках ОК2, 3, 4 і на вході в колектор ОК1 закриті, тиск в мережі в діапазоні від 300 до 800 мм. в. ст. - газ надходить споживачам. Під час катованої паузи споживання газу коксової батареї припиняється, що призводить до підвищення тиску в магістралі понад 800 мм. в. ст.

При підвищенні тиску в магістралі понад 800 мм. в. ст., відкриваються відсічні клапани на вході в колектор ОК1 і трьох газозбірниках ОК2, ОК3, ОК4 (основний режим роботи - на три газозбірника, перемикач на панелі КВП в положенні «Газозбірник 1-2-3», ремонтний режим роботи - «Газозбірник 1-2 », перемикач «Вибір режиму роботи» визначає пару газозбірників, які в ремонтному режимі залишаються в роботі «1-2 / 2-3 / 1-3») коксовий газ надходить в газозбірники (ОК5, 6, 7 закриті, турбокомпресор вимкнений).

При перевищенні граничного надлишкового тиску в кожному газозбірнику (понад 30 мм. в. ст.), відсічні клапани ОК2, ОК3, ОК4, встановлені на підвідних газопроводах Ду - 300 мм перед МР-Г-3 - 250 закриваються, закривається відсічний клапан ОК1. Сигнал на привід відсічних клапанів ОК2, ОК3, ОК4 подається від датчиків тиску, імпульсні трубки яких встановлені в нижній частині газозбірників.


При тиску менше 850 мм в. ст. клапана на всіх пальниках ГСПФ-45 закриті, скидання і горіння коксового газу не відбувається.

При подальшому зростанні тиску в газопроводі і при досягненні тиску коксового газу 850 мм в. ст. починає відкриватися пальник ГСПФ-45 №3, підпал газу здійснюється автоматично, а при досягненні тиску коксового газу в газопроводі 950 мм в. ст. починає відкриватися пальник ГСПФ-45 №1, підпал газу здійснюється автоматично.

Відкриття клапанів пальників №1 і №3 відбувається незалежно один від одного і залежить тільки від вставок в завданні.

Різниця в вставках завдання пальників №3 і №1 в 100 мм в. ст. говорить про те, що в роботі знаходиться пальник №3, а пальник №1 знаходиться в «гарячому» резерві і включається тільки при аваріях на приводі клапана пальника №3 або при аварійному зростанні тиску коксового газу в газопроводі вище встановленої вставки в 950 мм в. ст.

Вставки завдання на пальниках і номер робочого і резервного пальника ГСПФ-45 можуть змінюватися за завданням головного енергетика заводу.



При зниженні тиску в магістралі до 760 мм. в. ст. відкриваються відсічні клапани ОК2, ОК3, ОК4, відкривається ОК5 і включається турбокомпресор, виводиться на режим, після чого відкривається клапан ОК7, починається повернення газу в магістраль заводу

При досягненні під час викачування тиску в магістралі 790 мм. в. ст. відкривається клапан ОК6 - система йде в режим байпасу, при падінні тиску до рівня 760 мм. в. ст. клапан ОК6 закривається і триває викачка газу в магістраль заводу.

При досягненні тиску в газозбірниках, в залежності від встановленого завдання, 4,0 - 6,0 мм. в. ст. закриваються відсічні клапани ОК2, ОК3, ОК4 турбокомпресор відключається, закриваються відсічні клапани ОК5, ОК7 (ОК1 і ОК6 закриті). Система приходить в початкове положення.

Для безаварійної роботи ВСТКГ передбачений «сплячий» режим (режим очікування).

Режим очікування. При роботі системи на байпасі (ОК6 - відкритий) довше 40 сек. закриваються клапана ОК2, ОК3, ОК4, ОК5, ОК6, ОК7, коренева засувка ГС-1 Ду 600 мм - система переходить в режим очікування.

При встановленні підвищеного тиску понад 800 мм. в. ст. протягом 3-х хвилин закриваються клапана ОК1, ОК2, ОК3, ОК4, коренева засувка ГС-1 Ду 600 мм - система ОСДКГ переходить в режим очікування.

Вихід системи ОСДКГ з режиму очікування відбувається через 30 сек. після зниження тиску в магістралі нижче - 700 мм. в. ст., відкриваються коренева засувка ГС-1 Ду-600 мм, відсічні клапани ОК2, ОК3, ОК4, відкривається ОК5 і турбокомпресор виводиться на режим, після чого відкривається клапан ОК7 і починається повернення газу в магістраль заводу.

Газозбірники розміщені на відкритому майданчику і схильні до впливу температура навколишнього середовища, атмосферних опадів і реагують на пориви вітру.

Для ефективної роботи газозбірників в зимовий і літній час року змінюється мінімальне значення тиску в газозбірниках (нижня вставка) при якому надходить команда на закриття відсічних клапанів ОК-2, 3, 4.

При експлуатації ВСТКГ передбачено *«ремонтні» режими роботи:*
Режим 1. У роботі з прийому коксового газу знаходяться газозбірники № 1 і 2, газозбірник № 3, в ремонті.

Режим 2. У роботі з прийому коксового газу знаходяться газозбірники № 1 і 3, газозбірник № 2, в ремонті.

Режим 3. У роботі з прийому коксового газу знаходяться газозбірники № 2 і 3, газозбірник № 1, в ремонті.[3].



3.3.2 Алгоритм роботи газоскидного пристрою факельного ГСПФ-45

Початкові умови:

- тиск в колекторі нижче заданого значення - 850 мм. вод. ст. *;
- клапана закриті;
- запальник активовано.

В такому стані виконавчі механізми знаходяться до тих пір, поки тиск в трубопроводі нижче заданого значення.

У разі підвищення тиску в трубопроводі, регулятор формує відповідний імпульсний сигнал на привід. Поворотний затвор клапана починає відкриватися. У цей момент в шафу системи розпалу надходить сигналізація «привід відкрито». Система розпалювання формує високовольтний розряд на п'єзоелемент запальника. Відбувається підпал коксового газу.

Сигнал розпалювання є активним не більше трьох хвилин, згідно технічними характеристиками пристроїв розпалювання.


У запальник вбудована термopара, яка виконує функцію контролю полум'я. Якщо за цей час температура буде вище заданої, на шафі управління розпалом формується світловий сигнал «запалювання в роботі», якщо ні - формується світловий сигнал «відмова запальника». При цьому в режимі резервування система розпалу запальник №3 (або №1) сприймає як резервний.

За умови успішного розпалювання сигнал на запальник буде вимкнено при цьому формується сигнал «запалювання в роботі». Якщо розпал не відбувся - система знову формує сигнал на розпал запальника №1 (або №3). Якщо тиск в трубопроводі знижується нижче заданого, клапан починає закриватися. У разі, якщо поворотний затвор клапана закрився повністю відбувається згасання полум'я. Поступово температура на датчику, який контролює полум'я знижується, але система не ініціює аварію, тому, що надходить сигнал про закриття заслінки. Система розпалювання в цьому випадку готова для подальшої роботи [12].

3.3.3 Програмне забезпечення

Система моніторингу та управління вимагає встановлення кількох програмних рішень, щоб забезпечити надійний та ефективний контроль над технічними процесами. Основні компоненти цієї системи містять:

Siemens WinCC: Siemens WinCC виступає як програмне забезпечення для розробки систем візуалізації та нагляду. З його допомогою інженери можуть створювати графічні інтерфейси, які надають операторам можливість ефективно відстежувати та керувати технологічними процесами докладно ознайомитись з головним екраном оператора можна ознайомитись на плакаті «Візуалізація головного екрану».



Siemens TIA (Totally Integrated Automation) Portal: TIA Portal використовується для інтегрованого розвитку, програмування та конфігурації обладнання Siemens. розробник програмного забезпечення для контролера, використовую Siemens TIA (Totally Integrated Automation) Portal для створення інтегрованих проектів, які надають високий рівень автоматизації та контролю над технічними процесами.

Визначено параметри контролера, обрано модель, налаштовано введення/виведення та інтерфейси для оптимального використання в конкретному технічному середовищі кожному вхідному та вихідному сигналу призначено свій TAG додаток 3.

Розроблено базу даних в якій зберігаються вхідні дані та керуючі впливи.

Використано графічне середовище для розробки програмної логіки керування відсічними клапанами додаток I.

Забезпечено належну інтеграцію з різними пристроями через налаштування комунікаційних модулів, визначення параметрів мережі та встановлення протоколів обміну даними.

Створено докладну документацію, яка включає налаштування, схеми та коментарі, а також забезпечено збереження архівних версій проекту для ефективного керування та можливості відновлення.

Забезпечено можливість інтеграції розробленого проекту з іншими системами автоматизації та моніторингу для оптимізованого обміну даними та взаємодії.

Програмне забезпечення, розроблене в Siemens TIA Portal, дозволяє забезпечити високий рівень автоматизації та надійного контролю над технічними процесами виробництва.[16]

X-Tools для системного програмного забезпечення: X-Tools є ключовим програмним забезпеченням для роботи з функціоналом системи. Воно дозволяє отримувати та обробляти дані від програмних вузлів, здійснювати збір даних через PROFIBUS SPY, а також використовувати бібліотеки функціональних блоків для фільтрації, аналізу та математичної обробки сигналів. Графічне створення діагностичних моделей дозволяє операторам ефективно моніторити стан системи та отримувати важливу інформацію для прийняття рішень.

За допомогою цих програмних засобів оператор має доступ до архівів, налаштувань системи та функціоналу вібродіагностичного моніторингу, що дозволяє забезпечити високий рівень ефективності та надійності в системі моніторингу та управління.[17]

4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ.

4.1 Економія матеріальних і трудових ресурсів при впровадженні систем автоматизації

Економічний результат визначається величиною економії матеріальних і трудових ресурсів, яка буде досягнута при впровадженні системи автоматизації.

Для обґрунтування економічної ефективності систем автоматизації використовують показники ефективності. При використанні цих показників, зазвичай зіставляють собівартість одиниці продукції до та після впровадження системи автоматизації і знаходять загальну економію:

$$\epsilon = \sum \Delta C_i = (C_1 - C_2) * B_2, \quad (1)$$

Де $\sum \Delta C_i$ – сума економії і-их витрат на виробництво одиниці продукції, грн/т;

C_1 і C_2 – витрати по статтях калькуляції, що змінюються до та після впровадження системи грн/т;

B_2 – виробництво продукції після впровадження системи, т.

ϵ – загальна економія грн.

