

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

Освітній рівень

Метод керування автоматизованим процесом отримання товарного бензину

Назва теми

КвРАКІТ.2022175.01.14.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

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

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент II курсу, група АКІТм-22-1

Підпис

Ольга ТАТАРЕВСЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник

Підпис, дата

Андрій СЕЛЬСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки

Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«20» грудня 2023 р.

Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Освітній рівень другий (магістерський)

Галузь знань 15 - Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 - Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології

Освітньо-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АКТР Р

Мартинюк. В. В.

"08" 09 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ**

Татаревській Ользі Григорівні

1. Тема роботи Метод керування автоматизованим процесом отримання товарного бензину

Керівник роботи Сельський Андрій Анатолійович, к.ф.-м.н., доцент

Затверджено наказом ректора університету від «15» 08 2023р. № 30

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 01.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Мета роботи моделювання роботи автоматизованої системи керування технологічним процесом отримання товарного бензину, для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника

Об'єктом дослідження є процеси отримання товарного бензину в автоматизованій системі.

Предмет дослідження методи та алгоритми керування технологічним процесом отримання товарного бензину.

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

Вступ. Проблематика організації процесу отримання товарного бензину.

Моделювання системи автоматичного керування технологічним процесом

отримання товарного бензину. Розробка алгоритму технологічного процесу

отримання товарного бензину. Дослідження системи автоматичного керування

процесом отримання товарного бензину. Висновки.

Завдання отримав

АКТР Р

Науковий керівник

АКТР Р

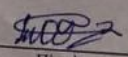
Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Людмила КОРЕЦЬКА к.т.н., доцент		
Антиплагіат	Микола ФЕДУЛА к.т.н., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

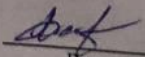
№ з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ	20.09.2023р.	виконано
2	Проблематика організації процесу отримання товарного бензину	15.10.2023р.	виконано
3	Моделювання системи автоматичного керування технологічним процесом отримання товарного бензину	30.10.2023р.	виконано
4	Розробка алгоритму технологічного процесу отримання товарного бензину	15.11.2023р.	виконано
5	Дослідження системи автоматичного керування процесом отримання товарного бензину	25.11.2023р.	виконано
6	Висновки	30.11.2023р.	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки до КРМ	01.12.2023р.	виконано
8	Оформлення презентаційних матеріалів	01.12.2023р.	виконано

Студент


 Підпис

 Татаревська О.Г.
 Прізвище, ініціали

Керівник роботи


 Підпис

 Сельський А.А.
 Прізвище, ініціали

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод керування автоматизованим процесом отримання товарного бензину»

Автор роботи: Татаревська Ольга Григорівна

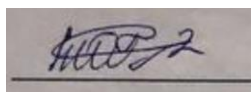
Керівник роботи: Сельський Андрій Анатолійович

Пояснювальна записка: 98 стор., 37 рис., 3 дод., 57 джерел.

Графічна частина: 16 презентаційних слайдів.

ТОВАРНИЙ БЕНЗИН, ОДНОКОНТУРНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, ДАВАЧ, АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

Мета роботи: моделювання роботи автоматизованої системи керування технологічним процесом отримання товарного бензину, для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника. Забезпечено виконання планових завдань за обсягом та якістю товарного бензину з мінімально необхідною кількістю обслуговуючого та експлуатаційного персоналу шляхом використання дистанційного контролю та керування технологічним обладнанням. Підвищено швидкість збірки, обробки та подання своєчасної та реальної інформації про перебіг технологічного процесу. Забезпечено автоматизоване ефективне керування технологічним процесом в нормальних, передаварійних та перехідних ситуаціях.



Підпис студента

15.12.2023

Дата

Зміст

	с.
ВСТУП	4
1 ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ	9
1.1 Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень процесу отримання товарного бензину	12
1.2 Постановка завдань для автоматизації процесу отримання товарного бензину	21
1.3 Висновки до першого розділу	22
2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ	23
2.1 Мета експериментального визначення статичних та динамічних характеристик об'єктів керування	23
2.2 Моделювання та розрахунок одноконтурної САК	31
2.3 Оцінка якості процесів регулювання САК	51
2.4 Висновки до другого розділу	53
3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ	54
3.1 Опис функціональної схеми автоматизації технологічного процесу отримання товарного бензину	54
3.2 Підбір давачів для вимірювання технологічних параметрів процесу	58
3.3 Порівняльний аналіз існуючих систем автоматизації об'єктів	68
3.4 Висновки до третього розділу	75
4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ	76
4.1 Апаратно-програмні засоби контролерного рівня керування	76
4.2 Вимоги до створюваної АСК ТП отримання товарного бензину	78

4.3	Опис розроблюваної АСК ТП отримання товарного бензину	80
4.4	Апаратно-програмні засоби верхнього рівня керування АСК ТП	83
4.5	Структура програмного забезпечення розроблюваної АСК ТП	86
4.6	Висновки до четвертого розділу	90
	ВИСНОВКИ	91
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	93
	ДОДАТКИ	100

ВСТУП

Актуальність вибору теми магістерської кваліфікаційної роботи диктується сучасним рівнем автоматизації, що постійно зростає, на великих промислових підприємствах, які виконують досить складні технологічні процеси (ТП). Крім того, можливо стверджувати, що удосконалення технології видобутку газу та нафти, розробка високопродуктивного устаткування, підвищення культури виробництва продукції, дослідження нових газових та нафтових районів, зростання організації видобутку газу та нафти стали можливими саме завдяки розвитку та впровадженню автоматизації й удосконаленню керування ТП за допомогою математично-економічних методів та ЕОМ.

Не можливо не відмітити, яку роль у сучасних автоматизованих системах керування (АСК) ТП відіграють саме інформаційні технології (ІТ), які на сучасному етапі постійно вдосконалюються. По суті, вони є невід'ємною складовою самих АСК ТП, і за відсутності теперішнього рівня прогресу в галузі ІТ, АСК також не мали б настільки ефективних показників використання.

Слід зазначити, що підприємства нафто-газовидобувного комплексу (НГВК) досить специфічні за своєю структурою. Характерною рисою є досить суттєвий розподіл технологічних об'єктів (ТО) по великих територіях, а також низка інших структурних особливостей. Тобто, сучасні НГВК являють собою досить складні комплекси розосереджених ТО, пов'язаних між собою через продуктивний пласт та потік продукції, що циркулює за допомогою технологічних комунікацій [1-5].

Сучасні АСК ТП повинні підтримувати концепцію відкритих кібер-фізичних систем, мати надійну апаратну базу, гнучке спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ), а також продуману організацію обміну і зберігання даних.

За даними принципами повинна бути збудована і автоматизація окремих локально взятих об'єктів, що виконують якусь певну закінчену стадію більш загального ТП. До такого ТО та технологічної стадії в даній кваліфікаційній

роботі відповідно належить установка отримання товарного бензину.

Дане управління є досить великим комплексом, що виконує збір та переміщення сірчистого та високосірчистого нафтового газу з промислів; очищення всього обсягу нафтового газу за допомогою установок сіркоочищення; переробку очищеного супутнього нафтового газу та широкої фракції легких вуглеводнів (ШФЛВ), що переміщається за допомогою трубопроводів з установок комплексної підготовки нафти; переміщення отриманої продукції до споживачів.

Метою роботи є змодельовати роботу автоматизованої системи керування технологічним процесом отримання товарного бензину, для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника.

Для досягнення даної мети необхідно розв'язати наступні **завдання**:

- забезпечити виконання планових завдань за обсягом та якістю товарного бензину (ТБ) з мінімально необхідною кількістю обслуговуючого та експлуатаційного персоналу шляхом використання дистанційного контролю та керування ТО, забезпечити раціональне завантаження технологічного персоналу, шляхом автоматизації алгоритмів керування технологічними операціями (ТехО) для позбавлення технологічного персоналу виконання обчислень та рутинних операцій;

- підвищити рівень безпеки виробництва завдяки системі виявлення передаварійних та аварійних ситуацій в режимі реального часу, забезпеченню надійної та безаварійної роботи ТП й устаткування вузла отримання ТБ за допомогою використання автоматизованих та автоматичних алгоритмів блокувань та захистів;

- знизити невиробничих втрат енергетичних та матеріально-технічних ресурсів, зниження величини експлуатаційних витрат шляхом реалізації оптимального керування статичними режимами ТБ;

- підвищити швидкість зборки, обробки та подання своєчасної та реальної інформації про перебіг ТП, стан устаткування та спеціалізованих технологічних

засобів керування оперативному персоналу для контролю та прийняття необхідних рішень;

- забезпечити автоматизоване ефективне керування ТП в нормальних, передаварійних та перехідних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є процеси отримання товарного бензину в автоматизованій системі.

Предметом дослідження є методи та алгоритми керування технологічним процесом отримання товарного бензину.

Методи досліджень.

Використовувались основні положення загальної теорії систем, системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції та ін.), теорії моделювання процесів. Внаслідок проведення моделювання процесу та розроблення методу отримання товарного бензину використано теоретико-множинні підходи, алгебру систем, апарат модельно-орієнтованих підходів, методи концептуального моделювання, принципи побудови баз знань та формування логічного висновку, евристичні оцінки.

Наукова новизна отриманих результатів: розроблено модель кіберфізичної системи автоматичного керування технологічним процесом отримання товарного бензину в режимі реального часу.

Практична значимість отриманих результатів: розроблені програмно-технічні засоби для керування технологічним процесом отримання товарного бензину.

Апробація результатів дослідження: участь у науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених в м. Хмельницький, робота отримала схвальні відгуки і тому за результатами було надруковано тези в збірнику наукових праць «Технічна творчість» №7 за 2023 рік.

Дипломна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 98 сторінок комп'ютерного тексту, у тому числі: 37

рисунків, список використаних джерел вміщує 57 найменувань.

У вступі обґрунтована актуальність наукової задачі, сформульовано завдання для досліджень та мету, представлено основні наукові результати та їх практичну цінність.

У першому розділі кваліфікаційної роботи представлено аналітичний огляд існуючих технічних та технологічних рішень процесу отримання товарного бензину, а саме вказано основні показники якості бензинової суміші, описано методи отримання бензинової суміші, розглянуто фізико-хімічні основи технологічного процесу одержання бензинової суміші, описано технологічну схему процесу отримання бензинової суміші, також виконано постановку завдань для автоматизації процесу отримання товарного бензину.

У другому розділі кваліфікаційної роботи описано вибір однієї із можливих одноконтурних САК, для якої: визначено часову характеристику, на підставі чого було розраховано передаточні функції вибраного ОК методом площ. Також наведено розрахунок оптимальних параметрів налаштування регульовального пристрою.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи магістра було виконано опис розробленої функціональної схеми автоматизації технологічного процесу отримання товарного бензину. Наведено підбір давачів для вимірювання технологічних параметрів процесу отримання товарного бензину, а саме вимірювання рівня тиску, вимірювання рівня температури, вимірювання величини витрати речовини, вимірювання рівня речовини в ємності та вимірювання октанового числа бензинової суміші.

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи виконано порівняльний аналіз існуючих систем автоматизації об'єктів - АСК ТП компресорною станцією та АСК установки очищення газу. Обрано необхідні апаратно-програмні засоби контролерного та верхнього рівнів керування АСК ТП отримання товарного бензину. Сформульовано вимоги до створюваної АСК ТП отримання товарного бензину. Виконано опис розробленої АСК ТП отримання товарного бензину.

та представлено структуру програмного забезпечення для АСК ТП.

У загальних висновках по кваліфікаційній роботі наведено отримані результати роботи «Метод керування автоматизованим складом для будівельних матеріалів».

1 ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ

У кінці 70-х років минулого століття у багатьох галузях промисловості розпочалося доволі широке використання спеціалізованої обчислювальної техніки, АСК ТП та виробництвом (АСКВ) [6, 7].

За декілька років ІТ в усьому світі набули досить потужного розвитку, кількість перейшла в нову відносно високу якість, почали широко впроваджувати так звані оптимізаційні задачі. Тепер основна роль належить технології, вона починає висувати вимоги до систем керування (СК).

На теперішній час жодне виробництво не може ефективно функціонувати без використання комп'ютерів та СК збудованих на їх основі. Це стосується всіх аспектів діяльності організацій та підприємств: оптимальне керування ТП, керування та контроль будь-якими видами ресурсів, розв'язання фінансово-економічних завдань, завдань підготовки, розв'язання транспортних проблем тощо [1-5].

Слід звернути увагу на особливості різних ТП саме нафтогазової галузі. Тому, що дані особливості визначають архітектуру АСК ТП та необхідні апаратні засоби автоматизації, що будуть використовуватись для її реалізації.

Відомо, що для ТП видобутку та переміщення газу та нафти характерна значна розосередженість ТО за територіями (видобувні та нагнітальні свердловини, лінійні ділянки магістральних нафто- та газопроводів, насосні станції, групові замірювальні установки і т. п.).

З іншого боку, багато ТП зосереджені на порівняно невеликих територіях. Це установки, що використовуються для підготовки нафти, установки для комплексної підготовки газу, дотискувальні насосні станції (НС), компресорні та НС магістральних газо-нафтопроводів, усі ТП по переробці газу та нафти, а також нафто-хімічні процеси тощо [1-5].

Зрозуміло, що комплекс технічних засобів та, відповідно, організація

каналів зв'язку даних об'єктів різні.

Керування ТП видобутку газу та нафти зводиться до керування самим обладнанням. Практично відсутнє так зване керування безперервне зі зворотним зв'язком. Відповідно досить широко розвинені функції контролю, сигналізації аварійних ситуацій та блокувань.

Для лінійних ділянок нафто-газопроводів більш саме характерні контроль параметрів, сигналізація відхилень значень та дискретне керування кранами. Ці об'єкти віддалені від пунктів керування на досить значні відстані. Водночас НС та компресорні станції - компактні об'єкти, під час автоматизації яких також повинні бути реалізовані функції саме безперервного керування (регулювання).

Керування процесами підготовки та переробки газу і нафти поряд із завданнями контролю та сигналізації відхилень вимагає широкого розвитку функцій стабілізації технологічних параметрів у режимі зі зворотним зв'язком (або саме - безперервне керування). Потрібне використання більш складних алгоритмів (системи з компенсацією збурень, каскадні системи, адаптивні системи, системи із взаємозалежними параметрами, системи оптимального керування).

Виходячи з особливостей об'єктів автоматизації нафтогазової галузі висуваються також відповідні вимоги не лише до архітектури, а також і до апаратних та програмних засобів АСК ТП [1-5].

Для автоматизації безперервних ТП підготовки газу і нафти, заводських процесів переробки газу і нафти, а також нафто-хімічних процесів найадаптованішими є так звані DCS-системи (або в перекладі Distributed Control System - розподілені системи керування), тобто інтегровані системи, які включають контролери (процесори), станції людини-оператора, комунікаційне устаткування та інтегроване ПЗ [6-8].

Для розосереджених об'єктів, таких, як нафтові та газові промисли, а також для об'єктів переміщення газу і нафти доцільніше використовувати так звані SCADA-системи (або Supervisory Control and Data Acquisition -

супервізорне/диспетчерське керування та збір даних). Завданням даних систем є забезпечення автоматичного дистанційного спостереження та дискретного керування функціями для великої кількості різних розподілених пристроїв (які часто розташовуються на досить великій відстані і один від одного, і від диспетчерського пункту (ДП)) [6-10].

Багаторівнева СК узагальнює число застосування даних систем для керування ТП в газової та нафтової промисловостях. Як правило, це дво- або, навіть, тривірневі системи, тому саме на цих рівнях повинне бути реалізоване безпосереднє керування ТП. Специфіка кожної конкретної СК визначається тим, яка на кожному рівні використовується програмно-апаратна платформа.

Нижній рівень - рівень об'єкта (контролерний) - охоплює різні типи давачів (або вимірювальних перетворювачів - ВП) для збирання поточної інформації про перебіг ТП, електроприводи та виконавчі пристрої для реалізації впливів керування та регулювання [9].

Оскільки інформація в програмованих логічних контролерах (ПЛК) попередньо обробляється та частково використовується на місці встановлення, досить суттєво знижуються вимоги до пропускну здатності каналів зв'язку.

В якості локальних ПЛК у системах контролю та керування різними ТП можливо використовувати контролери як вітчизняних, так і зарубіжних фірм виробників.

Інформація з ПЛК може направлятися в мережу диспетчерського пункту безпосередньо, а також через так звані контролери верхнього рівня (або концентратори, або комунікаційні контролери).

Верхній рівень - ДП – повинен охоплювати одну або кілька станцій керування, що являють собою так зване автоматизоване робоче місце (АРМ) людини-оператора. Тут же може бути розташовано загальний сервер бази даних. Станції керування призначені для відображення перебігу ТП та виконання оперативного керування. Дані завдання і покликане розв'язувати прикладне ПЗ SCADA, орієнтоване на розробку та підтримку інтерфейсу між людиною-

оператором і СК, а також на забезпечення взаємодії із навколишнім середовищем [10].

Усі апаратні засоби СК повинні бути об'єднані між собою спеціалізованими каналами зв'язку. На нижньому рівні ПЛК взаємодіють із давачами та виконавчими пристроями, а також з блоками розподіленого та віддаленого вводу/виводу за допомогою польових шин та спеціалізованих мереж віддаленого вводу/виводу.

Сполучною ланкою між ПЛК та контролерами верхнього рівня, а часто і пультами людини-оператора є керуючі мережі. Зв'язок різних АРМ оперативного персоналу між собою, з ПЛК верхнього рівня, а також з вищим рівнем здійснюється за допомогою спеціальних інформаційних мереж.

Таким чином, автоматизація в промисловості стає необхідною умовою виживання будь-якого типу виробництва. Саме автоматизація стає найдоступнішим, а іноді і єдиним шляхом для швидкого підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості та підвищення кінцевої якості продукції. Комп'ютерний аналіз великих потоків інформації в контурах керування та відображення ТП, у вигляді віртуальних мнемосхем, а також оптимізація керування промисловими об'єктами дають можливість оперативного переналаштування встановленого обладнання під час його роботи без зупинки всього виробництва [8].

Удосконалення експлуатації, застосування новітнього обладнання та технологічних схем, а також приладів та пристроїв створених на базі мікропроцесорної техніки, розробка та використання АСК є основними напрямками технічного прогресу в нафто-газовій промисловості [6-10].

1.1 Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень процесу отримання товарного бензину

1.1.1 Основні показники якості бензинової суміші

Benzine (в перекладі з французької) - прозора рідка суміш легких вуглеводнів із температурою кипіння в межах від 30–205 °С, з густиною від 0,71 до $0,76 \cdot 10^3$ кг/м³. Виготовляється шляхом змішування компонентів первинної (або прямої) перегонки нафти, продуктів крекінгу окремих її фракцій та певних присадок (в основному тих, що підвищують октанове число) [11, 12].

Бензин використовується в якості палива для автомобільних двигунів із запалюванням за допомогою іскри. Базові показники якості бензину: фракційний склад, тиск насичених парів (ТНП), детонаційна стійкість.

Фракційний склад. Бензин, який надходить у систему живлення карбюраторного двигуна автомобіля, повинен утворювати спеціальну паливо-повітряну суміш певного складу, що в свою чергу забезпечить повноту згоряння на всіх режимах роботи двигуна автомобіля. Відповідно горюча суміш повинна мати певні співвідношення повітря та парів бензину.

Сутність визначення фракційного складу зводиться до наступного. Бензин у обсязі 100 мл нагрівають у спеціальному приладі, пари, що утворюються, потім охолоджують, відбувається конденсація та перетворення на рідину, яку збирають у мірний циліндр. Під час процесу перегонки реєструють температуру початку кипіння (або падіння першої краплі в циліндр), а потім википання 10,50,70,90% та кінця кипіння. Ці дані наводять у державних стандартах та відповідних паспортах якості бензину [11, 12].

ТНП - це тиск, з яким утворені пари діють на стінки посудини під час випаровування палива в замкнутому просторі. ТНП суттєво залежить від фракційного та хімічного складів палива. Як правило, чим більше в паливі міститься легко-киплячих вуглеводнів, тим вища пружність утворених парів. Відповідно ТНП зростає при підвищенні температури. Визначають ТНП, витримуючи бензин, протягом 20 хвилин у герметичному резервуарі при сталій температурі на рівні 38°C. Після закінчення цього часу за манометром фіксують ТНП бензину.

Детонаційна стійкість - найважливіший показник загальної якості бензину.

Октанове число (ОЧ) бензину - базовий показник, що характеризує саме детонаційну стійкість бензину. Визначають за допомогою підбору суміші еталонних вуглеводнів - гептану (ОЧ=0) та ізооктану (ОЧ=100), детонаційна стійкість якої дорівнює детонаційній стійкості суміші бензину, що випробовується, за рівних умов виконання випробування. Відповідно, процентний вміст ізооктану в отриманій суміші приймають за октанове число бензину. Визначення ОЧ виконують на спеціалізованій моторній установці, зі змінним ступенем стиснення, двома методами: моторним і дослідницьким.

Моторний метод має суттєво жорсткіший режим випробування (вища кількість обертів, підвищена температура) для визначення ОЧ бензину в умовах форсованої роботи двигуна автомобіля (наприклад, під час руху автомобіля швидкісною трасою).

Під час дослідницького методу режими та параметри моторної установки підбирають таким чином, щоб характеризувати детонаційні властивості бензину під час експлуатації автомобіля в умовах руху містом (частими пусками та зупинками двигуна, рух із невисокою швидкістю).

У зв'язку з цим ОЧ визначена за дослідницьким методом на 4-10 одиниць вища, ніж за моторним методом. Дану різницю називають чутливістю бензину.

Змінити ОЧ бензину можливо шляхом змішування низько- та високооктанового бензинів. Октанове число даної суміші (за моторним методом) буде розраховуватись згідно із наступною формулою:

$$ОЧ_{\text{суміші}} = ОЧ_{\text{н}} + y \cdot (ОЧ_{\text{в}} - ОЧ_{\text{н}}), \quad (1.1)$$

де $ОЧ_{\text{в}}, ОЧ_{\text{н}}$ - відповідно октанові числа високо- та низькооктанового бензину визначені згідно із моторним методом; y - відносна частка високооктанового бензину в суміші.

Якщо ОЧ компонентів суміші визначено за допомогою дослідницького

методу, їх слід замінити ОЧ, визначеними за допомогою моторного методу.

Висока детонаційна стійкість (високе ОЧ) бензинової суміші досягається використанням в якості його компонентів високооктанових вторинних продуктів переробки нафти та/або антидетонаторів [11, 12].

Антидетонатори - речовини, які додаються в бензинову суміш із метою підвищення її детонаційної стійкості.

У бензинах марок А-80, А-91 та А-92 використовуються в якості антидетонаторів суміші на основі ароматичних амінів (А4А, екстралін, Самін, Дакс). Дані речовини малотоксичні, не утворюють нагару, стабільні та володіють гарною ефективністю - у концентрації до 1% здатні підвищити ОЧ бензинової суміші на 9-12 відносних одиниць.

Одним із найефективніших антидетонаторів, які мають широке використання нині у високорозвинених країнах, є метил-трет-бутиловий ефір (МТБЕ). За своїми фізико-хімічними властивостями МТБЕ досить близький до бензинів, володіє високим октановим числом, нетоксичний. Якщо додати в бензинову суміш 10-15% МТБЕ то ОЧ буде збільшене на 6-12 одиниць, що дає змогу отримувати неетильовані бензини із досить високою детонаційною стійкістю та відносно хорошими екологічними характеристиками.

Бензини за ДСТУ, залежно від випаровуваності і, відповідно, пускових властивостей, класифікують на зимові, літні та всесезонні сорти. Зимові сорти містять більше легких спускових фракцій, тому якщо заправити ними автомобіль влітку це може спричинити пароповітряні пробки в його паливній системі, що, в свою чергу, призведе до перебоїв у роботі двигуна автомобіля [13].

В залежності від величини ОЧ (визначеного за дослідницьким методом), встановлено наступні три марки бензинів: «Регуляр 91», «Преміум 95» і «Супер 98». «Регуляр-91» використовується в якості заміни А-92 та А-93. Бензини марок «Преміум 95» та «Супер 98» повністю відповідають західним стандартам і, відповідно, призначені переважно для автомобілів саме іноземного виробництва.

1.1.2 Методи отримання бензинової суміші

Промислове виробництво палив зазвичай складається з наступних основних етапів: підготовчого (знесолення та зневоднення), первинної переробки нафти та процесів змішування (або компаундування).

Як відомо, первинна переробка (або пряма перегонка) - поділ нафти на окремі фракції відповідно до температур їх кипіння. Мета даного процесу досить проста - як і всі інші сполуки, будь-який рідкий вуглеводень нафти має свою температуру кипіння, тобто температуру, вище якої він буде випаровуватись. Температура кипіння, відповідно, зростає від збільшення числа атомів карбону в молекулі. Наприклад, бензол C_6H_6 кипить при температурі $80,1^\circ C$, а толуол $C_6H_5 - CH_3$ при температурі $110,6^\circ C$.

Розрізняють два способи перегонки нафти. Найстаріший із цих способів базується на принципі фракційного випаровування: нафту піддають поступово зростаючому нагріванню, під час якого з неї послідовно відганяють спочатку легко-киплячі бензини, так звані, лігроїни, а потім дедалі важчі фракції - гасові, дизельні та мазутні. Вище рівня в $350^\circ C$ температуру речовини не піднімають, оскільки у вуглеводнях, що залишаються, містяться нестабільні сполуки, які під час нагрівання осмолюють нафту, розкладаються до карбону та здатні закоксувати, або забити смолою всю апаратуру [14].

Другий спосіб перегонки нафти ґрунтується на принципі фракційної конденсації: нафту піддають швидкому нагріванню до температури кипіння найважчих фракцій, а потім конденсують у спеціальних ректифікаційних колонах. Після перегонки отриманий бензин піддається стабілізації (випаровування легких вуглеводнів $C_3 - C_5$) і очищенню від ненасичених, кисневих та сірчистих сполук [15].

Пряма перегонка надає можливість отримати невелику частину (10–25%) бензинових фракцій, переважно невисокої якості. Так звані, прямогонні бензини володіють, як правило, дуже низьким ОЧ (не вище 60 одиниць). Для збільшення виходу та поліпшення його якості використовують деструктивні процеси.

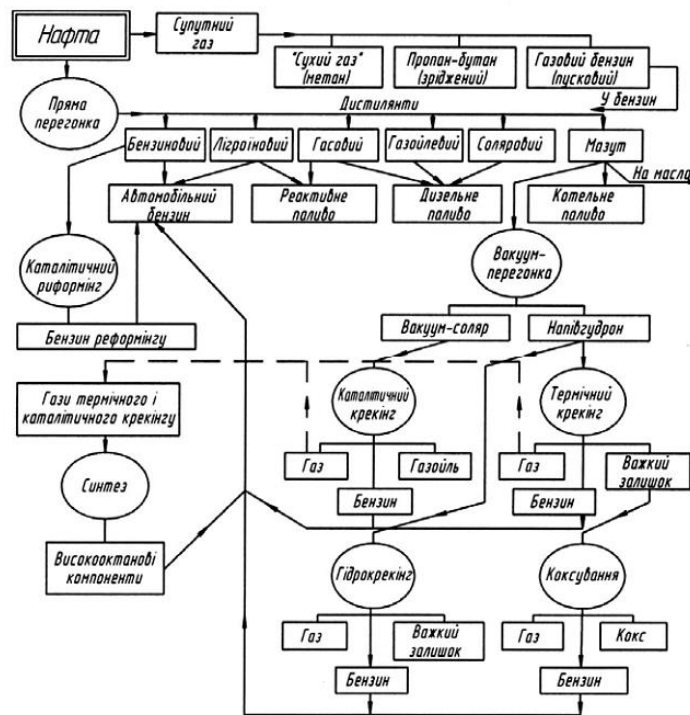


Рисунок 1.1 – Принципова схема отримання нафтового палива

Вторинна переробка (або деструктивні процеси від лат. *destructio* - порушення, руйнування структури) змінює хімічний склад та саму структуру вуглеводнів.

Основним методом вторинної переробки є крекінг (від лат. *cracking* - розщеплення), головна реакція даного процесу - розщеплення великих молекул на більш малі: під дією лише високих температур без використання каталізатора - термічний крекінг, з використанням каталізатора - каталітичний крекінг, з використанням каталізатору та водню - гідрокрекінг. Дані процеси дають можливість збільшити вихід бензинових фракцій із нафти до рівня 60%.

Для отримання високооктанових компонентів ТБ використовують процеси каталітичного риформінгу (отримання ароматичних компонентів), ізомеризації (отримання ізомерів), алкілування (отримання алкілатів), піроліз (термічне розщеплення та ізомеризація). Для видалення сірки з палив застосовується спеціальне гідроочищення.

Порівняно з первинною переробкою всі процеси вторинної переробки

більш складні в технологічному плані й дорогі, проте дають можливість суттєво збільшити вихід ТБ та поліпшити загальну якість.

Змішання прямогонних фракцій з компонентами вторинних процесів і присадок є завершальним процесом отримання ТБ. Компаундуванням можливо приготувати заданий продукт із низки компонентів у різних пропорціях, раціонально використовуючи фізичні та хімічні властивості кожного компонента. Крім того, компаундування дає можливість правильно використовувати всі ресурси наявних компонентів для приготування ТБ [12-15].

1.1.3 Фізико-хімічні основи ТП отримання бензинової суміші

Процес виробництва бензинової суміші базується на доведенні властивостей гексанової фракції, отриманої з куба колони марки К-605 газофракційної установки ГФУ-300, до вимог, які встановлюють до автомобільних палив. При цьому необхідна кореляція двох наступних показників - антидетонаційної стійкості та пускових властивостей.

Антидетонаційні властивості забезпечуються за рахунок введення в суміш високооктанових компонентів та антидетонаторів. В якості антидетонатор може використовуватись вельми ефективний та доступний екстралін [14].

Пускові властивості повинні бути забезпечені за рахунок використання пентанів, що містяться в стабільному бензині. Необхідну кількість пентанів визначено експериментально в лабораторних умовах та підтверджено відпрацюванням на реальному двигуні автомобіля.

Не менш важливим у виробництві бензинової суміші є також процес компаундування (змішування) компонентів. Передбачено змішування в декілька стадій:

- у ємностях горизонтального типу Є-5, Є-6 за рахунок турбулентного збурення стаціонарного шару рідини;
- у змішувачах статичного типів ЗМ-1, ЗМ-2 та ЗМ-3 за рахунок турбулізації потоку та використання доцентрових та відцентрових сил;

- у відцентрових насосах НС-1, НС-4 та наступних трубопроводах за рахунок пульсацій, відцентрових, коріолісових та доцентрових сил [15].

1.1.4 Опис технологічної схеми процесу отримання бензинової суміші

Вузол отримання автомобільного бензину призначений для виробництва бензину методом компаундування (змішування) гексанової фракції, суми пентанів, високооктанових компонентів (толуолу та МТБЕ) шляхом виконання наступних операцій (рис. 1.2):

- прийом привізних компонентів;
- дозування компонентів та наступне компаундування;
- зберігання та відправка готової продукції.

Режим роботи даної установки - періодичний.

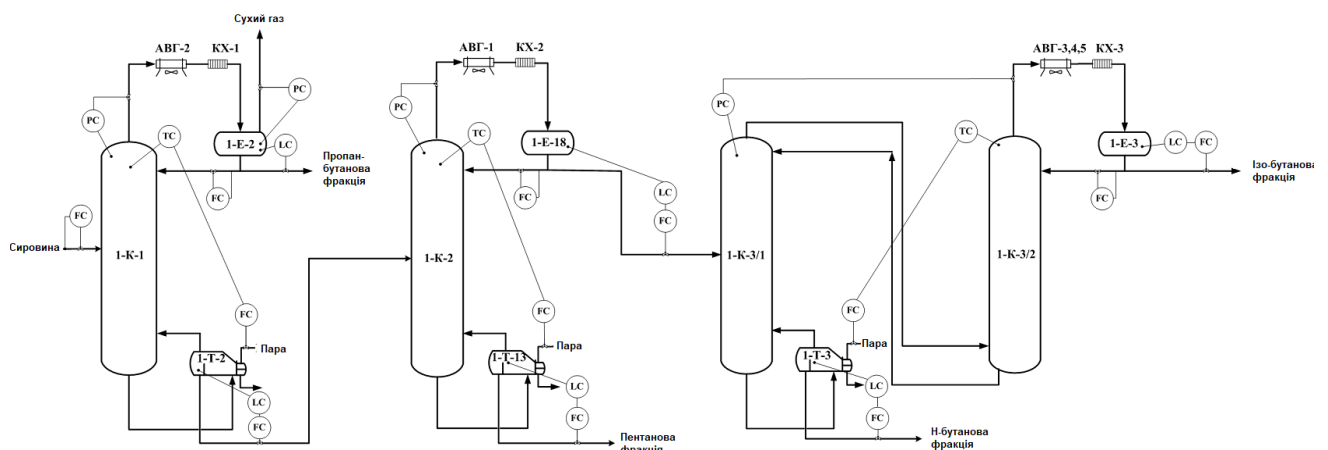


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд технологічної схеми процесу отримання бензинової суміші

Блок змішування являє собою цілий технологічний комплекс, що складається з наступних вузлів:

1. Вузол прийому високооктанових компонентів та антидетонатора для змішування. У вузол входять ємності Є-2, Є-3, Є-4, насоси НС-2, НС-3 та змішувач ЗМ-2.