Визначення витрат по статтях калькуляції C_2 після впровадження системи автоматизації базується на знаходженні економії поточних витрат по кожній статті калькуляції – матеріальних витратах, економії на зарплаті вивільнених робітників, на зниженні витрат від браку, витрат палива і енергії, економії на умовно-постійних витратах тощо.

Наприклад, при збільшенні виробництва буде економія на умовно-постійних витратах:

$$P_{y.p.} = P_{y.p.1} - \frac{P_{y.p.1}}{1+b}, \quad (2)$$

де $P_{y.p.}$ – економія на умовно-постійних витратах на 1т продукції в грн.;

$P_{y.p.1}$ – умовно постійні витрати до впровадження, або реконструкції на 1т продукції, грн.;

b – збільшення об'єму виробництва (долі одиниці).

Тоді, якщо система дає тільки підвищення виробництва продукції, то маємо загальну економію на умовно-постійних витратах за рік:

$$\epsilon_{y.p.} = P_{y.p.1} * \Delta B, \quad (3)$$

ΔB – приріст об'єму виробництва продукції після впровадження системи, т.

В цілому, коли визначені всі статті собівартості 1т продукції, яка буде досягнута після впровадження системи автоматизації і знайшли економію

$\epsilon = \sum \Delta C_i$, її треба скорегувати на суму експлуатаційних витрат (вони можуть зрости – знак мінус, або зменшитись – знак плюс):

$$\epsilon_a = \sum \Delta C_i \pm Z_{\text{авт}}, \quad (4),$$

де $Z_{\text{авт}}$ – зміна експлуатаційних витрат після впровадження системи автоматизації, грн.

Знайдена величина загальної економії ϵ_a тепер може використовуватись для розрахунку показників економічної ефективності системи автоматизації.

Таблиця 4.1 Витрата газу на ВСТКГ за 2022 р.

Месяц	м ³ /ч
01.01.2022	160298,7
01.02.2022	101373,7
01.03.2022	117494,7
01.04.2022	244,75
01.05.2022	163161,4
01.06.2022	163322,8
01.07.2022	169821,9
01.08.2022	131047,4
01.09.2022	106774,9
01.10.2022	38607,28
01.11.2022	85473,2
01.12.2022	60500,12
Всього	1 298 120,81

Витрати на послуги ТО АСУТП 231 471 грн 848 годин/рік

$$\frac{231\,471}{1298,12} = 178,31 \text{ грн/1000м}^3$$

Витрати на послуги ТО КВПтаА 429119 грн 1306 годин/рік

$$\frac{429119}{1298,12} = 330,57 \text{ грн/1000м}^3$$

Витрати на ремонтний персонал цеху (механіки, електрики) 392080 грн 1508 годин/рік

$$\frac{392080}{1298,12} = 302 \text{ грн/1000м}^3$$

Поточні втрати

Простої пов'язані з механочастинами (відсутність вібродіагностики) становлять 100 годин на рік.



Простої, пов'язані з наявною АСУТП, становлять 130 годин на рік.

Простої, пов'язані з виходом з ладу мембран пневмоклапанів 50 годин

Простої, пов'язані з відмовою пневморозподільників через вологе повітря, становлять 70 годин

Простої пов'язані з відсутністю живлення АСУТП 20 годин

Сумарний простій від аварійних відмов 370 годин.

Середньогодинна витрата за період з 01.01.2022р. по 31.12.2022р. 148,2 м³/ч

Загальні втрати 370 часов x 148,2м³/ч =54834м³

$$54834/1000*7630= 418383,42\text{грн/год}$$

$$\frac{418383,42}{1298,12} = 322,3 \text{ грн/1000м}^3$$

Ризики від виходу з ладу чинної системи:

Час на придбання знятого з виробництва контролера становить 120 днів.

$$120*24*148,2= 426816 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$426816/1000*7630= 3256606,08\text{грн}$$

$$\frac{3256606,08}{1298,12} = 2508,71 \text{ грн/1000м}^3$$

Витрати на обслуговування системи управління ВСТКГ становлять:

$$C1=178,31+330,57+322,3+302+2508,71=3641,89\text{грн/1000 м}^3$$

Модернізація системи дасть змогу знизити кількість позапланових простоїв:

Простої пов'язані з механочастиною становлять до 15 годин на рік.

Простої, пов'язані з АСУТП, становлять 4 годин на рік.

Простої, пов'язані з виходом з ладу мембран пневмоклапанів, 10 годин.

Простої, пов'язані з відмовою пневморозподільників через вологе повітря, становлять 0 годин.



Простої пов'язані з відсутністю живлення АСУТП 0 годин.

Що дасть змогу зменшити час позапланових простоїв ОСДКГ з 370 годин до 29 годин на рік.

$$370-29=341\text{год}$$

$$29*148,2\text{м}^3/\text{ч}=4292\text{м}^3$$

$$4292/1000*7630=32747,96\text{грн}$$

збільшення об'єму виробництва

$$341*148,2=50536,2\text{ м}^3$$

Зниження витрат на простої

$$418383,42 - 32747,96=385\ 635,46\text{грн}$$

$$\frac{385635,46}{1298,12} = 297,07\text{ грн}/1000\text{м}^3$$

Різниця між фактичними і планованими витратами на послуги ТО АСУТП

$$848-341=507\text{годин}$$

Різниця між фактичними та планованими витратами на послуги ТО КВПтаА

$$1306-341=965\text{годин}$$

Витрати після модернізації:

ТО АСУТП 138391,27 грн 507 год/рік

$$\frac{138391,27}{1298,12} = 106,6\text{ грн}/1000\text{м}^3$$

ТО КВПіА 317074,91 грн 965 год/рік

$$\frac{317074,91}{1298,12} = 244,26\text{ грн}/1000\text{м}^3$$

Ремонтний персонал цеху (механіки, електрики) 1168 годин 303680 грн

$$\frac{303680}{1298,12} = 233,94\text{ грн}/1000\text{м}^3$$

Умовно постійні витрати після модернізації:

$$C_2=297,07+106,6+244,26+233,94=881,87\text{грн.}$$

$$B_2=1298,12+50,5362=1348,66$$

Загальна економія:

$$\epsilon = \sum \Delta C_i = (C_1 - C_2) * B_2 = (3641,89 - 881,87) * 1348,66 = 3722328,57\text{грн}$$

$$b = \frac{50,5362}{1298,120} = 0,389$$

$$P_{\text{у.п.}} = 3641,89 - \frac{3641,89}{1+0,389} = 1019,94\text{грн}$$

$$\epsilon_{\text{у.п.}} = P_{\text{у.п.1}} * \Delta B = 1019,94 * 50,54 = 51547,77\text{грн}/1000\text{м}^3$$

$$Z_{\text{авт}}=3641,89 - 881,87 = 2760,02$$

$$\epsilon_a = \sum \Delta C_i \pm Z_{\text{авт}} = 3722328,57 - 2760,02 = 3719568,55$$

4.2 Розрахунки статичних показників економічної ефективності систем автоматизації.

Для обґрунтування економічної ефективності систем автоматизації використовують статичні і динамічні показники ефективності. Статичні показники не враховують зміни вартості капітальних вкладень і ризику при розробці і впровадженні системи автоматизації.

Використання тих чи інших показників залежить від співвідношення величини економії, яку дає система і величини капітальних витрат (інвестицій) витрачених на неї. Таке співвідношення спочатку оцінюють по статичному терміну окупності системи T_p . Розрахунковий час окупності системи T_p .

$$T_p = \frac{K_{\text{авт}}}{\epsilon_a} \text{ (років)}. \quad (5)$$

Орієнтовна вартість виконання комплексу робіт по модернізації складає таб.4.2

Таблиця 4.2 Вартість виконання комплексу робіт

№	Найменування	-ть	Ціна, грн без ПДВ	Вартість, грн без ПДВ
1	Обладнання та матеріали		977 754,00	977 754,00
2	ЗВП		308 560,00	308 560,00

3	Проектування		165 000,00	165 000,00
4	Розробка програмного забезпечення		430 000,00	430 000,00
5	Будівельно-монтажні роботи		110 000,00	110 000,00
6	Пусконаладжувальні роботи		410 000,00	410 000,00
Всього: Грн без ПДВ				2 401 314,00

$$T_p = \frac{2401314}{3719568,55} = 0,65 \text{ (років)}$$

Якщо термін окупності складає менше року, то для оцінки економічної ефективності можна використовувати статичні показники.

По загальній економії знаходимо річний економічний ефект від впровадження системи автоматизації:

$$\epsilon_p = \epsilon_a - E_n \cdot K_{\text{авт}} \quad (6)$$

$$\epsilon_p = 3719568,55 - 0,12 \cdot 2401314 = 3431410,87$$

Де E_n – нормативний коефіцієнт порівнювальної економічної ефективності.

Нормативний коефіцієнт E_n для коксохімічної галузі в Україні у 2023 році становить 0,12.

$K_{\text{авт}}$ – капітальні вкладення в систему, грн.

Якщо в результаті впровадження системи підвищується продуктивність процесу, або агрегату, то річний економічний ефект знаходять по різниці приведених витрат до та після впровадження системи:

$$\epsilon_{\text{год}} = ((C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)) \cdot B_2 = ((1133,18 + 0,12 \cdot 9263,27) - (881,87 + 0,12 \cdot 10696,68)) \cdot 1348,66 = 3490347 \text{ грн}, \quad (7)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт порівнювальної економічної ефективності;


K_1 і K_2 – питомі капітальні витрати до та після впровадження системи.

Величина K_1 визначається поділенням балансової вартості основних фондів цеху на річний об'єм виробництва до автоматизації:

$$K_1 = \frac{OF_1}{B_1} = \frac{12024843,72}{1298,12} = 9263,27, \quad (8)$$

де OF_1 – первісна балансова вартість основних фондів цеху грн.;

B_1 – річний об'єм виробництва до впровадження системи автоматизації т.



Питомі капітальні витрати після впровадження, або реконструкції системи автоматизації визначаються згідно з формулою:

$$K_2 = \frac{0\Phi_1 + K_{\text{авт}}}{B_2} = \frac{12024843,72 + 2401314}{1348,66} = 10696,68, \quad (9)$$

де $K_{\text{авт}}$ – капітальні вкладення в систему автоматизації грн.