2. Вузол змішування гексанової фракції з пентанами колони К-605 ГФУ-300 або зі стабільним бензином ГФУ-2 та приймання суміші на установку. У вузол входять змішувач ЗМ-1 та ємність Є-1.

3. Вузол отримання бензину. Вузол складається із ємностей Є-5, Є-6, змішувача ЗМ-3 та насосів НС-1, НС-4.

Ємності Є-1-6 підключаються до газовідвідної лінії, яка закінчується гідрозатвором Гз-1.

Технологія передбачає забезпечення надійних пускових якостей бензину за рахунок включення в склад пентанових фракцій. Введення пентанів у гексанову фракцію можливе двома способами [14, 15]:

- змішання гексанової фракції із фракцією суміші пентанів, що отримані з колони типу К-605 ГФУ-300;

- змішання гексанової фракції із більш стабільним бензином із ГФУ-2 у співвідношенні один до одного у літній період та вісім до двох - в зимовий період.

Високооктанові компоненти МТБЕ та толуол транспортуються до ємностей Є-2 і Є-3, антидетонатор (екстралін або N-метиланілін) - до ємності Є-4, з яких забирають насоси НС-2 НС-3, у заданому співвідношенні змішуються у змішувачі ЗМ-2 та транспортуються для змішування з пентанізованою гексановою фракцією до змішувача ЗМ-3. Передбачено 100 % резервування змішувачів для їх ревізії та очищення від можливих засмічень.

Далі потік вуглеводнів надходить у ємність Є-5 або Є-6. Після наповнення однієї ємності транспортування рідини перемикається в іншу ємність і вмикається циркулюючий насос НС-4 з метою перемішування рідини по всій висоті та об'єму ємності. Для цієї мети ємності оснащуються спеціальними колонками для забору на насос рідини по всій висоті ємності і барботерами, розташованими в нижній частині для введення циркулюючої рідини з викиду насоса. Час повної циркуляції 3 години. При цьому насос продуктивністю 60 м³/год забезпечить 100 % кратність циркуляції рідини в ємностях Є-5, Є-6,

об'єм яких заплановано в 200 м³.

Після завершення циркуляції здійснюється відбір проби бензинової суміші та визначається його ОЧ згідно із дослідницьким методом на установці УІТ-85. Якщо даний показник не нижче за 80 пунктів, то циркуляцію припиняють і бензинову суміш відправляють у резервуар Є-7, де відбирають пробу і виконують аналітичний контроль за всіма показниками.

Якщо аналіз на УІТ-85 не дає необхідного показника за ОЧ (тобто нижче 80 пунктів згідно із дослідницьким методом), то потрібна додаткова добавка суміші компонентів або антидетонатора. При цьому одночасно виконується циркуляція суміші за схемою ємність-насос. Далі проводиться відбір проби, аналіз на УІТ-85 та після доведення до необхідного ОЧ здійснюється відкачування продукту в Є-7.

Атмосферні опади з піддону майданчика пункту наливання (стічні води) самопливом надходять у підземну ємність Є-8 установки одержання бензинової суміші, звідки разом зі стічними водами установки азотом передавлюються в мережу промислових стоків на очищення [14, 15].

1.2 Постановка завдань для автоматизації процесу отримання товарного бензину

Для досягнення поставленого завдання кваліфікаційної роботи магістра необхідно розв'язати наступні завдання:

- забезпечити виконання планових завдань за обсягом та якістю ТБ з мінімально необхідною кількістю обслуговуючого та експлуатаційного персоналу шляхом використання дистанційного контролю та керування ТО, забезпечити раціональне завантаження технологічного персоналу, шляхом автоматизації алгоритмів керування ТехО для позбавлення технологічного персоналу виконання обчислень та рутинних операцій;
- підвищити рівень безпеки виробництва завдяки системі виявлення

передаварійних та аварійних ситуацій в режимі реального часу, забезпеченню надійної та безаварійної роботи ТП й устаткування вузла отримання ТБ за допомогою використання автоматизованих та автоматичних алгоритмів блокувань та захистів;

- знизити невиробничих втрат енергетичних та матеріально-технічних ресурсів, зниження величини експлуатаційних витрат шляхом реалізації оптимального керування статичними режимами ТБ;

- підвищити швидкість зборки, обробки та подання своєчасної та реальної інформації про перебіг ТП, стан устаткування та спеціалізованих технологічних засобів керування оперативному персоналу для контролю та прийняття необхідних рішень;

- забезпечити автоматизоване ефективне керування ТП в нормальних, передаварійних та перехідних ситуаціях.

1.3 Висновки до першого розділу

Проведено аналітичний огляд існуючих технічних та технологічних рішень процесу отримання товарного бензину, а саме вказано основні показники якості бензинової суміші, описано методи отримання бензинової суміші, розглянуто фізико-хімічні основи технологічного процесу одержання бензинової суміші, описано технологічну схему процесу отримання бензинової суміші.

Виконано постановку завдань для автоматизації процесу отримання товарного бензину.

2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ

2.1 Мета експериментального визначення статичних та динамічних характеристик об'єктів керування

Статичною характеристикою (СХ) елемента або об'єкта керування (ОК), що не залежить від конструкції чи призначення, називається пряма залежність вихідної (керованої) величини від вхідної в зрівноважених станах. Визначити СХ можливо або розрахунковим шляхом або експериментально. СХ можливо відобразити у табличному вигляді або графічно. Зазвичай визначення СХ простих ОК не становить труднощів, крім того, вони часто наводяться в довідковій літературі. Для багатьох складних ОК СХ є невідомими, і їх досить важко розрахувати аналітично. У даному разі вдаються до експериментального визначення СХ на реально діючих ОК [16-18].

Експериментальне визначення СХ полягає у створенні низки послідовних зрівноважених станів ОК за відповідних вхідних та керованої величин. У цьому випадку орган, що відповідає за керування витратою енергії чи матерії або припливом в ОК, дистанційно або безпосередньо переводять із положення, що відповідає зрівноваженому стану, в інше. При досягненні нового зрівноваженого стану ОК записують значення вхідних та керованих величин за показаннями ВП. За визначеними вхідними та керованими величинами можна скласти таблицю і побудувати графічну залежність СХ та, відповідно, визначити коефіцієнт посилення ОК [16-18].

Якщо за умовами експлуатації ОК регулювати значення вхідних та керованих величин у досить широкому діапазоні неможливо, то вводять обмеження невеликою границею вхідних величин поруч із заданим значенням керованого параметра, тобто знімають робочу ділянку СХ, у межах якої допустимі зазначені вище зміни.

В свою чергу, динамічною характеристикою (ДХ) ОК називають зміни в часі керованої величини в залежності від вхідної в перехідному режимі при тому чи іншому законі зміни вхідної величини. Аналітично ДХ записують зазвичай за допомогою диференціальних рівнянь, а графічно - у вигляді графічних залежностей (або кривих), де на осі абсцис відкладають час, а на осі ординат - значення вихідної величини. Очевидно, що графічні залежності ДХ будуть відрізнятися за різних законів зміни вхідної величини. Для визначення ДХ і порівнянню їх між собою прийнято базові закони зміни вхідних величин, близькі до законів, які можуть діяти у реальних умовах роботи СК. Досить часто даним законом є стрибкоподібна зміна вхідної величини, за якої керована величина змінюється миттєво [16-18].

ДХ елементів СК можливо визначати так само, як і СХ - розрахунковим шляхом або експериментально.

Для оцінки динамічних властивостей ОК можливо використати часові характеристики, отримані з діючих об'єктів. Дані характеристики можливо знімати лише в тих випадках, коли є можливість прикласти дію збурення та залишити на певний проміжок часу, достатній по тривалості для закінчення перехідного процесу, або доки не встановиться постійна швидкість зміни керованої величини у нейтральних ОК або доки керована величина не набуде постійного не змінного значення у стійких ОК. Регульовані ОК часто володіють декількома каналами збурення, тому є необхідність зняти характеристики за всіх видів збурень. Однак у низці випадків можливо обмежитися зняттям характеристик лише для основних каналів.

Найбільший практичний інтерес представляє дослідження динамічних властивостей під час дії збурень, що викликані зміною величини, на яку буде діяти або вже має вплив орган регулювання. Під час зняття часових характеристик досить важливим є визначення величини дії збурення. Під час вибору величин дії збурення виходять із допустимих відхилень під час ТП. Однак необхідно, щоб штучно введена величина дії збурення значно

перевищувала за величиною всі випадкові дії збурення, які можуть виникнути під час зняття характеристик [16-18].

Характеристику часу визначають у наступний спосіб. Перед експериментом ОК приводять у зрівноважений стан тобто забезпечують сталість усіх керованих і вхідних величин. Після стабілізації прикладають стрибкоподібну дію збурення, відзначаючи при цьому час та величину. Потім стежать за зміною керованої величини, записуючи її значення доти, доки керована величина не прийме нового постійного значення або доки не встановиться постійна швидкість її зміни. На підставі отриманих даних будують графічну залежність в координатах: керована величина - час, яка відповідно, і буде часовою характеристикою ОК. Для зняття часової характеристики на ОК повинні бути змонтовані прилади для вимірювання керованої та вхідної величин. Під час експерименту записуються також усі параметри, пов'язані з керованою величиною, для того щоб під час опрацювання результатів експериментальних досліджень встановити, що зняті характеристики не спотворені сторонніми діями збуреннями [16-18].

В залежності від динамічних властивостей ОК графічні залежності зміни керованої величини можуть мати різний характер. Щоб отримати вихідні дані для розрахунку СК, необхідно знайти аналітичні рівняння експериментально отриманих графічних залежностей. В якості даних аналітичних рівнянь будуть диференціальні рівняння ОК.

На сучасному етапі є декілька методів знаходження диференціального рівняння ОК за наявними часовими характеристиками. Метод площ - ґрунтується на припущенні, що досліджуваний ОК може бути описаний лінійним диференціальним рівнянням з коефіцієнтами константами. Необхідно зазначити, що багато промислових ТО мають одну з наступних особливостей, що впливають на форму кривої розгону:

- ОК характеризується наявністю самовирівнювання та відсутністю транспортного запізнювання;

- ОК характеризується відсутністю самовирівнювання та транспортного запізнювання;

- ОК характеризується відсутністю/наявністю самовирівнювання та наявністю транспортного запізнювання [16-18].

2.1.1 Виділення САК із загальної схеми автоматизації ТП

Стабільний бензин (фракція суми пентанів) та гексанова фракція зі складу готової продукції надходять у змішувачі ЗМ-1. На потоках гексанової фракції і фракції суми пентанів регулюють витрату використанням клапанів FV317.3, FV316.3 (або FV318.3) відповідно.

Зобразимо трубопровід, яким здійснюється подача гексанової фракції, у наступному вигляді:

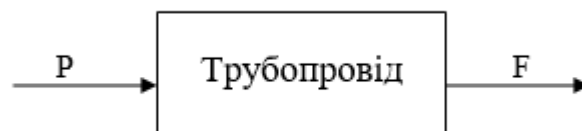


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд магістралі трубопроводу для подачі гексанової фракції

Вхідним параметром є тиск у магістралі трубопроводу до клапана позначено літерою P , керованим параметром витрата рідини після встановленого клапана – F (див. рис. 2.1).

Виділимо одноконтурну САК із загальної схеми автоматизації ТП [18].

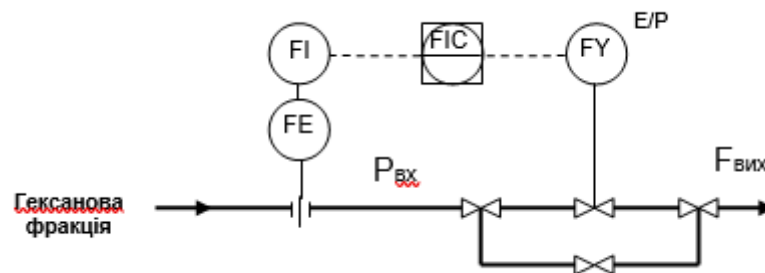


Рисунок 2.2 - Схема одноконтурної САК витрати гексанової фракції

На рисунку 2.2 представлено одноконтурну САК витрати гексанової фракції. У САК є регулятор FIC, який виконує необхідне регулювання витрати гексанової фракції відповідно до встановленого завдання. У розглянутій САК одна керована величина - витрата рідини $F_{\text{вих}}$ на виході трубопроводу.

2.1.2 Визначення передаточної функції трубопроводу за кривою розгону з використанням методу площ [16-18]

Для знаходження передаточної функції ОК за проміжним і основним каналами використаємо метод площ.

Розглянемо випадок коли крива розгону задана в графічному вигляді.

Знайдемо передаточну функцію трубопроводу. Керована величина $F_{\text{вих}}$ (витрата в $\text{м}^3/\text{год}$) у результаті прикладеного до ОК сили збурення $\Delta P_{\text{вх}}$ (зміна тиску) при часі, що прямує до безкінечності ($t \rightarrow \infty$) прагне до кінцевого значення керованої величини $\Delta F_{\text{вих}}(\infty)$, відмінної від нуля.

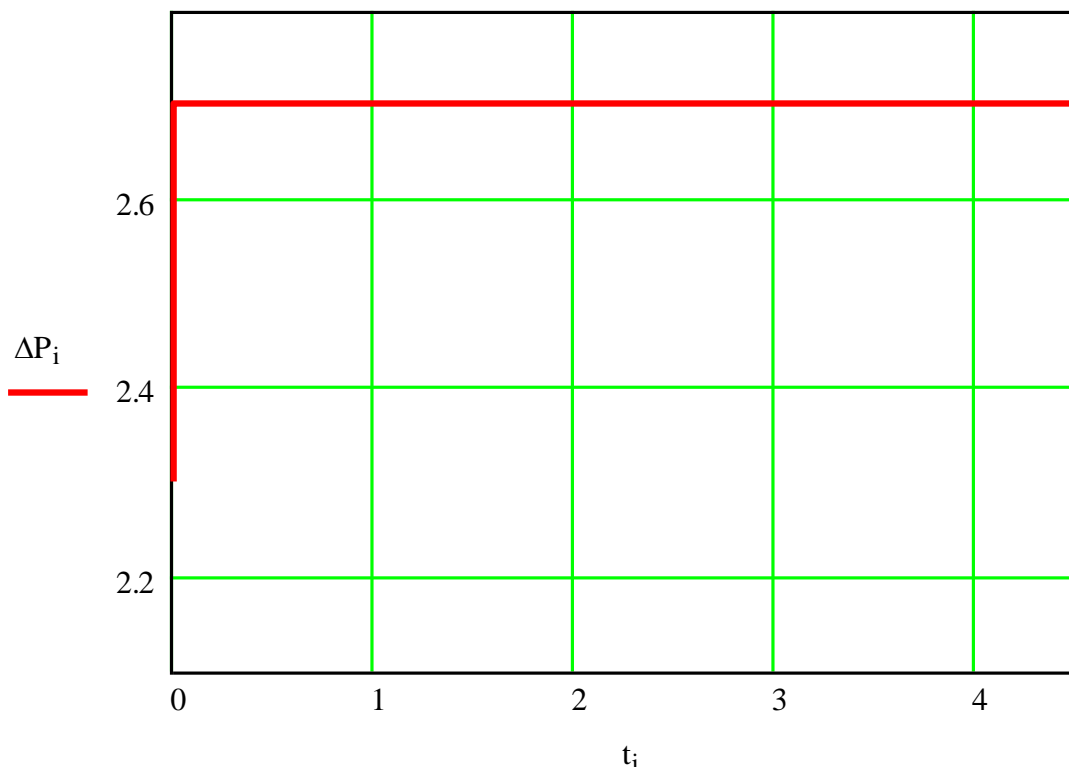


Рисунок 2.3 – Графічна залежність сили $\Delta P_{\text{вх}}$ збурення за часом

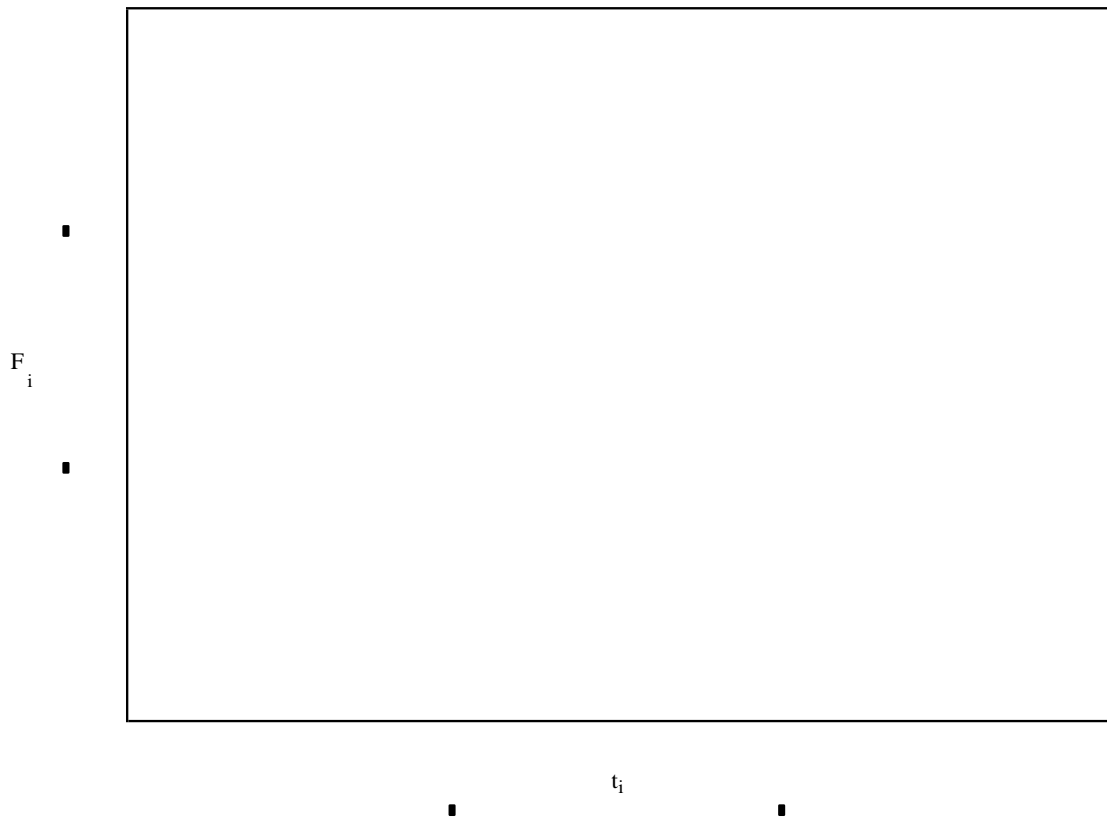


Рисунок 2.4 – Графічна залежність керованої величини $\Delta F_{\text{вих}}(\infty)$ за часом

Виконаємо розбиття вісі часу на відрізки з інтервалом $\Delta t=0,2$, виходячи з умови того, що протягом усієї графічної залежності функція виходу в межах $2\Delta t$ лінеаризована.

Представимо отримані дані в табличному вигляді (див. Додаток В, табл. В.1). Для цього визначимо значення $\Delta X_{\text{вих}}$ для кожного інтервалу часу Δt .

Тип передаточної функції можливо визначити, побудувавши графічну залежність залежності $F(t) = \sigma(t)$.

Згідно вигляду графічної залежності (рис. 2.5) визначимо тип передаточної функції в безрозмірному вигляді за наступним виразом:

$$W(p) = \frac{1}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1}. \quad (2.1)$$

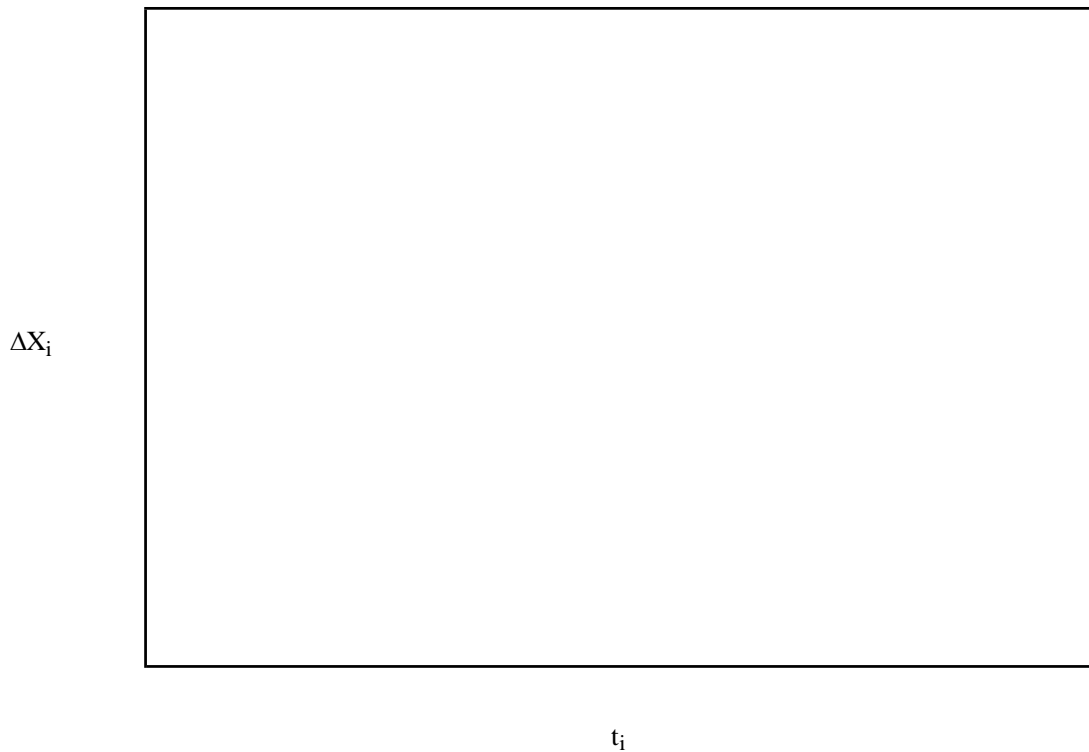


Рисунок 2.5 – Графічна залежність $F(t) = \sigma(t)$

Наше задача полягає в тому, щоб розрахувати невідомі коефіцієнти поліномів знаменника рівняння (2.1). Розрахуємо площі F_1 , F_2 , F_3 для знаходження невідомих коефіцієнтів.

$$F_1 \approx \Delta t \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - \sigma(t)]_i - 0,5[1 - \sigma(0)] \right\} = 0,85. \quad (2.2)$$

Таким чином, функцію приведено до безрозмірного вигляду.

Виконаємо перебудову функції $1 - \sigma$ в іншому масштабі часу (за незалежну перемінну приймемо перемінну θ) [16-18].

Занесемо отримані дані в таблицю В.2 (див. Додаток В) та розрахуємо коефіцієнти F_2 , F_3

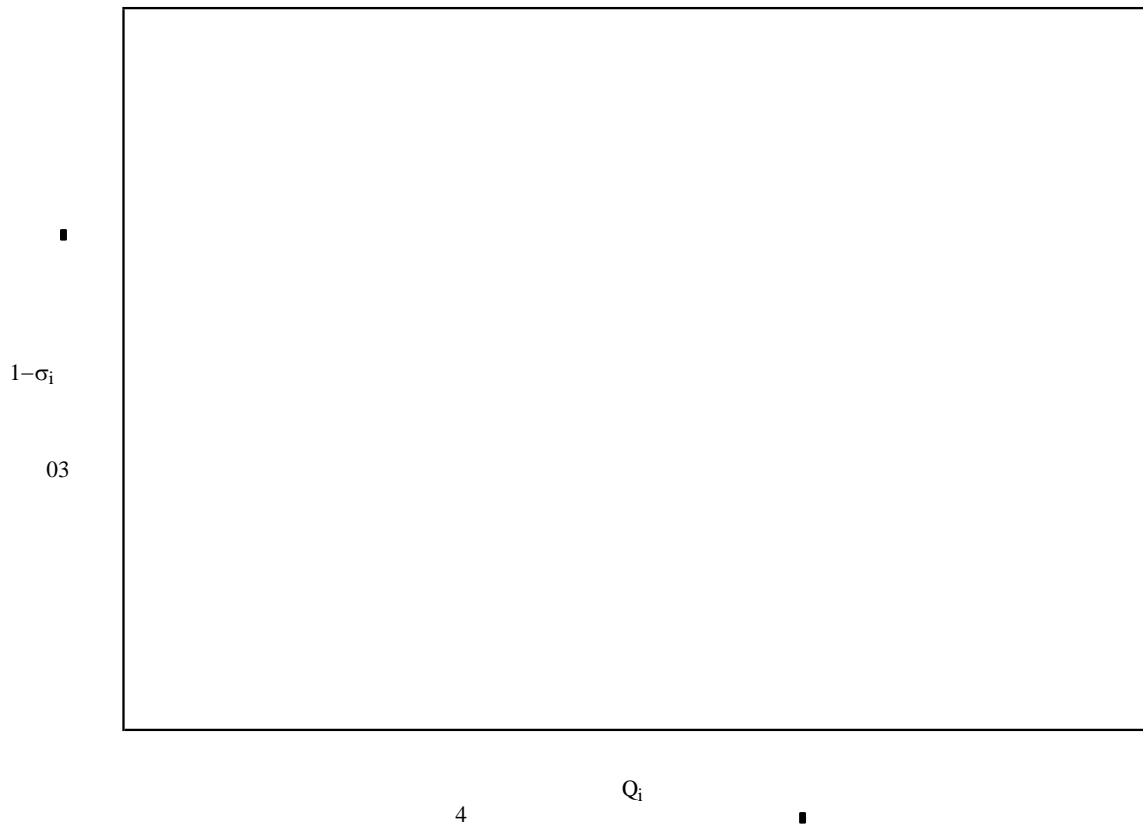


Рисунок 2.6 – Графічна залежність функції $1 - \sigma$

$$F_2 = F_1^2 \Delta \theta \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - \sigma(t)] \cdot [1 - \theta]_i - 0,5 [1 - \sigma(0)] \right\} = 0,09; \quad (2.3)$$

$$F_3 = F_1^3 \Delta \theta \left\{ \sum_{i=0}^n [1 - \sigma(t)] \cdot \left[1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2} \right]_i - 0,5 [1 - \sigma(0)] \right\} = 0,03. \quad (2.4)$$

Виконаємо запис остаточного вигляду виразу досліджуваного ОК в розмірному вигляді.

$$K(p) = K_1(p) \cdot K_2(p);$$

$$K_2(p) = e^{-p\tau} = e^{-2p};$$

Виконаємо необхідну підстановку:

$$a_1 = F_1; a_2 = F_2; a_3 = F_3.$$

Тоді,

$$K_1(p) \left[\frac{x_{вих}^*}{x_{вх}^*} \right] = K(p) \left[- \frac{\Delta x_{вих}(\infty) \left[x_{вих}^* \right]}{\Delta x_{вх}(\infty) \left[x_{вх}^* \right]} \right] = \frac{0,3}{0,029p^3 + 0,09p^2 + 0,85p + 1} \left[\frac{m^3 / год}{кг / м^2} \right];$$

$$K(p) = \frac{3,1 \cdot e^{-2p}}{0,029p^3 + 0,09p^2 + 0,85p + 1}.$$

2.2 Моделювання та розрахунок одноконтурної САК

Маючи передаточну функцію ОК, виконаємо розрахунок параметрів налаштування регулятора, дослідимо вплив параметрів налаштування на якість перехідного процесу в САК, дослідимо вплив дії збурення, та регулювального впливу на характер зміни керованого параметра.

Відомо, що на практиці побудови систем автоматизації об'єктів газової та нафтової промисловості широке застосування знайшли одноконтурні САК. В якості прикладів можна навести наступні: регулювання рівня рідини в технологічних апаратах різного призначення (наприклад, абсорберах, ректифікаційних колонах тощо), регулювання тиску в сепараторі, стабілізація витрат нафти, газу, нафтопродуктів у технологічних лініях, регулювання температури на виході теплообмінника [1-6].

Типове завдання налаштування САК в промисловості, може бути сформульоване наступним чином: виходячи зі розрахованої аналітично або в результаті обробки отриманих даних експериментальних досліджень

передаточної функції ОК та обраного на етапі проектування САК закону регулятора (П, ПД, ПІ), необхідно вказати параметри налаштування регулятора, які будуть забезпечувати задану якість та стійкість САК. У даній кваліфікаційній роботі задається передаточна функція системи, до складу якої ввійшли давач (Д), виконавчий пристрій (ВП) та об'єкт керування (ОК) (рис. 2.7). Таким чином, ми під терміном «регулятор» будемо розглядати «регулювальний пристрій» (РП) [16-18].

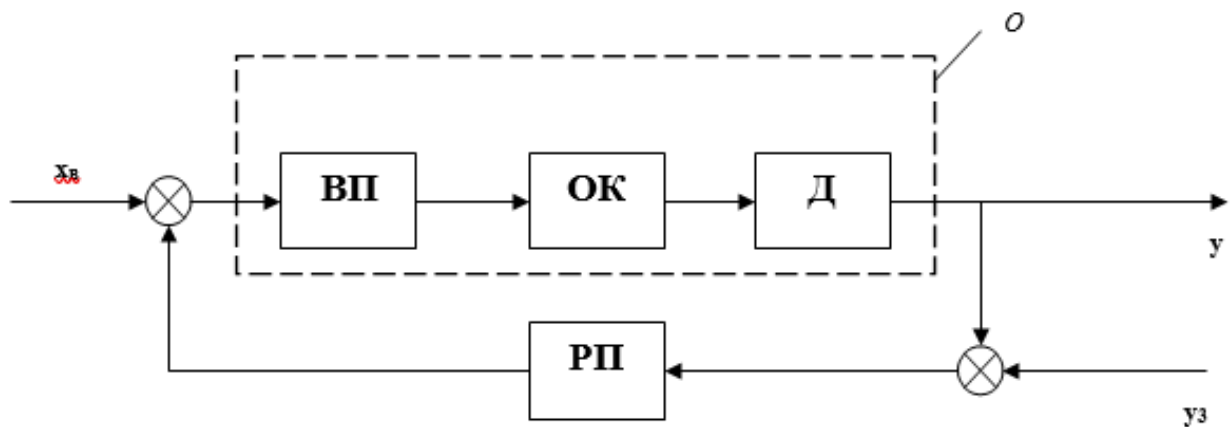


Рисунок 2.7 – Загальний вигляд функціональної схеми одноконтурної САК

Структурна схема САК за такого характеру представлення ОК та дії збурення каналом регулювального впливу прийме вигляд, наведений на рисунку 2.8.

Передаточні функції регуляторів представлено в наступному вигляді:

$W_p(p) = \Pi_1$ - для П-регулювального пристрою;

$W_p(p) = \Pi_1 + \Pi_2/p$ - для ПІ-регулювального пристрою;

$W_p(p) = \Pi_1 + \Pi_2/p + \Pi_3 \cdot p$ - для ПД-регулювального пристрою.

Де, $\Pi_1 = k$ - коефіцієнт посилення; $\Pi_2 = 1/T_i$; $\Pi_3 = T_n$.

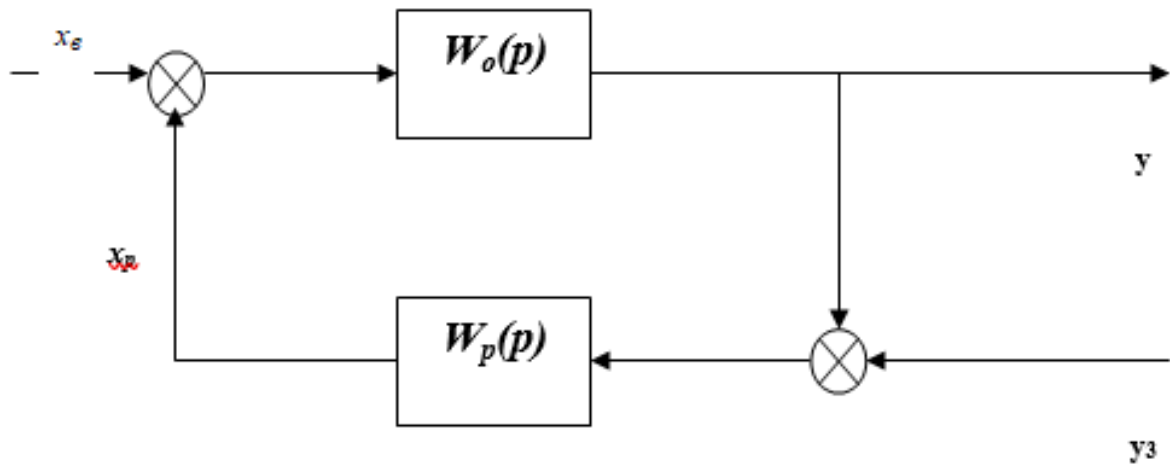


Рисунок 2.8 – Структурна схема одноконтурної САК:

$W_o(p)$ - передаточна функція ОК; $W_p(p)$ - передаточна функція регулювального пристрою; y - реальне значення регульованого параметра; $u_з$ - задане значення регульованого параметра; x_p - регулювальний вплив (вихідна величина регулятора); $x_в$ - вплив дії збурення; x - вплив на вході об'єкта регулювання

2.2.1 Розрахунок необхідних параметрів налаштування регулювальних пристроїв за допомогою використання розширених амплітудо-фазових характеристик [16-18]

За допомогою розширених амплітудо-фазових характеристик (АФХ) в області параметрів налаштування регулювального пристрою будується, так звана, «лінія рівного загасання», відповідна заданому ступеню загасання ψ перехідного процесу САК. Далі на даній лінії будемо обирати точку, координати якої будуть визначати параметри налаштування регулювального пристрою, що забезпечують за заданого значення ψ найкращу якість САК.