Коефіцієнт ефективності системи автоматизації E_c , величина зворотна часу окупності системи.

$$E_c = \frac{\epsilon_a}{K_{\text{дод}}} = \frac{3719568,55}{3490347} = 1,066; \quad (10)$$

Розрахунки динамічних та статичних показників ефективності свідчать про високу економічну ефективність системи автоматизації.

Загальна економічна ефективність включає річний економічний ефект, термін окупності та коефіцієнт ефективності.

Розрахунковий час окупності системи (T_p) складає 0.65 років, що свідчить про дуже швидкий відновлюваний період витрат.

Коефіцієнт ефективності (E_c) дорівнює 1.066, що також підтверджує швидку окупність і ефективність проекту.

Система автоматизації виявляється економічно вигідною та швидко окупається, що робить її привабливим варіантом для впровадження.

Рекомендується подальше деталізоване вивчення проекту та врахування усіх аспектів для успішної імплементації системи автоматизації.



ВИСНОВКИ.

В ході даної кваліфікаційної роботи було проведено аналіз поточного стану питання, зокрема проведено літературний огляд та описано технологічний процес. Проаналізовано наявну систему автоматизації, виявлено її недоліки, вивчені сучасні тенденції у сфері автоматизації технологічних процесів.

У другій частині роботи були поставлені задачі автоматизації розглянути завдання управління та контролю


У третій частині були розглянуті розроблено систему автоматичного регулювання та контролю тиску коксового газу в заданих параметрах. Було проведено розрахунок регулятора тиску коксового газу та налаштування ПІД-регулятора на основі оптимізації перехідної функції об'єкта управління. Також було вирішено завдання контролю та регулювання тиску коксового газу в газозбірниках та розроблено апаратну частину проекту АСУТП.

В роботі було розроблено структуру програмного забезпечення АСУ ТП. Було розглянуто підсистеми нижнього рівня, інформаційну підсистему, підсистему управління, підсистему запуску та перезапуску, підсистему діагностики обладнання та підсистему ведення баз даних.

У четвертій частині роботи було розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення для задачі верхнього рівня АСУТП. Було створено візуальну частину проекту АСУТП, розроблено алгоритм роботи ВСТКГ (високий ступінь технологічного контролю газу) та ГСПФ (гадозбірник сировинного угілля).

Отже, в результаті даного кваліфікаційної роботи було проведено аналіз, розроблено та реалізовано автоматизовану систему управління технологічними параметрами. Результати проекту свідчать про досягнення таких цілей як покращення ефективності технологічного процесу, зниження недоліків чинної системи, забезпечення точного контролю та регулювання тиску коксового газу в заданих параметрах, а також поліпшення функціональності та надійності АСУ ТП.

Розроблена система містить апаратну та програмну складові, зокрема високоефективний регулятор тиску коксового газу, підсистеми управління, контролю, діагностики та ведення баз даних. Використання оптимізаційних методів та алгоритмів дозволило досягти точного регулювання тиску коксового газу з мінімальними відхиленнями від заданих параметрів.



В цілому, результатом цієї кваліфікаційної роботи є розробка комплексної автоматизованої системи управління технологічними параметрами. Вона містить апаратну та програмну складові, які сприяють поліпшенню ефективності, точності та контролю процесу. Розроблені алгоритми та програмне забезпечення забезпечують надійну роботу системи, а також забезпечують зручний та зрозумілий інтерфейс для оператора.

Отримані результати проекту можуть бути використані в реальних промислових об'єктах, що використовують технологічний процес з управлінням та контролем тиску коксового газу. Розроблена система АСУ ТП дозволить підвищити продуктивність, знизити витрати енергії та матеріалів, а також підвищити якість та безпеку виробництва.


Подальші кроки можуть включати тестування розробленої системи на пілотних об'єктах для перевірки її функціональності та надійності в реальних умовах. Після успішного тестування можна розглядати впровадження системи на широкому масштабі в чинних виробничих об'єктах.


Додатковою перевагою розробленої системи є можливість подальшого розширення та модернізації. За необхідності, можна додати нові функціональні можливості, покращити алгоритми роботи, адаптувати систему до змінних вимог технологічного процесу. Такий підхід дозволить забезпечити довготривалу ефективну роботу системи та враховувати майбутні потреби технологічного виробництва.

Узагалі, розробка та впровадження комплексної автоматизованої системи управління технологічними параметрами має великий потенціал для підвищення ефективності, надійності та якості промислових процесів. Цей проект є важливим кроком у напрямку модернізації та автоматизації виробництва, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств і досягненню високих стандартів у виробництві.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Lili Feng, Jun Peng, Zhaojun Huang. Gas system scheduling strategy for steel metallurgical process based on multi-objective differential evolution. Information Sciences, 28 October 2023, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025523014020> (дата звернення 15.01.2024).
2. Kai Zhang, Zhong Zheng, Huan Li. A byproduct gas distribution model for production users considering calorific value fluctuation and supply patterns in steel plants. Alexandria Engineering Journal. 30 June 2023 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016823005409> (дата звернення 15.01.2024).
3. Hongxing Li, Xiangling Kong. Model Reference Control Based on Compensatory Fuzzy Neural Network for Gas Collectors of Coke Oven. IFAC Proceedings Volumes, 2013, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016316111> (дата звернення 15.01.2024).
4. Xun Li, Meng Qi, Xiaotian Wang. Research on safety requirements of critical safety instrumented function in coke oven gas to methanol process using aspen simulation Journal of Loss Prevention in the Process Industries. July 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423018309872> (дата звернення 15.01.2024).
5. Feng Jin, Zheng Lv, Wei Wang. A Causal Model-Based Scheduling Approach for Coke Oven Gas System in Steel Industry. IFAC-PapersOnLine2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318320706> (дата звернення 15.01.2024).
6. Kai Li, Dewei Li, Debin Yin. Model Predictive Control with Feedforward Strategy for Gas Collectors of Coke Ovens. Chinese Journal of Chemical Engineering. July 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1004954114000214> (дата звернення 15.01.2024).
7. Yi-Peng Xu, Run-Hao Liu, Qian Qian. Assessment of methanol and electricity co-production plants based on coke oven gas and blast furnace gas utilization. Sustainable Production and Consumption. 6 May 2022 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550922001257> (дата звернення 15.01.2024).
8. Довідник коксохіміка. у 6-и томах. Том 3. Уловлювання та переробка хімічних продуктів коксування. Під загальною редакцією д-ра тех. наук Е.Т. Ковалева. -Харків 2009р.-432с.
9. Система стабілізації тиску коксового газу в його мережі під час кантувальних пауз на коксових батареях: пат. 104729 Україна: С10В 21/00, F17D 1/02, F17B 1/04 Опубл. 10.02.2016.

- 
10. Постійний технологічний регламент цеху очищення коксового газу від сірководню на виробництві.
 11. Виробнича інструкція машиніста газодувних машин .
 12. Робочій проект. Технічне переоснащення ГСПФ-45 з автоматичним розпалом коксового газу 2017р.
 13. Робочій проект. Технічне переоснащення системи мережі коксового газу комбінату зі стабілізацією тиску коксового газу під час кантувальних пауз на коксових батареях. 2014р.
 14. Програмовані контролери S7-1500 – Siemens URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:1ea2e6fb0cdb44225cf15f9822c093f62c72162f/s7-1500-2017-rus.pdf> (дата звернення 01.01.2024).
 15. Програмовані контролери S7-1200 – Siemens URL: https://prongroup.com.ua/wp-content/uploads/PDF_catalog/S7-1200_catalog.pdf (дата звернення 01.01.2024).
 16. Посібник із програмування S7-1200/S7-1500 – Siemens URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6f74436a53942bf8f1c7b6ed34d2ae72e92ed8a8/programming-guideline-v14-rus.pdf> (дата звернення 01.01.2024).
 17. CMS X-Tools V 5.0 User Manual – Siemens URL: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109759584/cms-x-tools-v-5-0-user-manual-release-notes-and-change-log?dti=0&lc=en-UY> (дата звернення 01.01.2024).
 18. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.
 19. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. ДСТУ 3008-2015. Національний стандарт України. Режим доступу: http://www.knmu.kharkov.ua/attachments/3659_3008-2015.PDF.
 20. Робоча програма переддипломної (атестаційної) практики за освітньою програмою підготовки магістрів «Інтелектуальні системи управління у гірничо-металургійному комплексі» / Уклад. В. І. Мірошніченко, О. О. Койфман, О. І. Сімкін. Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. 17 с.
 21. Оформлення звітів, пояснювальних записок і графічного матеріалу до курсових і дипломних проектів (робіт): методичні вказівки для здобувачів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології денної та заочної форм навчання / Уклад.: О. О. Койфман, О. І. Сімкін. Маріуполь: ПДТУ, 2019. 119 с.
 22. Рекомендації щодо змісту та оформлення мультимедійних презентацій. URL: <http://ccts.ho.ua/prepod/prezent.pdf> (дата звернення:

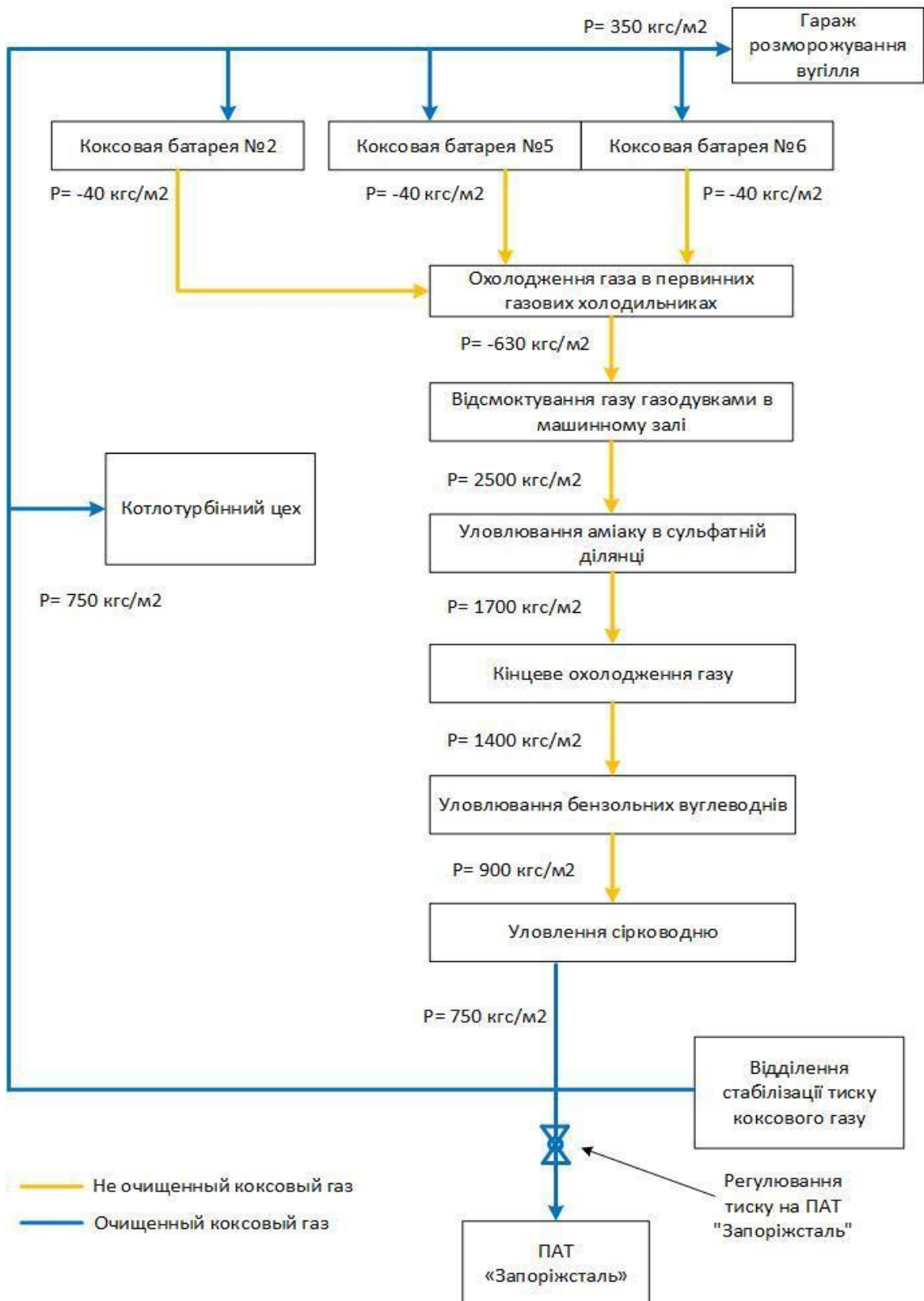


04.07.2023).

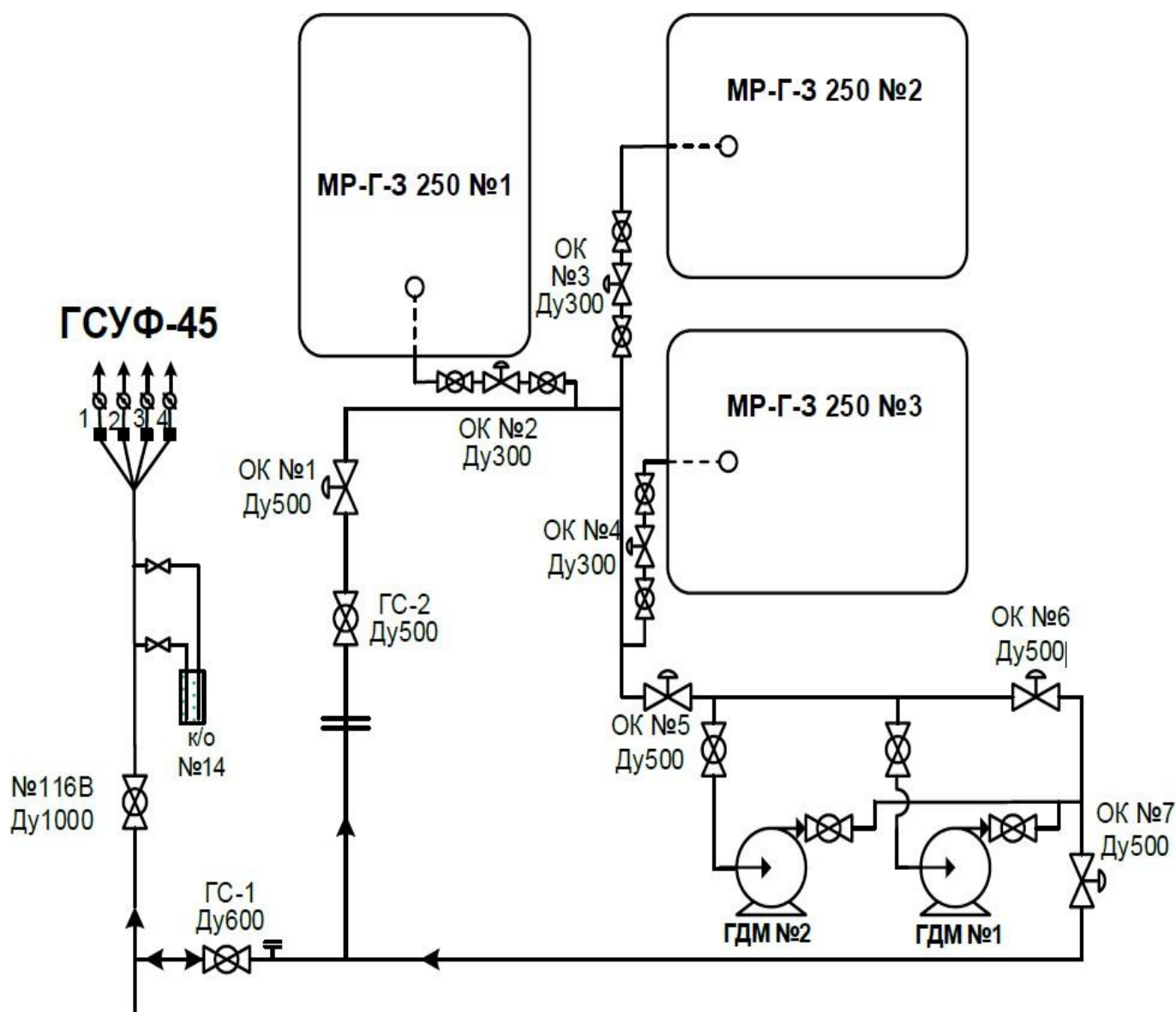
23. «Про вищу освіту»: Закон України від 01.07.2014 р. № № 1556-УП. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення: 01.07.2023).

24. «Про авторське право та суміжні права»: Закон України від 23.12.1993 № 3792-XII. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3792-12> (дата звернення: 01.07.2023).

Структурна схема утворення та споживання коксового газу.



Технологічна схема роботи ВСТКГ і ГСПФ-45.



Вхідні та вихідні сигнали ПЛК ETI LOGIC-12HR-D

№ контролера	тип клемного з'єднання	№ клемного з'єднання	Опис сигналу
CPU-1	Вхід	I01	Команда на відкриття відсічного клапана ОК3
	Вхід	I02	Команда на відкриття відсічного клапана ОК4
	Вхід	I03	Дозвіл на відкриття відсічного клапана ОК5
	Вхід	I04	Аварійний сигнал від контролера CPU-3
	Вхід	I05	Низький тиск повітря КВП
	Вхід	I06	Автоматичний режим
	Вхід	I09	Аварійний стоп
	Вхід	I0A	Газодувна машина ГДМ в режимі
	Вхід	X01	Низький тиск в системі
	Вхід	X02	статус ОК від контролера CPU-3
	Вхід	X03	Сигнал від датчику тиску (індикатор технологічний ИТМ №1) захисний рівень
	Вхід	X04	Пуск відсічного клапану ОК5 від контролера CPU-2
	Вхід	X05	Відсічний клапан ОК1 відчинений
	Вхід	X06	Відсічний клапан ОК1 зачинений
	Вхід	X07	Відсічний клапан ОК5 відчинений
	Вхід	X08	Відсічний клапан ОК5 зачинений
	Вхід	X09	Відсічний клапан ОК6 відчинений
	Вхід	X0A	Відсічний клапан ОК6 зачинений
	Вхід	X0B	Відсічний клапан ОК7 відчинений
	Вхід	X0C	Відсічний клапан ОК7 зачинений
	Вихід	Q01	Пуск контролера CPU-3
	Вихід	Q02	Команда на запуск газодувної машини
	Вихід	Q03	Зачинити головну газову засувку
	Вихід	Y01	Сигнал загальної аварії
	Вихід	Y02	Сигнал газодувна машина в режимі (статус)
	Вихід	Y03	Пуск контролера CPU-2
Вихід	Y04	Аварія газодувної машини	

Продовження таблиці Вхідні та вихідні сигнали

	Вихід	Y05	Аварія відсічного клапану ОК1
	Вихід	Y06	Аварія відсічного клапану ОК5
	Вихід	Y07	Відкрити відсічний клапан ОК1
	Вихід	Y08	Відкрити відсічний клапан ОК5
	Вихід	Y09	Аварія відсічного клапану ОК6
	Вихід	Y0A	Аварія відсічного клапану ОК7
	Вихід	Y0B	Відкрити відсічний клапан ОК6
	Вихід	Y0C	Відкрити відсічний клапан ОК7
CPU-2	Вхід	I01	Дозвіл на пуск від CPU-1
	Вхід	I02	Відсічний клапан ОК6 відчинений
	Вхід	I03	Відсічний клапан ОК1 відчинений
	Вхід	I04	Відсічний клапан ОК5 відчинений
	Вхід	I05	Відсічний клапан ОК2 відчинений
	Вхід	I06	Відсічний клапан ОК2 зачинений
	Вхід	I0A	Включення в роботу 3го збірника
	Вхід	I0B	Рівень аварійного переповнення
	Вхід	X01	Рівень пустоти ИТМ№2 P2
	Вхід	X02	Рівень пустоти ИТМ№3 P3
	Вхід	X03	Рівень пустоти ИТМ№4 P4
	Вхід	X04	Рівень заповнення ИТМ№2 P2
	Вхід	X05	Відсічний клапан ОК3 відчинений
	Вхід	X06	Відсічний клапан ОК3 зачинений
	Вхід	X07	Відсічний клапан ОК4 відчинений
	Вхід	X08	Відсічний клапан ОК4 зачинений
	Вхід	X09	Вибір режиму роботи збірників 1-2
	Вхід	X0A	Вибір режиму роботи збірників 1-3
	Вхід	X0B	Рівень заповнення ИТМ№3 P3
	Вхід	X0C	Рівень заповнення ИТМ№4 P4
	Вихід	Q02	Аварія с CPU-2 на CPU-1
	Вихід	Q03	Команда на відкриття ОК2
	Вихід	Q04	Аварія відсічного клапану ОК2
	Вихід	Y01	Аварія відсічного клапану ОК3
	Вихід	Y02	Аварія відсічного клапану ОК4
	Вихід	Y03	Команда на відкриття ОК3
	Вихід	Y04	Команда на відкриття ОК4
	Вихід	Y05	Дозвіл на відкриття ОК5