Виконаємо послідовний розрахунок САК на заданий ступінь загасання ψ .

Дана передаточна функція ОК $W_o(p)$. Накладаючи на корінь p обмеження $p = -m \cdot \omega + j \cdot \omega$ (де m - ступінь коливання, що визначається із наступного співвідношення $\psi = 1 - e^{-2\pi m}$), представляють розширену АЧХ ОК як функцію m, ω (решта параметрів ОК відомі).

Запишемо передаточну функцію в алгебраїчній формі [16-18]:

$$W_o(m, j\omega) = \text{Re}_o(m, \omega) + j \text{Im}_o(m, \omega). \quad (2.5)$$

Запишемо передаточну функцію в показниковій формі [16-18]:

$$W_o(m, j\omega) = A_o(m, \omega) \cdot e^{j\varphi_o(m, \omega)}. \quad (2.6)$$

Відомо передаточну функцію регулювального пристрою. Розширену АФХ регулювального пристрою представимо як функцію від $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, m, \omega$:

$$W_p(m, j\omega) = \text{Re}_p(m, \omega) + j \text{Im}_p(m, \omega); \quad (2.7)$$

$$W_p(m, j\omega) = A_p(m, \omega) \cdot e^{j\varphi_p(m, \omega)}. \quad (2.8)$$

Аналітичні вирази розширених АФХ для регулювальних пристроїв мають наступний вигляд [16-18]:

- П-регулювальний пристрій:

$$W_p(m, j\omega) = \Pi_1; \quad (2.9)$$

$$W_p(m, j\omega) = \Pi_1 \cdot e^{j0}. \quad (2.10)$$

- ІІ-регулювальний пристрій:

$$W_p(m, j\omega) = \Pi_1 - \frac{m\Pi_2}{\omega(m^2 + 1)} - j \frac{\Pi_2}{\omega(m^2 + 1)}; \quad (2.11)$$

$$W_p(m, j\omega) = \frac{\sqrt{\left[\omega(m^2 + 1)\Pi_1 - m\Pi_2\right]^2 + \Pi_2^2}}{(m^2 + 1)} e^{-j \arctan \frac{\Pi_2}{(m^2 + 1)\Pi_1 - m\Pi_2}}. \quad (2.12)$$

- ПІД-регулювальний пристрій:

$$W_p(m, j\omega) = \Pi_1 - m\omega\Pi_3 - \frac{m\Pi_2}{\omega(m^2 + 1)} - j \left[\frac{\Pi_2}{\omega(m^2 + 1)} - \omega\Pi_3 \right]; \quad (2.13)$$

$$W_p(m, j\omega) = \frac{\sqrt{\left[\omega(\Pi_1 - m\omega\Pi_3)(m^2 + 1) - m\omega\Pi_2\right]^2 + \left[\Pi_2 - \omega^2\Pi_3(m^2 + 1)\right]^2}}{(m^2 + 1)} \times \quad (2.14)$$

$$\times e^{-j \arctan \frac{\Pi_2 - \omega^2(m^2 + 1)\Pi_3}{\omega(m^2 + 1)(\Pi_1 - m\omega\Pi_3) - m\omega\Pi_2}}.$$

Вихідне рівняння для розрахунку налаштування замкнутої лінійної САК, що перебуває на межі заданого ступеня загасання, матиме наступний вигляд:

$$W_p(m, j\omega)W_o(m, j\omega) = 1, \quad (2.15)$$

або

$$W_p(m, j\omega) = W_o^*(m, j\omega), \quad (2.16)$$

де $W_p(m, j\omega)$ - розширена АФХ регулювального пристрою; $W_o^*(m, j\omega)$ - зворотна (або інверсна) розширена АФХ ОК.

Рівняння (2.16) можна записати в алгебраїчній формі [16-18]:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}_p(m, \omega) &= \operatorname{Re}_o^*(m, \omega); \\ j\operatorname{Im}_p(m, \omega) &= j\operatorname{Im}_o^*(m, \omega), \end{aligned} \quad (2.17)$$

де $\operatorname{Re}_o^*(m, \omega), j\operatorname{Im}_o^*(m, \omega)$ - відповідні інверсні розширені реальна та уявна характеристики об'єкта (тобто реальна та уявна частини оберненої розширеної АФХ); $\operatorname{Re}_p(m, \omega), j\operatorname{Im}_p(m, \omega)$ - розширені реальна та уявна характеристики регулювального пристрою [16-18].

Вираз (2.16) може бути також представлено в показовій формі:

$$A(m, \omega)_p e^{j\varphi(m, \omega)_p} = A^*(m, \omega)_o e^{j\varphi(m, \omega)_o}, \quad (2.18)$$

де $A(m, \omega)_p$ - розширена АФХ регулювального пристрою; $\varphi(m, \omega)_p$ - розширена ФЧХ регулювального пристрою; $A^*(m, \omega)_o$ - розширена інверсійна АФХ ОК; $\varphi(m, \omega)_o$ - розширена ФЧХ ОК.

Звідки:

$$\begin{aligned} A(m, \omega)_p &= A^*(m, \omega)_o \\ \varphi(m, \omega)_p &= -\varphi^*(m, \omega)_o. \end{aligned} \quad (2.19)$$

Виконавши підстановку у формули (2.17 та 2.19) відповідно розширені реальну, уявну, АЧХ та ФЧХ конкретних регулювальних пристроїв, можна виразити їхні налаштувальні параметри через характеристики ОК у двох формах запису.

Запишемо розрахункові формули для найбільш поширених регулювальних пристроїв [16-18]:

- I-регулювальний пристрій:

$$\left. \begin{aligned} \Pi_2 &= \frac{\omega(m^2 + 1)}{m} R^*(m, \omega)_o \\ \Pi_2 &= \omega(m^2 + 1) J^*(m, \omega)_o \end{aligned} \right\}, \quad (2.20)$$

або

$$\left. \begin{aligned} \Pi_2 &= \frac{\omega(m^2 + 1)}{m} A^*(m, \omega)_o \\ \frac{\pi}{2} - \arctan m &= -\varphi(\omega)_o \end{aligned} \right\}. \quad (2.21)$$

Із цих рівнянь знайдемо значення налаштувального параметру Π_2 та відповідної частоти ω , на якій «працюватиме» САК.

- П-регулювальний пристрій:

$$\left. \begin{aligned} \Pi_1 &= R^*(m, \omega)_o \\ \pi &= -\varphi(m, \omega)_o \end{aligned} \right\}, \quad (2.22)$$

або

$$\left. \begin{aligned} \Pi_1 &= A^*(m, \omega)_o \\ \pi &= -\varphi(m, \omega)_o \end{aligned} \right\}. \quad (2.23)$$

- ПІ-регулювальний пристрій:

$$\left. \begin{aligned} \Pi_2 &= \omega(m^2 + 1) J^*(m, \omega)_o \\ \Pi_1 &= m J^*(m, \omega)_o - R^*(m, \omega)_o \end{aligned} \right\}, \quad (2.24)$$

або

$$\left. \begin{aligned} \Pi_2 &= \omega(m^2 + 1)A^*(m, \omega)_o \sin \varphi(m, \omega)_o \\ \Pi_1 &= A^*(m, \omega)_o [m \sin \varphi(m, \omega)_o - \cos \varphi(m, \omega)_o] \end{aligned} \right\} \quad (2.25)$$

- ПД-регулювальний пристрій:

$$\left. \begin{aligned} \Pi_1 &= -[mJ^*(m, \omega)_o + R^*(m, \omega)_o] \\ \Pi_3 &= \frac{J^*(m, \omega)_o}{\omega} \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

або

$$\left. \begin{aligned} \Pi_1 &= A^*(m, \omega)_o [m \sin[\varphi(m, \omega)_o - \pi] + \cos[\varphi(m, \omega)_o - \pi]] \\ \Pi_3 &= \frac{1}{\omega} A^*(m, \omega)_o \sin[\varphi(m, \omega)_o - \pi] \end{aligned} \right\} \quad (2.27)$$

- ПД-регулювальний пристрій:

$$\left. \begin{aligned} \Pi_2 &= \omega(m^2 + 1)J^*(m, \omega)_o + \omega\Pi_3 \\ \Pi_1 &= mJ^*(m, \omega)_o - R^*(m, \omega)_o + 2m\omega\Pi_3 \end{aligned} \right\} \quad (2.28)$$

Згідно із поставленим завданням в нас є задана передаточна функцію ОК:

$$W_o(p) = \frac{3,1e^{-2p}}{0,85p + 1} \quad (2.29)$$

Розрахувати параметри налаштування регулювальних пристроїв, дослідити вплив параметрів налаштування на якість перехідного процесу в САК, дослідити вплив збурення та регулювального впливу на характер зміни керованого

параметру.

2.2.2 Побудова ліній рівного загасання в площині параметрів налаштування регулювального пристрою за методом розширених АФХ [16-18]

Виконаємо перехід від передаточної функції ОК до розширеної АФХ:

$$W_o(p) = \frac{ke^{-\tau(-m\omega + j\omega)}}{T(-m\omega + j\omega) + 1} = \frac{ke^{m\omega\tau}(\cos \omega\tau - j \sin \omega\tau)}{(1 - Tm\omega) + jT\omega}. \quad (2.30)$$

Тоді інверсна розширена АФХ ОК в алгебраїчній формі запису матиме наступний вигляд [16-18]:

$$\begin{aligned} W_o^*(p) &= \frac{(1 - Tm\omega) + jT\omega}{ke^{m\omega\tau}(\cos \omega\tau - j \sin \omega\tau)} = \\ &= \underbrace{\frac{\cos \omega\tau - Tm\omega \cos \omega\tau - T\omega \sin \omega\tau}{ke^{m\omega\tau}}}_{R_o^*(m,\omega)} + j \underbrace{\frac{T\omega \cos \omega\tau + \sin \omega\tau - Tm\omega \sin \omega\tau}{ke^{m\omega\tau}}}_{J_o^*(m,\omega)}. \end{aligned} \quad (2.31)$$

Підставивши розширені інверсні дійсну $R_o^*(m,\omega)$ та уявну $J_o^*(m,\omega)$ частотні характеристики ОК в (2.24), отримаємо [16-18]:

$$\Pi_1 = \frac{(2Tm\omega - 1) \cos \omega\tau + (m - Tm^2\omega + T\omega) \sin \omega\tau}{ke^{m\omega\tau}};$$

$$\Pi_2 = \omega(m^2 + 1) \frac{(1 - Tm\omega) \sin \omega\tau + T\omega \cos \omega\tau}{ke^{m\omega\tau}},$$

або при $k = 3,1; T = 0,85; \tau = 2;$

$$\Pi_1 = \frac{(0,598m\omega - 1)\cos 3\omega + (m - 0,299m^2\omega + 0,299\omega)\sin 3\omega}{17,6e^{3m\omega}};$$

$$\Pi_2 = \omega(m^2 + 1) \frac{(1 - 0,299m\omega)\sin 3\omega + 0,299\omega\cos 3\omega}{17,6e^{3m\omega}}.$$

Підставивши необхідні значення $m = 0,366; 0,221; 0$ виконаємо розрахунки налаштувань регулювальних пристроїв Π_1 та Π_2 для різних значень частоти ω [1, 20].

У площині налаштувальних параметрів регулювальних пристроїв виконаємо побудову лінії рівного ступеня загасання [16-18].

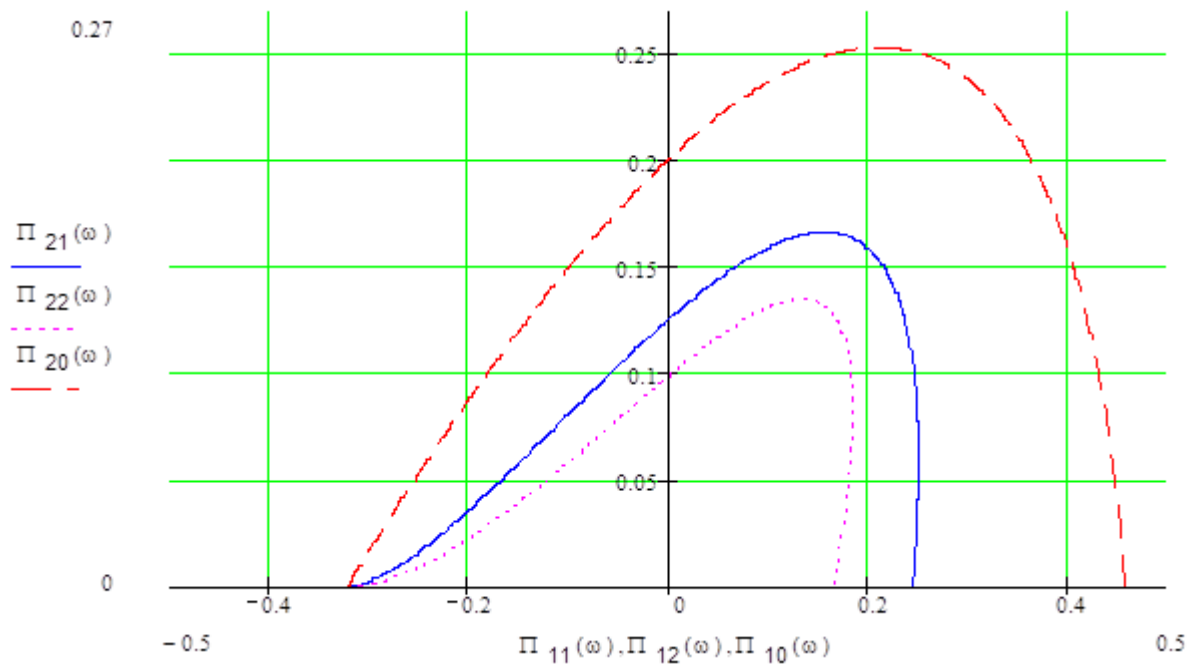


Рисунок 2.9 – Графічні залежності лінії рівного ступеня загасання регулювальних пристроїв

2.2.3 Визначення оптимальних параметрів налаштування регулювальних пристроїв [16-18]

Базуючись на емпіричному методі визначення параметрів налаштування регулювальних пристроїв, оптимальних у сенсі мінімуму квадратичної

інтегральної оцінки, спинимо свій вибір на точці на лінії рівного загасання дещо правіше за точки екстремуму (див. рис. 2.9) [19, 20].

Також нас цікавить точка, яка відповідає налаштуванням П-регулювального пристрою, і точка, яка відповідає налаштуванням І-регулювального пристрою. Отримані дані:

П- регулювальний пристрій

$$\psi = 0.75 \quad \Pi_{111} := 0.2439 \quad \Pi_{121} := 0$$

$$\psi = 0.9 \quad \Pi_{112} := 0.1655 \quad \Pi_{122} := 0$$

І-регулювальний пристрій

$$\psi = 0.75 \quad \Pi_{311} := 0 \quad \Pi_{321} := 0.1258$$

$$\psi = 0.9 \quad \Pi_{312} := 0 \quad \Pi_{322} := 0.099$$

ПІ-регулювальний пристрій

$$\psi = 0.75 \quad \Pi_{211} := 0.216 \quad \Pi_{221} := 0.151$$

$$\psi = 0.9 \quad \Pi_{212} := 0.174 \quad \Pi_{222} := 0.121$$

2.2.4 Побудова перехідних процесів для САК

Вплив дії збурення у замкнутій САК, що призводить до відхилення керованого параметра, може мати вплив на ОК різними каналами.

На характер зміни керованого параметра впливають як форма та величина впливу збурення, так і динамічні властивості ОК каналом від джерела дії збурення до місця встановлення ВП [16-18].

Нижче наводяться варіанти побудови графічних залежностей перехідного процесу в одноконтурній САК (див. рис. 2.7):

- за одиничної стрибкоподібної зміни заданого значення u_z ;
- за одиничної стрибкоподібної зміни впливу дії збурення x_b , що діє каналом регулювання.

Нехай диференціальне рівняння ОК матиме наступний вигляд:

$$T \frac{dy}{dt} + y(t) = kx(t - \tau). \quad (2.32)$$

В якості регулювального пристрою оберемо ПІ-регулювальний пристрій:

$$x_p(t) = \Pi_1 y(t) + \Pi_2 \int_0^t y(t) dt. \quad (2.33)$$

Під час виконання моделювання САК на ЕОМ диференціальне рівняння ОК і регулювального пристрою записуються в різницевій формі [19, 20].

Побудова перехідного процесу за дією збурення:

- рівняння ОК в різницевій формі запису:

$$y(i+1) = Ay(i) + Bx(i-m), y(0) = 0;$$

$$A = e^{-\frac{\Delta t}{T}}; B = k(1-A); m = \frac{\tau}{\Delta t}.$$

- рівняння регулювального пристрою в різницевій формі запису:

$$x_p(i) = \Pi_1 y(i) + \Pi_2 \sum_{j=1}^i y(j) \Delta t; x_p(0) = 0.$$

- вхід ОК:

$$x(i) = x_B(i) - x_p(i).$$

Звідки отримаємо, при $\Delta t = 0,5$

$$A = e^{-\frac{\Delta t}{T}}; B = k(1-A); m = \frac{\tau}{\Delta t};$$

$$\psi := 0.75 \quad P1 := \Pi 3_{11} \quad P2 := \Pi 3_{21}$$

Отримаємо [19, 20]:

```

XY :=
| w0,0 ← 0
| for i ∈ 0.. 200
|   | if i ≤ m
|   |   | w1,i ← 1
|   |   | w0,i+1 ← 0
|   | if i > m
|   |   | Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
|   |   | w1,i ← 1 - Xp
|   |   | w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
| w

```

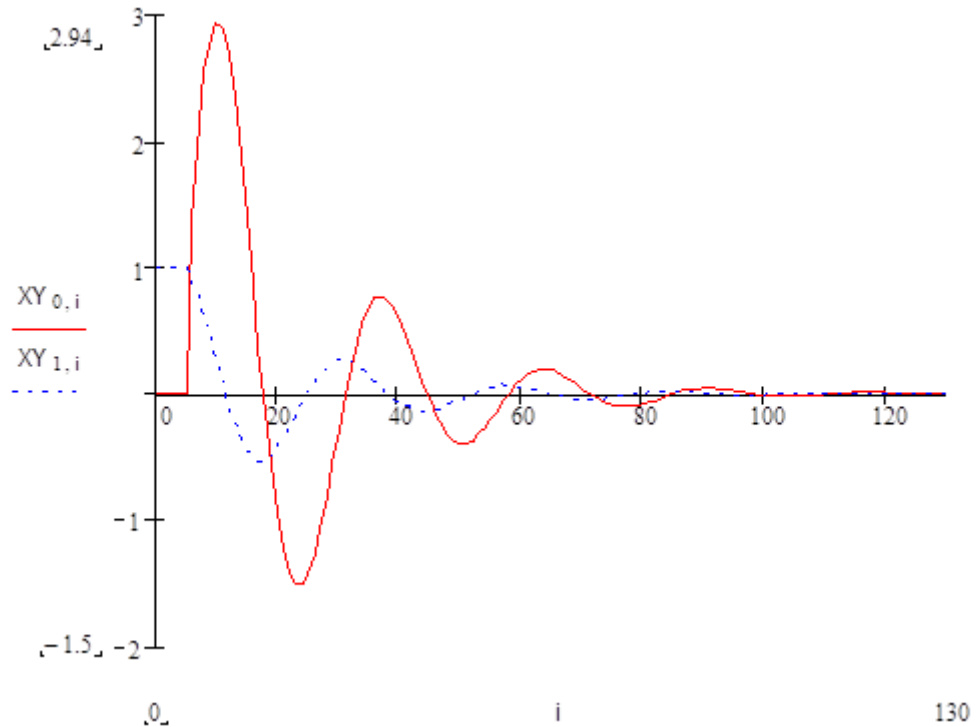


Рисунок 2.10 – Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК з І-регулювальним пристроєм

Отримаємо [19, 20]:

$$\sum_{i=0}^{201} (XY_{0,i})^2 \cdot \Delta t = \blacksquare$$

Виконаємо необхідну підстановку.

$\psi := 0.9$ $P1 := ПЗ_{12}$ $P2 := ПЗ_{22}$

```

XY:=
| w0,0 ← 0
| for i ∈ 0.. 250
|   | if i ≤ m
|   |   | w1,i ← 1
|   |   | w0,i+1 ← 0
|   |   | if i > m
|   |   |   | Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
|   |   |   | w1,i ← 1 - Xp
|   |   |   | w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
|   |   |
|   |
| w

```

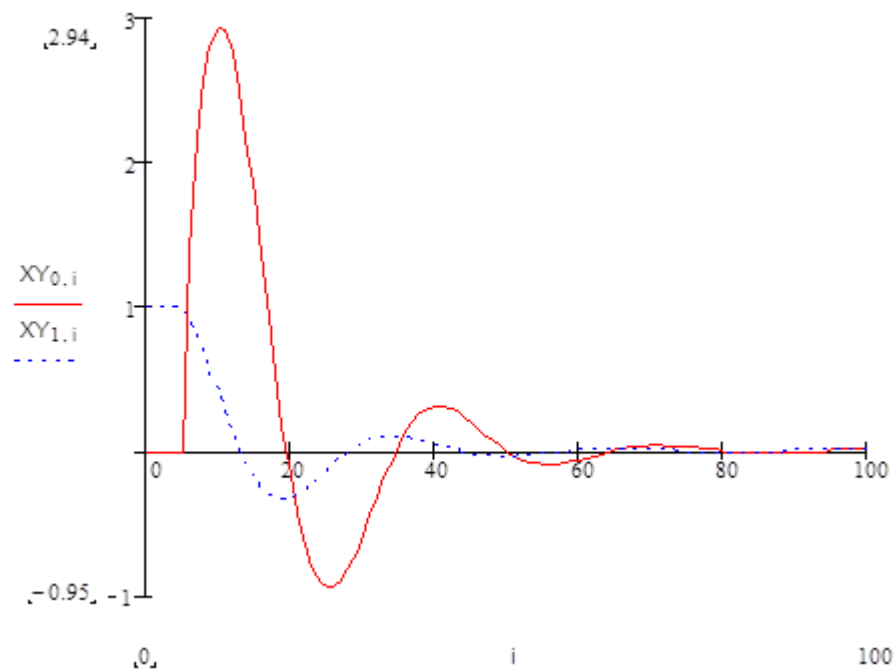


Рисунок 2.11 - Графічні залежності переходних процесів в одноконтурній САК з І-регулювальним пристроєм

Отримаємо [19, 20]:

$$\sum_{i=0}^{201} (XY_{0,i})^2 \cdot \Delta t = \blacksquare$$

Виконаємо необхідну підстановку.

$$\psi := 0.75 \quad P1 := \Pi2_{11} \quad P2 := \Pi2_{21}$$

```

XY :=
  w0,0 ← 0
  for i ∈ 0.. 200
    if i ≤ m
      w1,i ← 1
      w0,i+1 ← 0
    if i > m
      Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
      w1,i ← 1 - Xp
      w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
  w

```

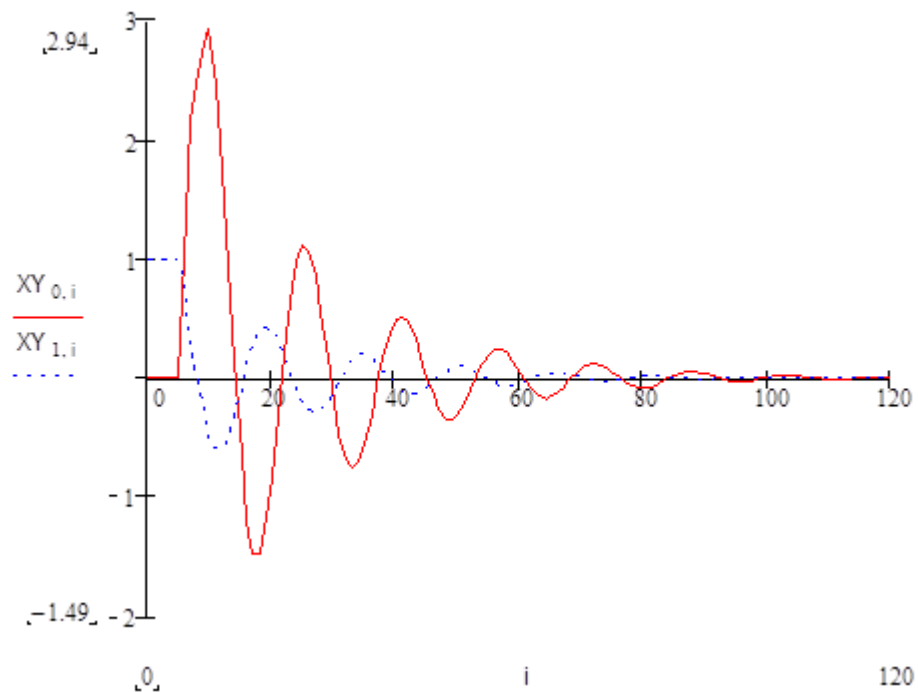


Рисунок 2.12 – Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК із ПІ-регулювальним пристроєм

Отримаємо [19, 20]:

$$\sum_{i=0}^{201} (XY_{0,i})^2 \cdot \Delta t = \blacksquare$$

Виконаємо необхідну підстановку.

$$\psi := 0.9 \quad P1 := \Pi_{212} \quad P2 := \Pi_{222}$$

```

XY :=
  w0,0 ← 0
  for i ∈ 0.. 250
    if i ≤ m
      w1,i ← 1
      w0,i+1 ← 0
    if i > m
      XП ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
      w1,i ← 1 - XП
      w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
  w

```

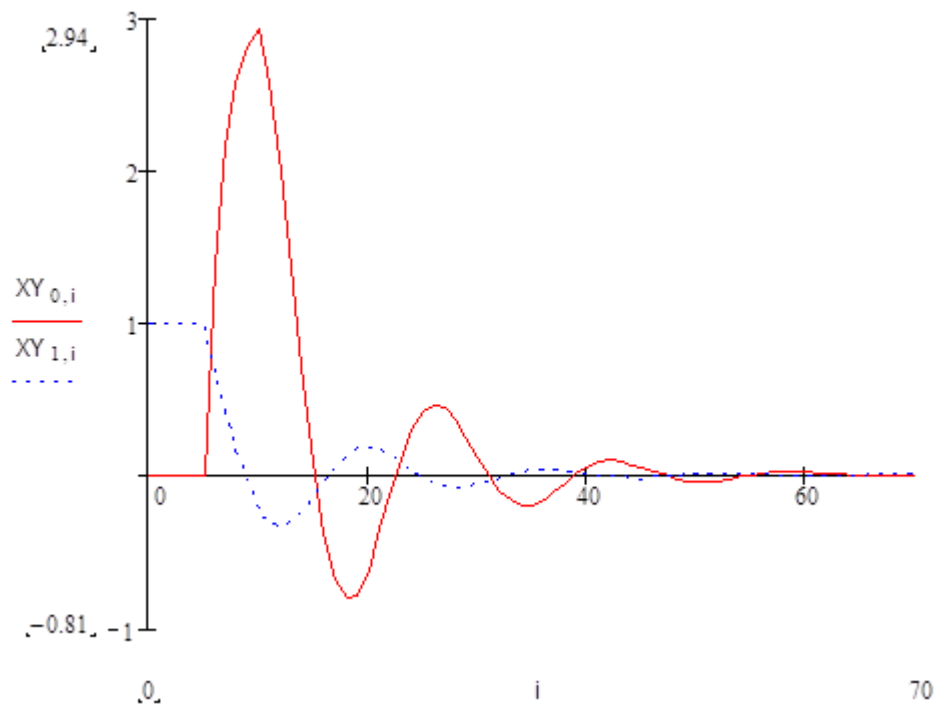


Рисунок 2.13 – Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК із ПІ-регулювальним пристроєм

Отримаємо [19, 20]:

$$\sum_{i=0}^{201} (XY_{0,i})^2 \cdot \Delta t = \blacksquare$$

Виконаємо необхідну підстановку.

$$\psi := 0.75 \quad P1 := \Pi1_{11} \quad P2 := \Pi1_{21}$$

```

XY:=
  w0,0 ← 0
  for i ∈ 0.. 200
    if i ≤ m
      w1,i ← 1
      w0,i+1 ← 0
    if i > m
      Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
      w1,i ← 1 - Xp
      w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
  w

```

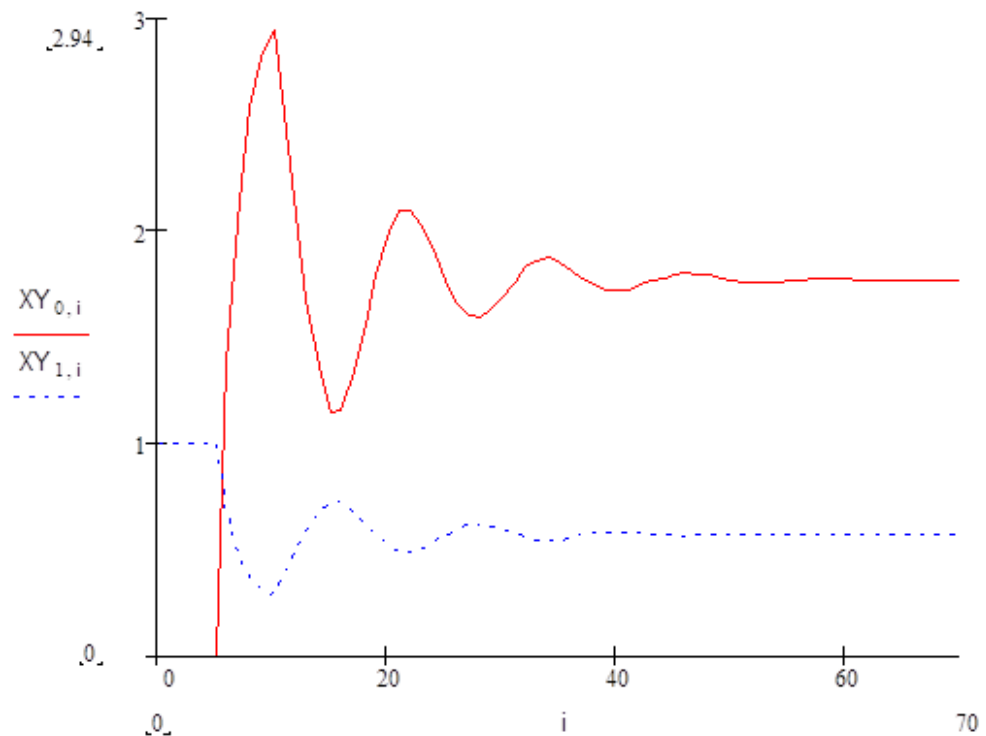


Рисунок 2.14 - Графічні залежності переходних процесів в одноконтурній САК із П-регулювальним пристроєм

Отримаємо [19, 20]:

$$\sum_{i=0}^{201} [(XY_{0,i})^2 \cdot \Delta t] = \blacksquare$$

Виконаємо необхідну підстановку.

$$\psi := 0.9 \quad P1 := \Pi_{12} \quad P2 := \Pi_{22}$$

```

XY:=
w0,0 ← 0
for i ∈ 0.. 250
  if i ≤ m
    w1,i ← 1
    w0,i+1 ← 0
  if i > m
    Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
    w1,i ← 1 - Xp
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
w

```

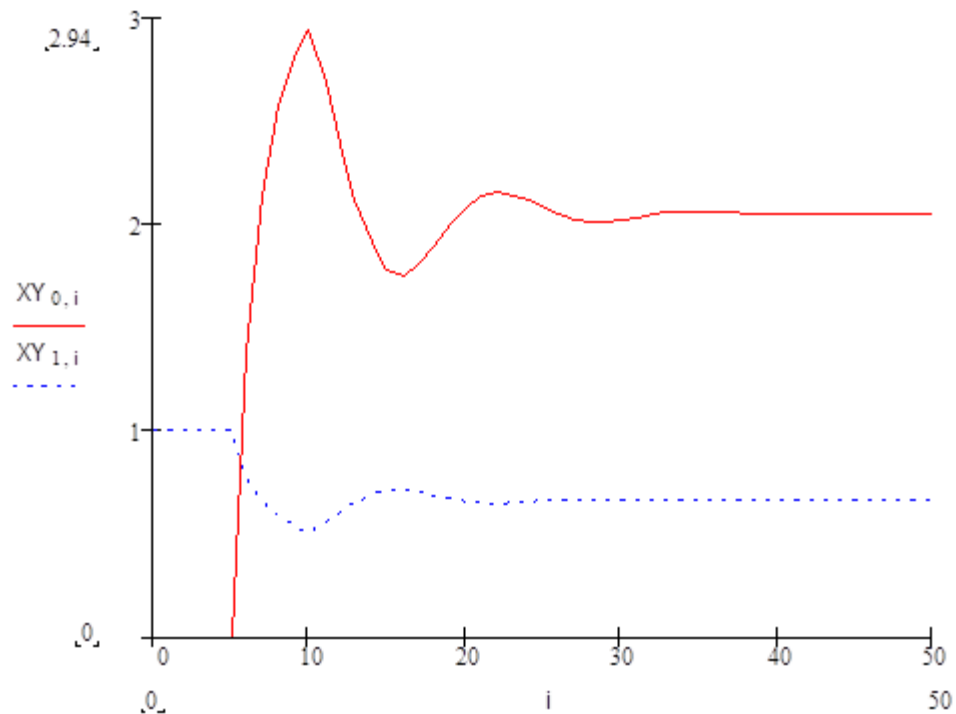


Рисунок 2.15 - Графічні залежності переходних процесів в одноконтурній САК із П-регулювальним пристроєм