Продовження таблиці Вхідні та вихідні сигнали

CPU-3	Вхід	I01	Дозвіл на пуск от CPU1
	Вхід	I02	Відсічний клапан ОК6 відчинений
	Вхід	I03	Клапан ОК1 відчинений
	Вхід	I04	Клапан ОК5 відчинений
	Вхід	I05	Клапан ОК2 відчинений
	Вхід	I06	Клапан ОК2 зачинений
	Вхід	I09	Рівень пустоти ИТМ№2 P2
	Вхід	I0A	Рівень пустоти ИТМ№3 P3
	Вхід	X01	Рівень пустоти ИТМ№4 P4
	Вхід	X02	Рівень заповнення ИТМ№2 P2
	Вхід	X03	Рівень заповнення ИТМ№3 P3
	Вхід	X04	Рівень заповнення ИТМ№4 P4
	Вхід	X05	Відсічний клапан ОК3 відчинений
	Вхід	X06	Відсічний клапан ОК3 відчинений
	Вхід	X07	Відсічний клапан ОК4 відчинений
	Вхід	X08	Відсічний клапан ОК4 зачинений
	Вихід	Q01	Команда с CPU-2 на CPU-1 "ок" (в роботі)
	Вихід	Q02	Аварія с CPU-2 на CPU-1
	Вихід	Q03	Команда на відкриття відсічного клапану ОК2
	Вихід	Q04	Аварія відсічного клапану ОК2
	Вихід	Y01	Аварія відсічного клапану ОК3
	Вихід	Y02	Аварія відсічного клапану ОК4
	Вихід	Y03	Команда на відкриття відсічного клапану ОК3
	Вихід	Y04	Команда на відкриття відсічного клапану ОК4
	Вихід	Y05	Дозвіл на відкриття відсічного клапану ОК5

ДОДАТОК Г

Загальний перелік підключених каналів PLC S7-1500.

Центральний процесор	CPU 1513-1 PN 6ES7 513-1AL02-0AB0		
Модуль аналогових входів 1	Analog S7-1500, AI 16xI BA 6ES7 531-7MH00-0AB0		
	№ каналів	Адрес	Параметр
	0	%IW0	Тиск коксового газу на завод
	1	%IW2	Тиск в газозбірнику 1
	2	%IW4	Тиск в газозбірнику 2
	3	%IW6	Тиск в газозбірнику 3
	4	%IW8	Тиск газу на пальник 1
	5	%IW10	Тиск газу на пальник 1
	6	%IW12	Витрата газу на ГСПФ
	7	%IW14	Витрата газу на ВСТКГ
	8	%IW16	Тиск у колекторі
	9	%IW18	Тиск стисненого повітря
	10	%IW20	Тиск на нагнітанні
	11	%IW22	Положення ВМ запальник 1
	12	%IW24	Положення ВМ запальник 3
	13	%IW26	Частота перетворювача
	14	%IW28	Струм перетворювача
15	%IW30	Температура перетворювача	
Модуль аналогових входів 2	Analog S7-1500, AI 16xI BA 6ES7 531-7MH00-0AB0		
	0	%IW32	Температура передній підшипник двигуна ГДМ1
	1	%IW34	Температура задній підшипник двигуна ГДМ1
	2	%IW36	Температура передній підшипник двигуна ГДМ2
	3	%IW38	Температура задній підшипник двигуна ГДМ2
	4	%IW40	Температура газу на байпасі
	5	%IW42	
	6	%IW44	
	7	%IW46	
	8	%IW48	
9	%IW50		

	10	%IW52	
	11	%IW54	
	12	%IW56	
	13	%IW58	
	14	%IW60	
	15	%IW62	
Модуль аналогових виходів 1	Analog Output S7-1500, AQ 8xU/I 6ES7 532-5HF00-0AB0		
	0	%QW12	Керуючий вплив на ВМ пальник 1
	1	%QW14	Керуючий вплив на ВМ пальник 3
	2	%QW16	Керування ПЧ ГДМ_1
	3	%QW18	Керування ПЧ ГДМ 2
	4	%QW20	-
	5	%QW22	-
	6	%QW24	-
	7	%QW26	-
	Digital S7-1500, DI 64x24 VDC BA 6ES7 521-1BL10-0AA0		
Модуль дискретних входів 1	0	%I96.1	Відсічний клапан №1 закритий
	1	%I96.0	Відсічний клапан №1 відкритий
	2	%I96.2	Відсічний клапан №2 відкритий
	3	%I96.3	Відсічний клапан №2 закритий
	4	%I96.4	Відсічний клапан №3 відкритий
	5	%I96.5	Відсічний клапан №3 закритий
	6	%I96.6	Відсічний клапан №4 відкритий
	7	%I96.7	Відсічний клапан №4 закритий
	8	%I97.0	Відсічний клапан №5 відкритий
	9	%I97.1	Відсічний клапан №5 закритий
	10	%I97.2	Відсічний клапан №6 відкритий
	11	%I97.3	Відсічний клапан №6 закритий
	12	%I97.4	Відсічний клапан №7 відкритий
	13	%I97.5	Відсічний клапан №7 закритий
	14	%I97.6	ГДМ в роботі
	15	%I97.7	Вибір режиму роботи 2 гсб
	16	%I98.0	Вибір режиму роботи 3 гсб
	17	%I98.1	Автоматичний режим
	18	%I98.2	Аварійний стоп
	19	%I98.3	Вибір режиму роботи гсб 1-2
	20	%I98.4	Вибір режиму роботи гсб 1-3
	21	%I98.5	Вибір режиму роботи гсб 2-3
	22	%I98.6	Автоматичний режим пальник 1
	23	%I98.7	Автоматичний режим пальник 2
	24	%I99.0	Головна газова засувка відкрита
	25	%I99.1	Головна газова засувка закрита
	26	%I99.2	Загазованість в районі горілки №1

27	%199.3	Загазованість в районі горілки №3
28	%199.4	Загазованість в районі горілки №1 відмова
29	%199.5	Загазованість в районі горілки №3 відмова
30	%199.6	Зона 1 Загазованість ГДМ1
31	%199.7	Зона 1 Загазованість ГДМ1 відмова
32	%180.0	Зона 2 Загазованість ГДМ2
33	%180.1	Зона 2 Загазованість ГДМ2 відмова
34	%180.2	Зона 3 Загазованість прямок газозбірника 2
35	%180.3	Зона 3 Загазованість прямок газозбірника 2 відмова
36	%180.4	Зона 4 Загазованість прямок газозбірника 3
37	%180.5	Зона 4 Загазованість прямок газозбірника 3 відмова
38	%180.6	Зона 5 Загазованість прямок газозбірника 1
39	%180.7	Зона 5 Загазованість прямок газозбірника 1 відмова
40	%181.0	-
41	%181.1	-
42	%181.2	-
43	%181.3	-
44	%181.4	-
45	%181.5	-
46	%181.6	-
47	%181.7	-
48	%182.0	
49	%182.1	
50	%182.2	
51	%182.3	
52	%182.4	
53	%182.5	
54	%182.6	
55	%182.7	
56	%183.0	
57	%183.1	
58	%183.2	
59	%183.3	
60	%183.4	
61	%183.5	

	62	%I83.6	
	63	%I83.7	
Модуль дискретних виходів 1	Digital Output S7-1500, DI 32x24 VDC/0.5A BA 6ES7 522-1BL10-0AA0		
	0	%Q8.0	Відкрити ОК-1
	1	%Q8.1	Арія ОК-1
	2	%Q8.2	Відкрити ОК-2
	3	%Q8.3	Арія ОК-2
	4	%Q8.4	Відкрити ОК-3
	5	%Q8.5	Арія ОК-3
	6	%Q8.6	Відкрити ОК-4
	7	%Q8.7	Арія ОК-4
	8	%Q9.0	Відкрити ОК-5
	9	%Q9.1	Арія ОК-5
	10	%Q9.2	Відкрити ОК-6
	11	%Q9.3	Арія ОК-6
	12	%Q9.4	Відкрити ОК-7
	13	%Q9.5	Арія ОК-7
	14	%Q9.6	Пальник 1 відкритий
	15	%Q9.7	Пальник 3 відкритий
	16	%Q10.0	Відкрити ГГЗ
	17	%Q10.1	Закрити ГГЗ
	18	%Q10.2	Старт ГДМ
	19	%Q10.3	Стоп ГДМ
	20	%Q10.4	Ввімкнути сигналізацію
	21	%Q10.5	Вимкнути звукову сигналізацію
	22	%Q10.6	-
	23	%Q10.7	-
	24	%Q11.0	-
	25	%Q11.1	-
	26	%Q11.2	-
	27	%Q11.3	-
	28	%Q11.4	-
	29	%Q11.5	-
	30	%Q11.6	-
31	%Q11.7	-	

Загальний перелік підключених каналів PLC S7-1200.

Центральний процесор	CPU S7- 1217C 6ES7 513-1AL02-0AB0		
Модуль входів 1	CMS1200 SM1281, 6AT8-007-1AA10-0AA0		
	№ канала	Адрес	Параметр
	0	%IW0	Вібрація переднього підшипника електродвигуна ГДМ-1 X
	1	%IW2	Вібрація переднього підшипника електродвигуна ГДМ-1 Y
	2	%IW4	Вібрація переднього підшипника електродвигуна ГДМ-1 Z
	3	%IW6	
	4	%IW8	
Модуль входів 2	CMS1200 SM1281, 6AT8-007-1AA10-0AA0		
	0	%IW10	Вібрація заднього підшипника електродвигуна ГДМ-1 X
	1	%IW12	Вібрація заднього підшипника електродвигуна ГДМ-1 Y
	2	%IW14	Вібрація заднього підшипника електродвигуна ГДМ-1 Z
	3	%IW16	
	4	%IW18	
Модуль входів 3	CMS1200 SM1281, 6AT8-007-1AA10-0AA0		
	0	%IW10	Вібрація переднього підшипника нагнітача ГДМ-1 X
	1	%IW12	Вібрація переднього підшипника нагнітача ГДМ-1 Y
	2	%IW14	Вібрація переднього підшипника нагнітача ГДМ-1 Z
	3	%IW16	
	4	%IW18	
Модуль входів 4	CMS1200 SM1281, 6AT8-007-1AA10-0AA0		
	0	%IW10	Вібрація заднього підшипника нагнітача ГДМ-1 X
	1	%IW12	Вібрація заднього підшипника нагнітача ГДМ-1 Y
	2	%IW14	Вібрація заднього підшипника нагнітача ГДМ-1 Z
	3	%IW16	
	4	%IW18	

Продовження таблиці Загальний перелік підключених каналів PLC S7-1200.