Отримаємо [19, 20]:

$$\sum_{i=0}^{201} [(XY_{0,i})^2 \cdot \Delta t] = \blacksquare$$

Виконаємо необхідну підстановку.

$$\psi := 0.75 \quad P1 := P3_{12} \quad P2 := P3_{22}$$

```

XY :=
w0,0 ← 0
for i ∈ 0.. 200
  if i ≤ m
    w1,i ← 1.5
    w0,i+1 ← 0
    Xp ← P1 · w1,i + P2 · ∑j=0i (w1,j · Δt)
  if i > m
    w1,i ← 1.5 - w0,i
    Xp ← P1 · w1,i + P2 · ∑j=0i (w1,j · Δt)
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · Xp-m
w

```

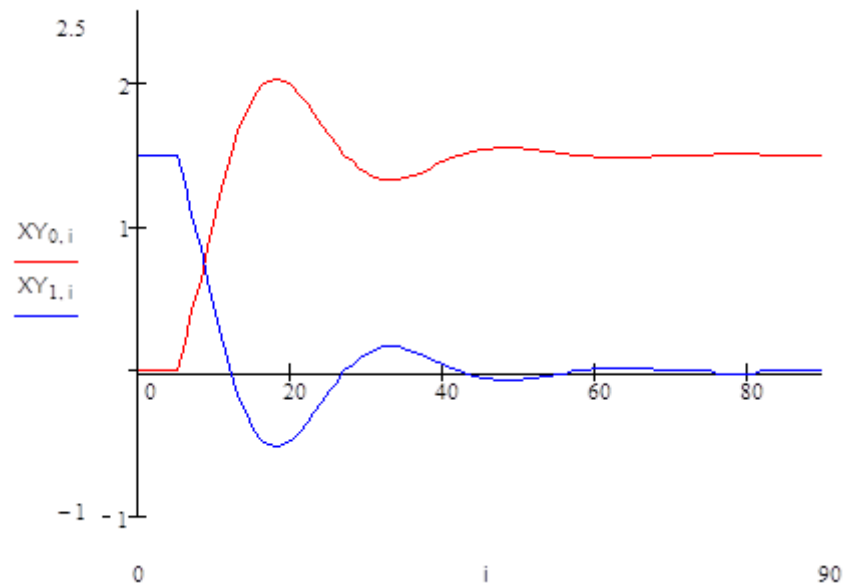


Рисунок 2.16 - Графічні залежності переходних процесів в одноконтурній САК зі зміною технічного завдання

Виконаємо необхідну підстановку.

```

P1 := 0      P2 := 0

XY :=
  w0,0 ← 0
  for i ∈ 0.. 150
    if i ≤ m
      w1,i ← 1
      w0,i+1 ← 0
    if i > m
      Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
      w1,i ← 1 - Xp
      w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
  w

```

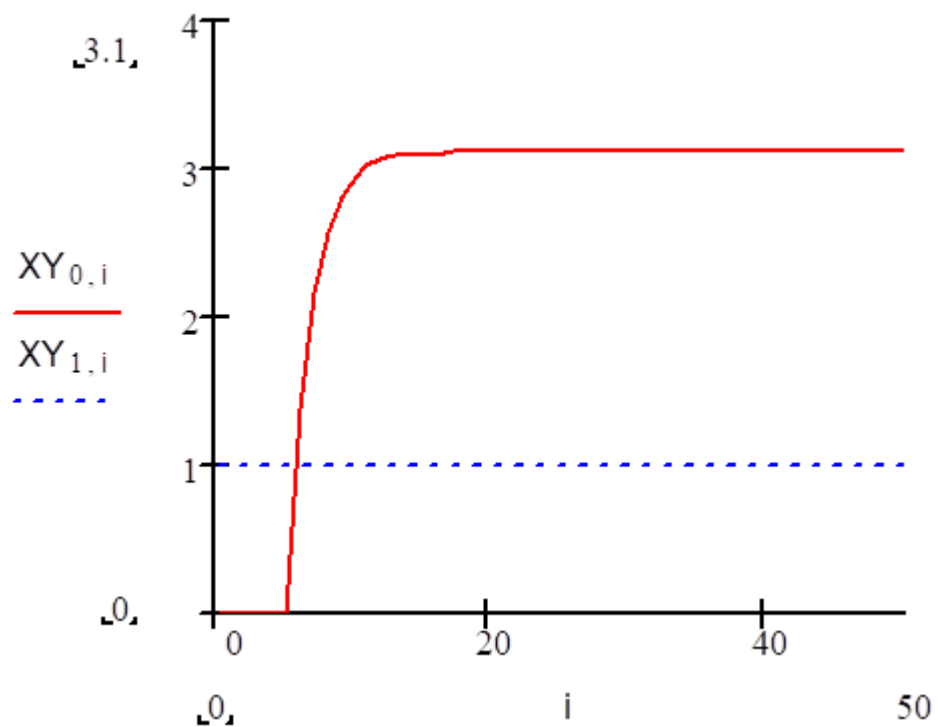


Рисунок 2.17 - Графічні залежності переходних процесів в одноконтурній САК без регулювальних пристроїв

Отримаємо [19, 20]:

$$\sum_{i=0}^{151} (x_{y_0,i})^2 \cdot \Delta t = \blacksquare$$

2.3 Оцінка якості процесів регулювання САК

2.3.1 Показники якості перехідних процесів САК

Час перехідного процесу або, так званий, повний час регулювання t_n відповідає за характеристику швидкодії СК і розраховується як інтервал часу від початку перехідного процесу до моменту, коли відхилення керованої величини від її нового, усталеного значення стає меншим за певну досить малу величину. Зазвичай за досить малу величину приймають 2-5% максимального відхилення в перехідний період [16-18].

Статична похибка регулювання - відхилення керованої величини від заданого значення після закінчення часу перехідного процесу.

Динамічна похибка регулювання - величина найбільшого відхилення керованого параметра від заданого значення (крім початкового відхилення).

Час першого досягнення керованою величиною заданого значення t_{p1} слугує однією з оцінок якості регулювання АСК відносно задаючого впливу і визначається як інтервал часу від початку перехідного процесу до моменту, коли керована величина вперше досягає заданого значення [16-18].

Максимальне відхилення в перехідний період для перехідних процесів, викликаних дією збурення, визначається величиною A_1 , що припадає на одиницю дії збурення $f_1(t) = 1(t)$. Під час обрахунку задаючої дії максимальне відхилення, обчислене відносно нового усталеного значення $x_{уст}$, пропорційного або рівного заданому впливу $x_{з0}$ згідно формули

$$\sigma = \frac{\Delta x_{\max} - x_{уст}}{x_{уст}} \cdot 100 \quad \%, \text{ носить назву - перерегулювання.}$$

Час досягнення керованою величиною максимального відхилення в перехідний період t_{\max} розраховується як інтервал часу від початку перехідного процесу до моменту, коли відхилення керованої величини досягає свого максимального значення.

Коливальність перехідного процесу зазвичай обраховується числом коливань, що дорівнює у випадку відпрацювання завдання - числу перерегулювань в межах інтервалу $[0, t_n]$, або числу мінімумів кривої перехідного процесу під час ліквідації дії збурення за той самий інтервал часу. Величина коливання перехідного процесу може характеризуватися величиною ступеня загасання ψ .

Відношення різниці двох позитивних сусідніх максимумів перехідного процесу до першого із сусідніх максимумів носить назву - ступень загасання:

$$\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1} = 1 - \frac{A_3}{A_1} \quad [16-18].$$

Отримані в експериментальному дослідженні дані зведено до табличного вигляду та представлено в додатках (див. Додаток В, табл. В.3).

2.3.2 Порівняльний аналіз графічних залежностей перехідних процесів під час використання П-, І-, ІІ- регулювальних пристроїв [16-18]

Аналіз графічних залежностей перехідних процесів під час використання П-, І-, ІІ- регулювальних пристроїв дав наступні результати (див. Додаток В, табл. В.3):

1. Максимальною величиною часу перехідного процесу характеризується процес із використанням І-регулювального пристрою, середнім часом перехідного процесу - із використанням ІІ-регулювального пристрою, відповідно, мінімальним – із П-регулювальним пристроєм.

2. Наявністю статичної похибка регулювання характеризуються САК із П-регулювальним пристроєм, статична помилка буде зростати зі збільшенням ступеня загасання.

3. Динамічна похибка регулювання практично однакова у П-, Ш-, І-регуляторів.

4. Час першого досягнення керованою величиною заданого значення збільшується зі зростанням ступеня загасання.

5. Коливальність перехідного процесу знижується зі збільшенням ступеня загасання, перехідний процес стає більш аперіодичним.

6. Зі зростанням ступеня загасання коливальність системи спадає.

7. Використання П-регулювального пристрою дає мінімальний час перехідного процесу, але характеризується наявністю статичної помилки; використання І-регулювального пристрою дає максимальний час перехідного процесу, найбільшу динамічну помилку, найбільше максимальне відхилення керованої величини [16-18].

2.4 Висновки до другого розділу

Базуючись на знанні про статичні та динамічні характеристик ОК із загальної СК ТП було обрано одну з можливих одноконтурних САК, для якої: визначено часову характеристику, на підставі чого було розраховано передаточні функції вибраного ОК методом площ. Також використовуючи знайдену передаточну функцію зробили розрахунок оптимальних параметрів налаштування регулювального пристрою.

Найоптимальнішою вважається САК із використанням Ш-регулювального пристрою, оскільки процес характеризується відсутністю статичної помилки, середнім часом перехідного процесу, середнім максимальним відхиленням керованої величини від заданого значення тощо.

Однак, якщо статична помилка під час процесу регулювання не є суттєвим параметром, то оптимальним вибором є П-регулювальний пристрій.

3 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ

3.1 Опис функціональної схеми автоматизації технологічного процесу отримання товарного бензину

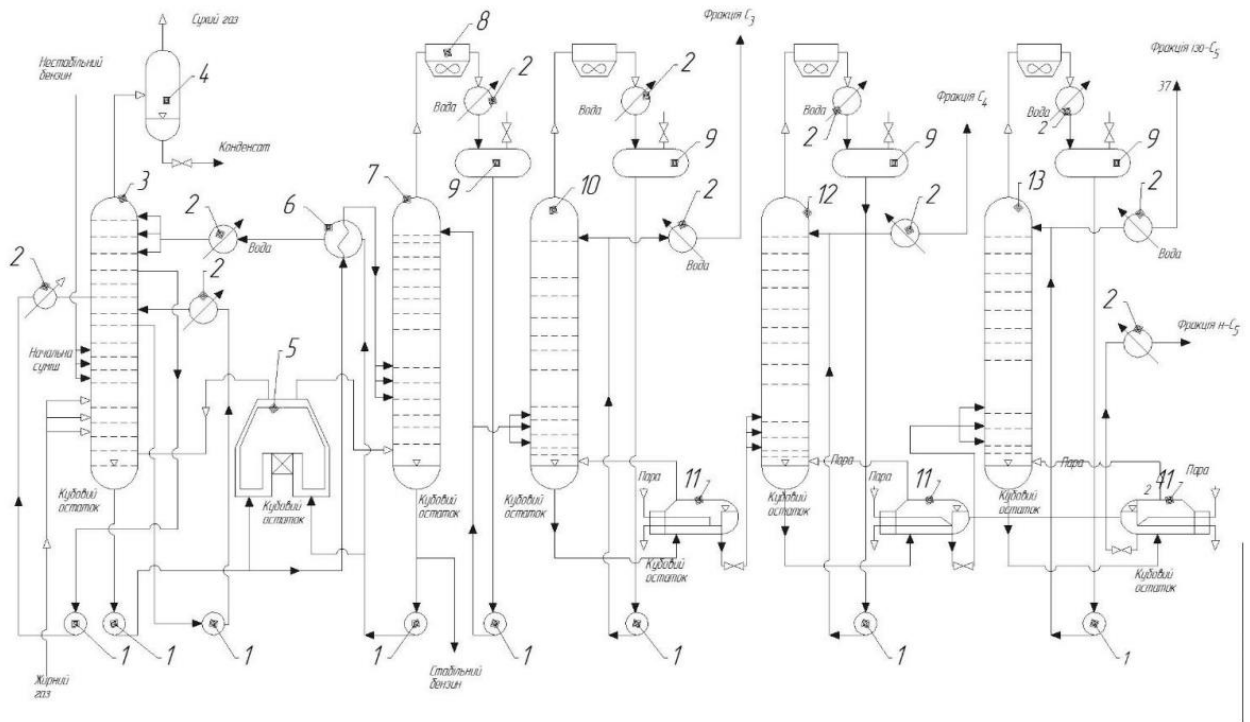


Рисунок 3.1 – Функціональна схема автоматизації ТП отримання товарного бензину

Гексанова фракція та фракція суми пентанів (або стабільний бензин) зі складу готової продукції надходять у змішувачі ЗМ-1/1,2. На потоках гексанової фракції та фракції суми пентанів регулюють витрати речовини (давачі F317, F316 та F318) за допомогою використання клапанів FV317.3, FV316.3 та FV318.3. Потім отримана суміш компонентів транспортується у ємність Є-1. Перед подачею в ємність Є-1 заміряється сумарна витрата речовини (давач FIQ 320) [1-5].

Робочий режим ємності Є-1 підтримується наступним чином [1-5]:

- відбувається реєстрація та сигналізація високого і низького (давач LIT

411.2) та високого (давач L411.1) рівнів речовини в ємності 1;

- відбувається вимір та реєстрація температури речовини (давач T117).

З ємності Є-1 гексанова фракція, яка вже пентанізована, забирається в вказаному співвідношенні за допомогою насосів НС-1/1,2,3 та транспортується у змішувачі ЗМ-3/1,2. Витрата отриманої гексанової фракції регулюється (давач F319) за допомогою клапану для скидання FV319.3, що встановлений на лінії скидання від насоса НС-1/1,2,3.

Безпечна робота насосів НС-1/1,2,3 повинна бути забезпечена через автоматичне блокування та відключення робочого насоса:

- у разі аварійного падіння перепаду тисків між нагнітаючою та скидаючою магістралями насоса (давач PD228);

- у разі аварійного зниження рівня речовини в насосі (давач L412).

Високооктановий компонент толуол зі складу отриманої продукції транспортується у ємність Є-2. Робочий режим ємності Є-2 підтримується наступним чином (див. рис. 3.1):

- відбувається реєстрація та сигналізація високого та низького (давач L414.2) та високого (давач L414.1) рівнів речовини;

- відбувається вимірювання та реєстрація рівня температури (давач T119).

З ємності Є-2 толуол забирається в вказаному співвідношенні за допомогою насоса НС-2/1 та транспортується у змішувач ЗМ-2/1,2 (див. рис. 3.1). Витрата толуолу регулюється (давач F321) за допомогою використання клапану FV321.3, який встановлений на магістралі скидання насоса НС-2/1.

Безпечна робота насосів НС-2/1,2,3 буде забезпечена за допомогою автоматичного блокування та відключення робочого насоса в наступних випадках:

- у разі аварійного зниження перепаду рівнів тисків між магістралями нагнітання і скидання насоса (давач PD238.1);

- у разі аварійного зниження рівня речовини в насосі (давач L415.1).

Високооктановий компонент МТБЕ зі складу отриманої суміші

транспортується у ємність Є-3. Робочий режим ємності Є-3 підтримується наступним чином [1-5]:

- відбувається реєстрація та сигналізація високого і низького (давач L416.2) та високого (давач L416.1) рівнів речовини;

- відбувається вимірювання та реєстрація рівня температури (давач T120).

З ємності Є-3 компонент МТБЕ транспортується в необхідному співвідношенні за допомогою насосу НС-2/3 і транспортується у змішувач ЗМ-2/1,2. Витрата компоненту МТБЕ регулюється (давач F322) за допомогою клапану FV322.3, змонтованому на магістралі скидання насоса НС-2/3. У випадку відмови в роботі насоса НС-2/1 або НС-2/3 повинен ввімкнутися резервний насос НС-2/2.

Екстралін зі складу паливно-мастильних матеріалів транспортується у ємність Є-4. Робочий режим ємності Є-4 підтримується наступним чином [1-5]:

- відбувається реєстрація та сигналізація низького (давач L418.2) та високого (давач L418.1) рівнів речовини;

- відбувається вимірювання та реєстрація рівня температури (давач T122).

З ємності Є-4 екстралін транспортується в вказаному співвідношенні за допомогою насоса НС-3/1,2 і надходить у нагнітальну магістраль насосів НС-2/1,2. На магістралі скидання насоса НС-3/1,2 відбувається вимірювання і реєстрація сумарної витрати екстраліну (давач F325).