Модуль входів 5	CMS1200 SM1281, 6AT8-007-1AA10-0AA0		
	0	%IW10	Вібрація переднього підшипника електродвигуна ГДМ-2 X
	1	%IW12	Вібрація переднього підшипника електродвигуна ГДМ-2 Y
	2	%IW14	Вібрація переднього підшипника електродвигуна ГДМ-2 Z
	3	%IW16	
	4	%IW18	
Модуль входів 6	CMS1200 SM1281, 6AT8-007-1AA10-0AA0		
	0	%IW10	Вібрація заднього підшипника електродвигуна ГДМ-2 X
	1	%IW12	Вібрація заднього підшипника електродвигуна ГДМ-2 Y
	2	%IW14	Вібрація заднього підшипника електродвигуна ГДМ-2 Z
	3	%IW16	
	4	%IW18	
Модуль входів 7	CMS1200 SM1281, 6AT8-007-1AA10-0AA0		
	0	%IW10	Вібрація переднього підшипника нагнітача ГДМ-2 X
	1	%IW12	Вібрація переднього підшипника нагнітача ГДМ-2 Y
	2	%IW14	Вібрація переднього підшипника нагнітача ГДМ-2 Z
	3	%IW16	
	4	%IW18	
Модуль входів 8	CMS1200 SM1281, 6AT8-007-1AA10-0AA0		
	0	%IW10	Вібрація заднього підшипника нагнітача ГДМ-2 X
	1	%IW12	Вібрація заднього підшипника нагнітача ГДМ-2 Y
	2	%IW14	Вібрація заднього підшипника нагнітача ГДМ-2 Z
	3	%IW16	
	4	%IW18	

Лістинг коду розрахунку та візуалізації параметрів регулятора тиску коксового газу в MATLAB

```

1  % Вхідні дані: значення тиску та часу
2  param_values = [538 538 541 541 560 584 603 620 638 656 676 697 718 739 758 778 798 796 791 791];
3  time = [0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95];
4
5  % Визначення функції для моделі інерційної ланки
6  model = @(params, t) params(1) * (1 - exp(-t/params(2))) .* (1 - exp(-t/params(3))) + params(4);
7
8  % Завдання початкових значень параметрів для оптимізації
9  initial_params = [100, 10, 10, 500];
10
11 % Виконання оптимізації методом найменших квадратів
12 fit_params = lsqcurvefit(model, initial_params, time, param_values);
13
14 % Отримання оптимальних значень параметрів
15 K = fit_params(1);
16 T1 = fit_params(2);
17 T2 = fit_params(3);
18 T3 = fit_params(4);
19
20 % Створення моделі інерційної ланки
21 sys = tf(K, [T1*T2*T3, T1*T2+T1*T3+T2*T3, T1+T2+T3, 1]);
22
23 % Вивід коефіцієнтів
24 disp(['K = ' num2str(K)]);
25 disp(['T1 = ' num2str(T1)]);
26 disp(['T2 = ' num2str(T2)]);
27 disp(['T3 = ' num2str(T3)]);
28
29 % Побудова перехідної функції
30 t = 0:0.1:max(time);
31 step_response = step(sys, t);
32
33 % Візуалізація результатів
34 figure;
35 subplot(2, 1, 1);
36 plot(time, param_values, 'o', t, model(fit_params, t), 'Linewidth', 2);
37 xlabel('Час');
38 ylabel('Тиск');
39 title('Апроксимація даних методом найменших квадратів');
40 legend('Експериментальні дані', 'Апроксимація');
41
42 subplot(2, 1, 2);
43 plot(t, step_response, 'Linewidth', 2);
44 xlabel('Час');
45 ylabel('Вихід');
46 title('Перехідна функція інерційної ланки');
47

```

Лістинг коду розрахунку та візуалізації коефіцієнтів ПІД-регулятора з використанням методів оптимізації в MATLAB

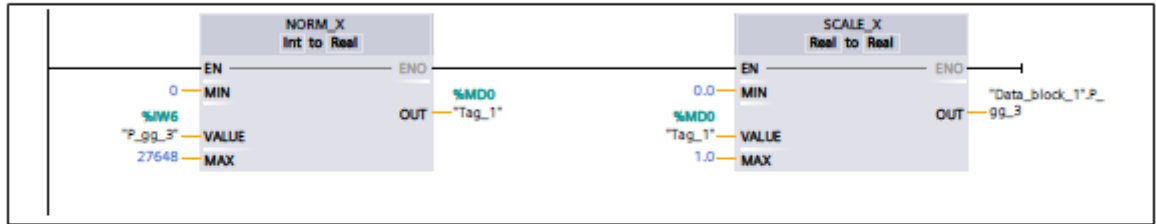
```
1      % Отримані коефіцієнти
2      K = 299.3593;
3      T1 = 37.8307;
4      T2 = 36.5865;
5      T3 = 528.6044;
6
7      % Пропорційна складова
8      Kp = 1 / K;
9
10     % Інтегральна складова
11     Ti = T1;
12
13     % Диференціальна складова
14     Td = T2;
15
16     % Час дії регулятора
17     T = T1 + T2 + T3;
18
19     % Створення об'єкта ПІД-регулятора в Simulink
20     sys = pid(Kp, 1/T, Td/T, T);
21
22
23
24     % Побудова перехідної функції для аналізу
25     t = 0:0.1:100; % Виберіть відповідний діапазон часу
26     step(sys, t);
27
28     % Відобразити графік
29     grid on;
30     xlabel('Час');
31     ylabel('Вихід');
32     title('Перехідна функція ПІД-регулятора');
33
```

Перетворення сигналів

Totally Integrated Automation Portal					
FB_P [FC1]					
FB_P Properties					
General					
Name	FB_P	Number	1	Type	FC
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title		Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	
Name					
	Data type	Default value	Comment		
Input					
Output					
InOut					
Temp					
Constant					
▼ Return					
FB_P	Void				
Network 1: P_k_gaz_zavod					
Тиск коксового газу на завод 0-16кПа					
Network 2: P_gg_1					
Тиск в газосбірнику 1 0-4кПа					
Network 3: P_gg_2					
Тиск в газосбірнику 2 0-4кПа					

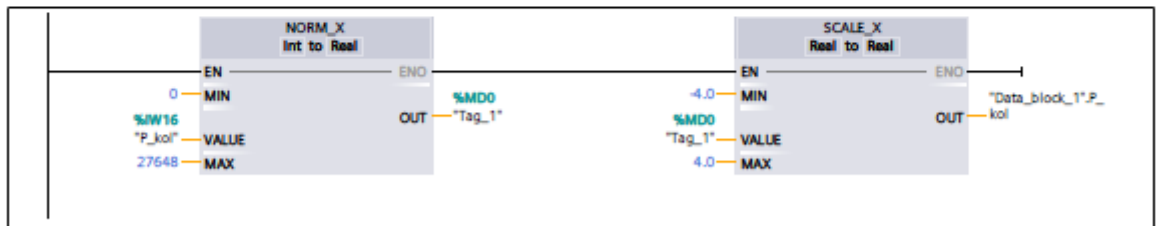
Network 4: P_gg_3

Тиск в газосбірнику 3 0-4 кПа



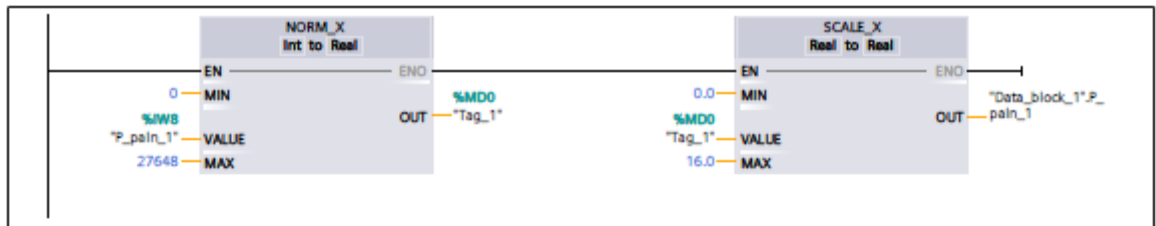
Network 5: P_kol

Тиск в колекторі -4-4кПа



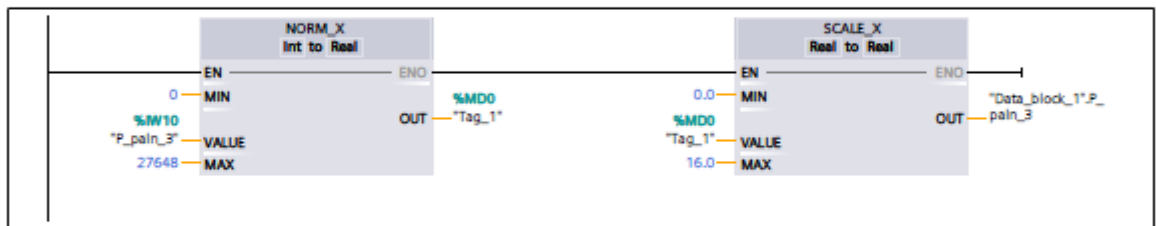
Network 6: P_paln_1

Тиск газу на пальник 1 0-16кПа



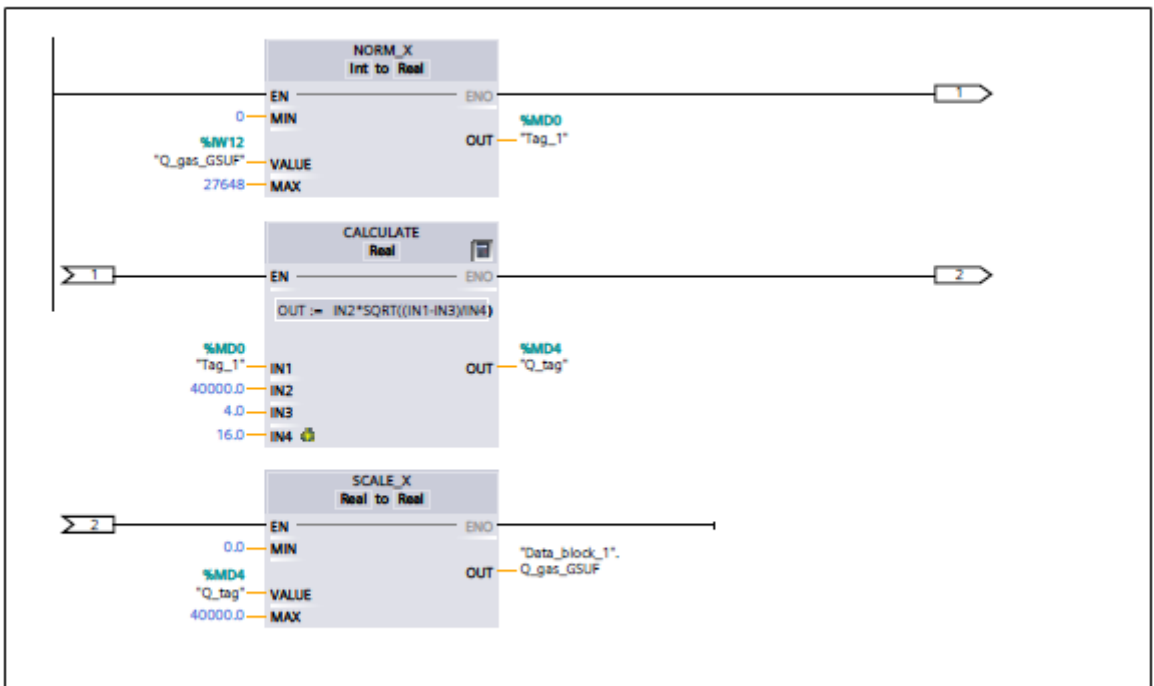
Network 7: P_paln_1

Тиск газу на пальник 3 0-16кПа



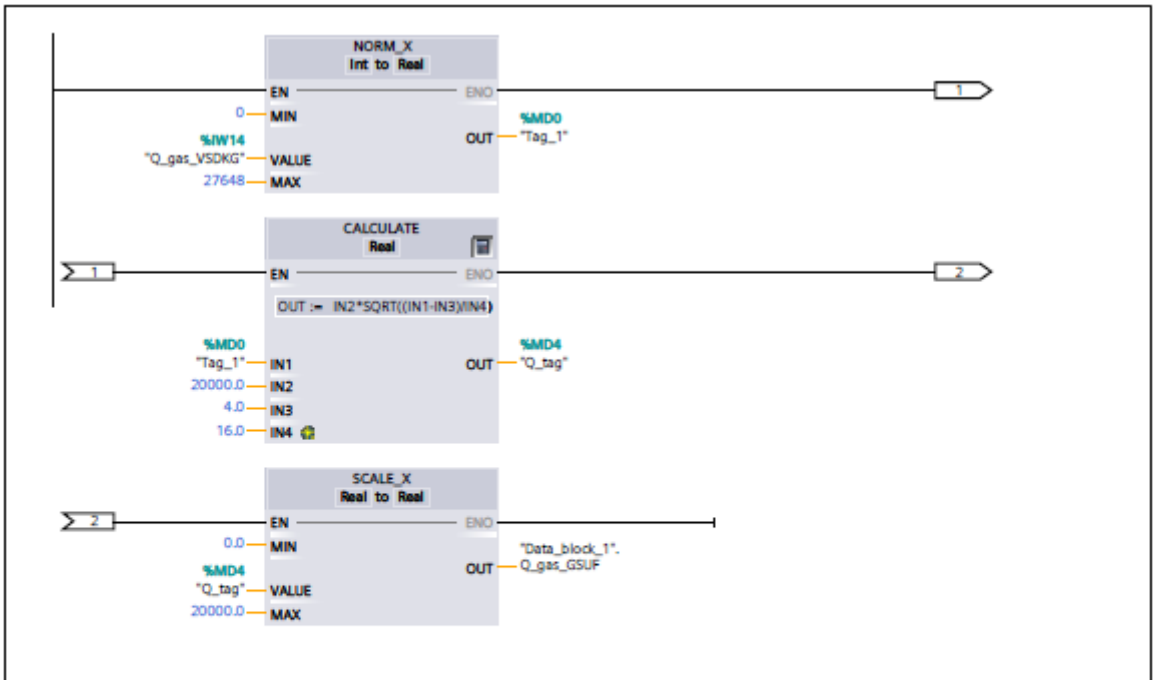
Network 8: Q_gas_GSUF

Вітрата газу на ГСУФ

























Network 9: Q_gas_VSDKG


























Вітрата газу на ГСУФ



Загальний перелік Тагів












Totally Integrated Automation Portal									
IndZ2 / PLC_1 [CPU 1513-1 PN] / PLC tags									
Default tag table [174]									
PLC tags									
Name	Data type	Address	Retain	Accessible from HMI/IO PC UA/W eb API	Writable from HMI/IO PC UA/W eb API	Visible in HMI engineering	Supervision	Comment	
P_k_gas_zavod	Int	%IW0	False	True	True	True		Тиск коксового газу на завод	
P_gg_1	Int	%IW2	False	True	True	True		Тиск в газозбірнику 1	
P_gg_2	Int	%IW4	False	True	True	True		Тиск в газозбірнику 2	
P_gg_3	Int	%IW6	False	True	True	True		Тиск в газозбірнику 3	
P_paln_1	Int	%IW8	False	True	True	True		Тиск газу на пальник 1	
P_paln_3	Int	%IW10	False	True	True	True		Тиск газу на пальник 1	
Q_gas_GSUF	Int	%IW12	False	True	True	True		Витрата газу на ГСУФ	
Q_gas_VSDKG	Int	%IW14	False	True	True	True		Витрата газу на ВСТКГ	
P_kol	Int	%IW16	False	True	True	True		Тиск у колекторі	
P_pov	Int	%IW18	False	True	True	True		Тиск стисненого повітря	
P_nagn	Int	%IW20	False	True	True	True		Тиск на нагнітанні	
Gorelka 1	Int	%IW22	False	True	True	True		Положення ВМ запальник 1	
Gorelka 3	Int	%IW24	False	True	True	True		Положення ВМ запальник 3	
In_Chast	Int	%IW26	False	True	True	True		Частота перетворювача	
in_Tok	Int	%IW28	False	True	True	True		Ток перетворювача	
in_Temp	Int	%IW30	False	True	True	True		Температура перетворювача	
GDM_1_X1	Int	%IW32	False	True	True	True		Відрація X передній підшипник двигуна ГДМ1	
GDM_1_Y1	Int	%IW34	False	True	True	True		Відрація Y передній підшипник двигуна ГДМ1	
GDM_1_Z1	Int	%IW36	False	True	True	True		Відрація Z передній підшипник двигуна ГДМ1	
GDM_1_X2	Int	%IW38	False	True	True	True		Відрація X задній підшипник двигуна ГДМ1	
GDM_1_Y2	Int	%IW40	False	True	True	True		Відрація Y задній підшипник двигуна ГДМ1	
GDM_1_Z2	Int	%IW42	False	True	True	True		Відрація Z задній підшипник двигуна ГДМ1	
GDM_1_X3	Int	%IW44	False	True	True	True		Відрація X підшипник ГДМ1	
GDM_1_Y3	Int	%IW46	False	True	True	True		Відрація Y підшипник ГДМ1	
GDM_1_Z3	Int	%IW48	False	True	True	True		Відрація Z підшипник ГДМ1	

Totally Integrated Automation Portal									
Name	Data type	Address	Retain	Access-ible from HMI/O PC UA/W eb API	Writa-ble from HMI/O PC UA/W eb API	Visi-ble in HMI engi-neer-ing	Supervision	Comment	
 GDM_2_X1	Int	%IW50	False	True	True	True		Відрація X передній підшипник двигуна ГДМ2	
 GDM_2_Y1	Int	%IW52	False	True	True	True		Відрація Y передній підшипник двигуна ГДМ2	
 GDM_2_Z1	Int	%IW54	False	True	True	True		Відрація Z передній підшипник двигуна ГДМ2	
 GDM_2_X2	Int	%IW56	False	True	True	True		Відрація X задній підшипник двигуна ГДМ2	
 GDM_2_Y2	Int	%IW58	False	True	True	True		Відрація Y задній підшипник двигуна ГДМ2	
 GDM_2_Z2	Int	%IW60	False	True	True	True		Відрація Z задній підшипник двигуна ГДМ2	
 GDM_2_X3	Int	%IW62	False	True	True	True		Відрація X підшипник ГДМ2	
 AO_Gorelka_1	Int	%QW12	False	True	True	True		Керуючий вплив на ВМ пальник 1	
 AO_Gorelka_3	Int	%QW14	False	True	True	True		Керуючий вплив на ВМ пальник 3	
 AO_Chastota_GDM1	Int	%QW16	False	True	True	True		Керування ПЧ ГДМ_1	
 AO_Chastota_GDM2	Int	%QW18	False	True	True	True		Керування ПЧ ГДМ 2	
 OK_1_2	Bool	%I96.1	False	True	True	True		Відсічний клапан №1 закритий	
 OK_1_1	Bool	%I96.0	False	True	True	True		Відсічний клапан №1 відкритий	
 OK_2_1	Bool	%I96.2	False	True	True	True		Відсічний клапан №2 відкритий	
 OK_2_2	Bool	%I96.3	False	True	True	True		Відсічний клапан №2 закритий	
 OK_3_1	Bool	%I96.4	False	True	True	True		Відсічний клапан №3 відкритий	
 OK_3_2	Bool	%I96.5	False	True	True	True		Відсічний клапан №3 закритий	
 OK_4_1	Bool	%I96.6	False	True	True	True		Відсічний клапан №4 відкритий	
 OK_4_2	Bool	%I96.7	False	True	True	True		Відсічний клапан №4 закритий	
 OK_5_1	Bool	%I97.0	False	True	True	True		Відсічний клапан №5 відкритий	
 OK_5_2	Bool	%I97.1	False	True	True	True		Відсічний клапан №5 закритий	
 OK_6_1	Bool	%I97.2	False	True	True	True		Відсічний клапан №6 відкритий	
OK_6_2	Bool	%I97.3	False	True	True	True		Відсічний клапан №6 закритий	
OK_7_1	Bool	%I97.4	False	True	True	True		Відсічний клапан №7 відкритий	
OK_7_2	Bool	%I97.5	False	True	True	True		Відсічний клапан №7 закритий	

Totally Integrated Automation Portal									
Name	Data type	Address	Retain	Accessible from HMI/O PC UA/Web API	Writable from HMI/O PC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Supervision	Comment	
 GDM_v_rabote	Bool	%I97.6	False	True	True	True		ГДМ в работе	
 Regim_2	Bool	%I97.7	False	True	True	True		Вибір режиму роботи 2 гсб	
 Regim_3	Bool	%I98.0	False	True	True	True		Вибір режиму роботи 3 гсб	
 Avtomat	Bool	%I98.1	False	True	True	True		Автоматичний режим	
 STOP	Bool	%I98.2	False	True	True	True		Аварійний стоп	
 Regim 1-2	Bool	%I98.3	False	True	True	True		Вибір режиму роботи гсб 1-2	
 Regim 1-3	Bool	%I98.4	False	True	True	True		Вибір режиму роботи гсб 1-3	
 Regim 2-3	Bool	%I98.5	False	True	True	True		Вибір режиму роботи гсб 2-3	
 Avtomat P1	Bool	%I98.6	False	True	True	True		Автоматичний режим пальник 1	
 Avtomat P3	Bool	%I98.7	False	True	True	True		Автоматичний режим пальник 2	
 GGZ_1	Bool	%I99.0	False	True	True	True		Головна газова засувка відкрита	
 GGZ_2	Bool	%I99.1	False	True	True	True		Головна газова засувка закрита	
 Gas_P1	Bool	%I99.2	False	True	True	True		Загазованість в районі горелки №1	
 Gas_P3	Bool	%I99.3	False	True	True	True		Загазованість в районі горелки №3	
 Gas_P1_fail	Bool	%I99.4	False	True	True	True		Загазованість в районі горелки №1 відмова	
 Gas_P3_fail	Bool	%I99.5	False	True	True	True		Загазованість в районі горелки №3 відмова	
 Gas_Z1	Bool	%I99.6	False	True	True	True		Зона 1 Загазованість ГДМ1	
 Gas_Z1_fail	Bool	%I99.7	False	True	True	True		Зона 1 Загазованість ГДМ1 відмова	
 Gas_Z2	Bool	%I80.0	False	True	True	True		Зона 2 Загазованість ГДМ2	
 Gas_Z2_fail	Bool	%I80.1	False	True	True	True		Зона 2 Загазованість ГДМ2 відмова	
 Gas_Z3	Bool	%I80.2	False	True	True	True		Зона 3 Загазованість прямок газозбірника 2	
 Gas_Z3_fail	Bool	%I80.3	False	True	True	True		Зона 3 Загазованість прямок газозбірника 2 відмова	
 Gas_Z4	Bool	%I80.4	False	True	True	True		Зона 4 Загазованість прямок газозбірника 3	
 Gas_Z4_fail	Bool	%I80.5	False	True	True	True		Зона 4 Загазованість прямок газозбірника 3 відмова	
 Gas_Z5	Bool	%I80.6	False	True	True	True		Зона 5 Загазованість прямок газозбірника 1	

Totally Integrated Automation Portal								
Name	Data type	Address	Retain	Accessible from HMI/O PC UA/W eb API	Writable from HMI/O PC UA/W eb API	Visible in HMI engineering	Supervision	Comment
Gas_Z5_fail	Bool	%I80.7	False	True	True	True		Зона 5 Загазованість прямою газозбірника 1 відмова
Pit_UPS	Bool	%I81.0	False	True	True	True		Живлення від АКБ
Pit_230	Bool	%I81.1	False	True	True	True		Живлення від сеті
OK_1_open	Bool	%Q8.0	False	True	True	True		Відкрити ОК-1
OK_1_fail	Bool	%Q8.1	False	True	True	True		Арія ОК-1
OK_2_open	Bool	%Q8.2	False	True	True	True		Відкрити ОК-2
OK_2_fail	Bool	%Q8.3	False	True	True	True		Арія ОК-2
OK_3_open	Bool	%Q8.4	False	True	True	True		Відкрити ОК-3
OK_3_fail	Bool	%Q8.5	False	True	True	True		Арія ОК-3
OK_4_open	Bool	%Q8.6	False	True	True	True		Відкрити ОК-4
OK_4_fail	Bool	%Q8.7	False	True	True	True		Арія ОК-4
OK_5_open	Bool	%Q9.0	False	True	True	True		Відкрити ОК-5
OK_5_fail	Bool	%Q9.1	False	True	True	True		Арія ОК-5
OK_6_open	Bool	%Q9.2	False	True	True	True		Відкрити ОК-6
OK_6_fail	Bool	%Q9.3	False	True	True	True		Арія ОК-6
OK_7_open	Bool	%Q9.4	False	True	True	True		Відкрити ОК-7
OK_7_fail	Bool	%Q9.5	False	True	True	True		Арія ОК-7
Gorelka 1_open	Bool	%Q9.6	False	True	True	True		Пальник 1 відкритий
Gorelka 3_open	Bool	%Q9.7	False	True	True	True		Пальник 3 відкритий
GGZ_open	Bool	%Q10.0	False	True	True	True		Відкрити ГГЗ
GGZ_close	Bool	%Q10.1	False	True	True	True		Закрити ГГЗ
GDM_start	Bool	%Q10.2	False	True	True	True		Старт ГДМ
GDM_stop	Bool	%Q10.3	False	True	True	True		Стоп ГДМ
Signal_start	Bool	%Q10.4	False	True	True	True		Ввімкнути сигналізацію
Signal_stop	Bool	%Q10.5	False	True	True	True		Вимкнути звукову сигналізацію
GDM_2_Y3	Int	%IW100	False	True	True	True		Відрація Y підшипник ГДМ2
GDM_2_Z3	Int	%IW102	False	True	True	True		Відрація Z підшипник ГДМ2
T_GDM_1_1	Int	%IW104	False	True	True	True		Температура передній підшипник двигуна ГДМ1
T_GDM_1_2	Int	%IW106	False	True	True	True		Температура задній підшипник двигуна ГДМ1
T_GDM_2_1	Int	%IW108	False	True	True	True		Температура передній підшипник двигуна ГДМ2
T_GDM_2_2	Int	%IW110	False	True	True	True		Температура задній підшипник двигуна ГДМ2
T_gas_baypas	Int	%IW112	False	True	True	True		Температура газу на байпасі
Int	Int	%IW114	False	True	True	True		



Totally Integrated Automation Portal								
Name	Data type	Address	Retain	Accessible from HMI/O PC UA/W eb API	Writable from HMI/O PC UA/W eb API	Visible in HMI engineering	Supervision	Comment
 Tag_1	Real	%MD0	False	True	True	True		
 Q_tag	Real	%MD4	False	True	True	True		
 Blok_P_gas	Bool	%M8.0	False	True	True	True		
 Tag_2	Bool	%M1.1	False	True	True	True		
 Tag_3	Bool	%M1.4	False	True	True	True		
 Tag_4	Bool	%M1.3	False	True	True	True		
 Tag_5	Bool	%M1.6	False	True	True	True		
 Tag_6	Bool	%M10.1	False	True	True	True		
 Zadanie_OK1	Int	%MW10	False	True	True	True		
 Zadanie_G1	Int	%MW12	False	True	True	True		
 Zadanie_G3	Int	%MW14	False	True	True	True		

Функціональний блок роботи відсічного Клапана

Totally Integrated Automation Portal									
Logik_OK [FB1]									
Logik_OK Properties									
General									
Name	Logik_OK	Number	1	Type	FB				
Language	LAD	Numbering	Automatic						
Information									
Title		Author		Comment					
Family		Version	0.1	User-defined ID					
Name	Data type	Default value	Retain	Access-ible from HMI/OPC UA/Web API	Wri-table from HMI/OPC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Set-point	Super-vention	Comment
▼ Input									
OK_K_open	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
OK_K_close	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
OK_comand_open	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
▼ Output									
OK_open	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
OK_alarm	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
InOut									
▼ Static									
▼ On_delay									
	IEC_TIMER		Non-retain	True	True	True	False		
PT	Time	T#0ms	Non-retain	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	Non-retain	True	False	True	False		
IN	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Q	Bool	false	Non-retain	True	False	True	False		
▼ Off_delay									
	IEC_TIMER		Non-retain	True	True	True	True		
PT	Time	T#0ms	Non-retain	True	True	True	False		
ET	Time	T#0ms	Non-retain	True	False	True	False		
IN	Bool	false	Non-retain	True	True	True	False		
Q	Bool	false	Non-retain	True	False	True	False		
▼ Temp									



Totally Integrated Automation Portal									
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible from HMI/OPC UA/Web API	Writable from HMI/IO PC UA/Web API	Visible in HMI engineering	Set-point	Supervision	Comment
B006	Bool								
B003	Bool								
B001	Bool								
B008	Bool								
B007	Bool								
B004	Bool								
Constant									

Network 1:
Открытие клапана

```

graph LR
    A[#OK_K_close] --- B[#OK_comand_open]
    B --- C((#B006))
  
```


Network 2:
Залипание двух концовых

```

graph LR
    A[#OK_K_open] --- B[#OK_K_close]
    B --- C((#B003))
  
```


Network 3:
Обрыв концовых

```

graph LR
    A[/#OK_K_open/] --- B[/#OK_K_close/]
    B --- C((#B001))
  
```

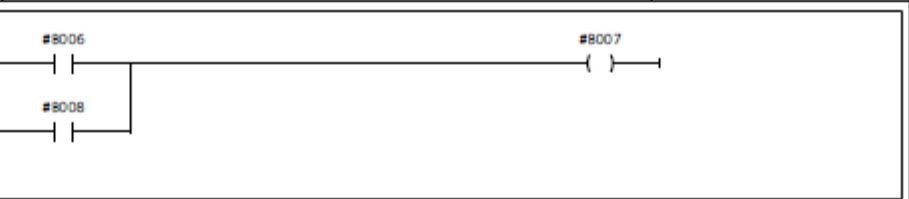

Network 4:
Отсутствует команда на открытие

```

graph LR
    A[#OK_K_open] --- B[/#OK_comand_open/]
    B --- C((#B008))
  
```


Network 5:



Totally Integrated Automation Portal		
		
Network 6:		
	