Безпечна робота робочого насоса НС-3/1,2 повинна бути забезпечена автоматичним блокуванням та відключенням робочого насоса в випадку аварійного зниження перепаду рівнів тиску між магістралями нагнітання та скидання насоса (давач PD245).

Компоненти толуол, МТБЕ та екстралін змішуються в змішувачі ЗМ-1/1,2 і транспортуються на змішування із гексановою фракцією в змішувач ЗМ-3/1,2. Далі отриманий потік вуглеводнів транспортується у ємність Є-5/1,2 або Є-6/1,2. Робочий режим ємностей Є-5/1,2 чи Є-6/1,2 підтримується наступним чином:

- відбувається реєстрація та сигналізація високого і низького (давачі

L421.2, L422.2) та високого (давачі L421.1, L422.1) рівнів речовини;

- відбувається вимірювання та реєстрація рівня температури (давачі T124.1, T124.2) [1-5].

У разі досягнення рівня речовини в 240 см, в ємності Є-5/1 закривається автоматичний клапан для відсікання PV607 (на магістралі подачі речовини в Є-5/1) та відбувається відкриття автоматичного клапану для відсікання PV612 (на магістралі подачі речовини в Є-5/2). Після закриття автоматичного клапана для відсікання PV607 відкривається автоматичний клапан для відсікання PV609 (на магістралі скидання речовини з Є-5/1) і вмикається насос НС-4/1 (або НС-4/2) (див. рис. 3.1).

При досягненні рівня речовини в 240 см, в ємності Є-5/2 закривається автоматичний клапан для відсікання PV612 (на магістралі нагнітання речовини в Є-5/2) і відкривається автоматичний клапан для відсікання PV613 (на магістралі нагнітання речовини в Є-6/1). Після закриття автоматичного клапана для відсікання PV612 відкривається автоматичний клапан для відсікання PV610 (на магістралі скидання речовини із Є-6/1) і вмикається насос НС-4/1 (або НС-4/2) (див. рис. 3.1).

При досягненні рівня речовини в 240 см, в ємності Є-6/1 закривається автоматичний клапан для відсікання PV613 (на магістралі нагнітання речовини в Є-6/1) і відкривається автоматичний клапан для відсікання PV618 (на магістралі нагнітання речовини в Є-6/2). Після закриття автоматичного клапана для відсікання PV613 відкривається автоматичний клапан для відсікання PV616 (на магістралі скидання речовини з Є-6/1) і вмикається насос НС-4/3 (або НС-4/2) (див. рис. 3.1).

При досягненні рівня речовини в 240 см, в ємності Є-6/2 закривається автоматичний клапан для відсікання PV618 (на магістралі нагнітання речовини в Є-6/2) і відкривається автоматичний клапан для відсікання PV607 (на магістралі нагнітання речовини в Є-5/1). Після закриття автоматичного клапана для відсікання PV618 відкривається автоматичний клапан для відсікання PV619 (на

магістралі скидання речовини з Є-6/2) і вмикається насос НС-4/3 (або НС-4/2) (див. рис. 3.1).

Ємність Є-8 установки для одержання бензину, звідки після завершення циркуляції виконують відбір проби бензину разом зі стічними водами, і визначають його октанове число за допомогою дослідницького методу на установці типу УІТ-85. Якщо даний показник не нижче за 80 пунктів, то циркуляцію припиняють та отриману суміш транспортують у ємність Є-7, де виконують відбір проби бензинової суміші і здійснюють аналітичний контроль за необхідними показниками. У ємності Є-7 виконують реєстрацію та сигналізацію високого і низького (давач L429.2) та високого (давач L429.1) рівнів речовини [1-5].

Якщо аналіз на установці типу УІТ-85 не дає необхідного показника за ОЧ (тобто нижчий за 80 пунктів за допомогою дослідницького методу), то необхідно додатково додати антидетонатора або суміші компонентів. При цьому одночасно виконується циркуляція отриманої суміші за схемою ємність-насос. Далі проводиться відбір проби, аналіз на установці типу УІТ-85 і після доведення до необхідного ОЧ виконується відкачування речовини в Є-7 за допомогою насосів.

У ємності для стічних вод Є-8 відбувається сигналізація підвищення та зниження (давач L429) рівня стічних вод.

3.2 Підбір давачів для вимірювання технологічних параметрів процесу

Контролер фірми FlexLogix типу 1794 [25, 26] використовує при роботі уніфіковані струмові сигнали в діапазоні від 4 до 20 мА, тому рекомендується використовувати давачі з електричними виходами, щоб виключити із СК зайві елементи, так звані міжсистемні перетворювачі. Оскільки для пневматичних ВМ необхідно електричний вихід ПЛК перетворювати на пневматичний, для цього використовується електро-пневмопозиціонер, що виконує також роль визначника положення плунжера ВМ.

3.2.1 Вимірювання рівня тиску

Інтелектуальні давачі для вимірювання тиску серії Метран-100 [28, 29] призначені для роботи в автоматичних системах контролю, керування та регулювання ТП (рис. 3.2) і повинні забезпечити безперервне перетворення вимірюваних величин тиску абсолютного, надлишкового, різниці рівнів тиску, розрядження, гідростатичного тиску агресивних та нейтральних середовищ в уніфікований струмовий вихідний сигнал дистанційного передавання необхідного діапазону та в цифровий сигнал на базі HART-протоколу (рис. 3.3).

Принцип дії даних давачів ґрунтується на використанні п'єзорезистивного ефекту, що виникає в плівці кремнію, яка в свою чергу вирощена на поверхні монокристалічної пластини зі штучного сапфіра.

Під час деформації даного чутливого елемента під дією вхідної вимірюваної величини відбувається зміна електричного опору кремнієвих п'єзорезисторів підключених у мостову схему на поверхні цього чутливого елемента.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд давачів Метран-100 для вимірювання тиску

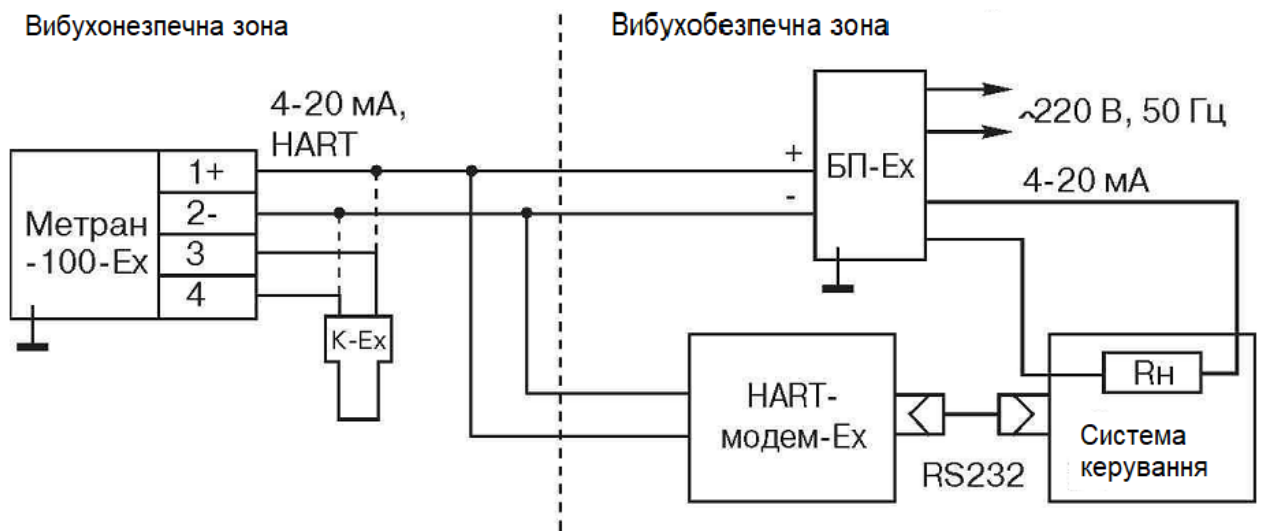


Рисунок 3.3 – Схема підключення датчиків Метран-100 (МП-2, МП-3) з захищеним від іскри блоком живлення та HART-модемом

Електронний пристрій давача виконує перетворення вимірної зміни електричних опорів у стандартний аналоговий сигнал постійного струму в діапазоні 4...20 мА чи в цифровий сигнал у стандарті протоколу HART, або цифровий сигнал на базі інтерфейсу RS-232 (рис. 3.3).

У пам'яті сенсорного блоку зберігаються всі результати калібрування давача в робочому діапазоні тисків. Ці дані використовуються мікропроцесором для розрахунку коефіцієнтів корекції вихідного сигналу під час роботи датчика.

Цифровий сигнал із плати аналого-цифрового перетворювача (АЦП) сенсорного блока разом із коефіцієнтами корекції надходить на вхід електронного перетворювача, мікроконтролер якого виконує необхідне регулювання та відповідну лінеаризацію характеристики сенсорного блока, виконує обрахунок скоригованого значення та:

- для давачів з кодами МП, МП1, МП2, МП3 передає його в цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), який виконує перетворення сигналу в аналоговий вихідний сигнал;

- для давачів з кодами МП4, МП5 за допомогою використання драйвера RS-485 за запитом видає значення рівня тиску (в заданому форматі) в цифрову

лінію зв'язку [28, 29].

3.2.2 Вимірювання рівня температури

Інтелектуальний перетворювач температури (ІПТ) фірми Метран типу 286 [29, 30] призначено для точних вимірювань рівня температури нейтральних, а також агресивних середовищ, для яких матеріал виготовлення захисної арматури є корозійностійким (рис. 3.4).

Сигнал давача для вимірювання рівня температури перетворюється в уніфікований вихідний сигнал постійного струму в діапазоні від 4 до 20 мА з накладеним на нього цифровим сигналом HART версії 5 з фізичним інтерфейсом Bell-202 за допомогою спеціального електронного модуля (ЕМ), що вбудований в корпус давача. Для передачі отриманого сигналу на відстань використовуються двох-провідні струмові лінії.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд давача для вимірювання рівня температури
Метран-286

Керування ІПТ може виконуватись дистанційно, при цьому забезпечується налаштування давача, такі як:

- перерегулювання діапазонів вимірювань;

- вибір основних параметрів давача;
- запит інформації про сам ППТ (модель, тип, серійний номер, мінімальний та максимальний діапазони вимірювань, реальний діапазон вимірювань).

У Метран-286 використовуються три одиниці вимірювання температури:

- градуси Кельвіна, К;
- градуси Цельсія, °С;
- градуси Фаренгейта, F.

Конструктивно давач Метран-286 складається з термозонда та ЕМ, вбудованого в корпус сполучної головки (рис. 3.4). В якості первинного термоперетворювача використовуються чутливі елементи виготовлені із термопарного кабелю КТМС (ХА) або резистивні чутливі елементи виготовлені з платиного дроту [30].

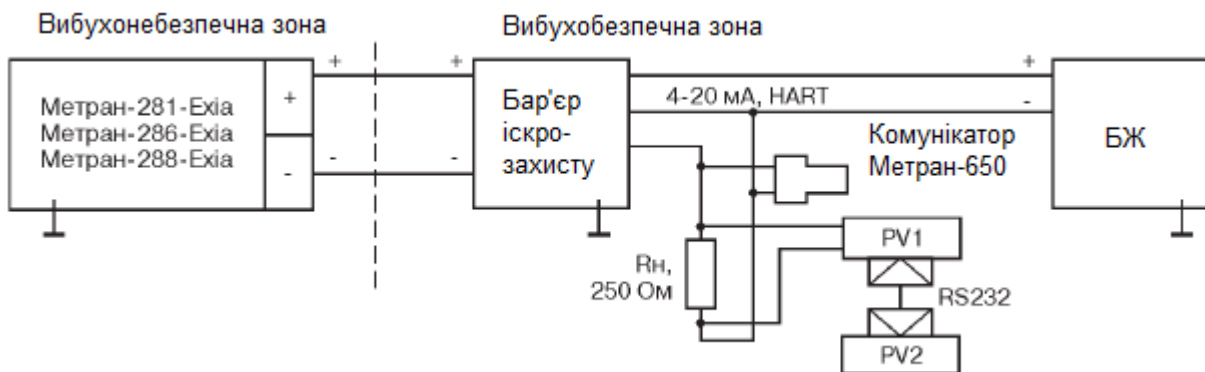


Рисунок 3.5 – Схема зовнішніх приєднань Метран-286 з бар'єром іскрозахисту: PV1 – HART-модем Метран-681; PV2 – персональний комп'ютер; БЖ-блок живлення; Бар'єр іскрозахисту - 9001/51

ЕМ виконує наступні функції:

- самодіагностику стану ППТ;
- виникнення короткого замикання первинного перетворювача температури (ППТ) або детектування обриву;
- контроль налаштування діапазонів вимірювань рівнів температури із

урахуванням мінімальної різниці між нижнім та верхнім значеннями діапазону рівнів (50°C);

- автокомпенсацію зміни термо-ЕРС при зміні рівня температури холодного спаю чутливого елемента ППТ.

У разі виявлення несправності в режимі самодіагностики вихідний сигнал скидається в стан, що повинен відповідати нижньому сигналу тривоги [29, 30].

3.2.3 Вимірювання величини витрати речовини

Витратоміри Метран-360 (рис. 3.6) призначені для виконання прямого вимірювання масової витрати або об'ємної витрати будь-яких газоподібних чи рідких середовищ та передачі отриманої інформації для комерційного обліку та інших технологічних цілей [31, 32].

Витратоміри Метран-360 є досить вдалою альтернативою об'ємним лічильникам та витратомірам сконструйованим на базі звужувальних пристроїв.



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд витратоміру Метран-360

Основні переваги витратоміру Метран-360 [32]:

- відсутність необхідності прямолінійних ділянок магістралі до та після встановленого витратоміра;
- можливість обрахунку незалежно від напрямку потоку в магістралі;
- висока точність виконуваних вимірювань протягом досить тривалого часу;

- відсутність витрат на монтаж витратоміра;
- надійна робота за наявності вібрації магістралі, при зміні рівня температури і рівня тиску робочого середовища;
- відсутність необхідності в періодичному переналаштуванні та регулярному технічному обслуговуванні;
- тривалий термін служби та легкість обслуговування завдяки відсутності рухомих та швидко зношуваних частин;
- можливість використання в фармацевтичній і харчовій промисловостях.

Витратоміри Метран-360 має модульну конструкцію (рис. 3.6), що складається з:

- давача величини витрати речовини (або сенсора);
- основного перетворювача даних;
- вимірювального мікропроцесорного перетворювача наступних моделей ІГТ 9703, 1700 чи 2700;
- фланців для приєднання до магістралей трубопроводу.

Давач являє собою віброуючу мірну трубу спеціальної форми, всередині якої рухається вимірюване середовище (рис. 3.7).

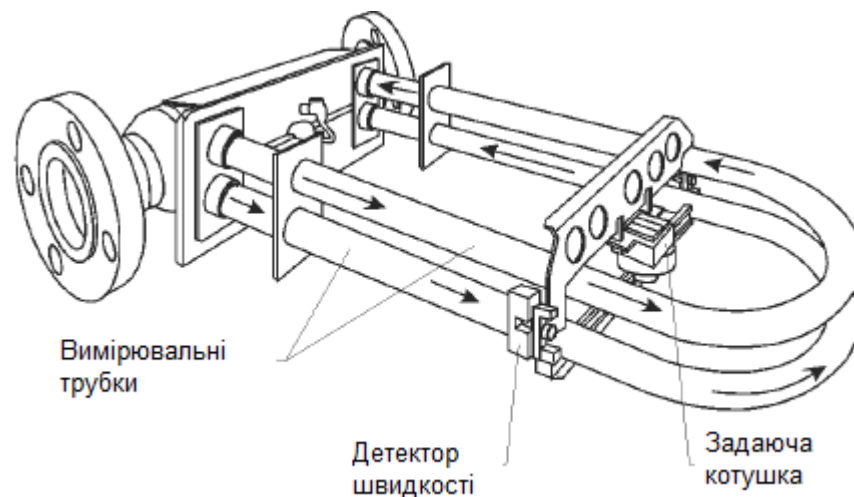


Рисунок 3.7 – Конструкція давача витрати речовини

Базуючись на ефекті Коріоліса та як наслідок підбору форми труби різні частини труби при силовому впливі речовини згинаються одна відносно одної

(рис. 3.7). Даний вигин призводить до взаємної неузгодженості за фазою коливань різних ділянок труби, що перетворюється електромагнітними детекторами швидкості у вихідний сигнал давача величини витрати речовини.

Масова витрата речовини визначається шляхом вимірювання часової затримки між сигналами детекторів швидкості. При відсутності потоку вимірюваної речовини вигину труби не буде, тому вихідний сигнал буде відсутній. За наявності потоку вимірюваної речовини виникає різниця за часом у надходженні двох сигналів за швидкістю. Дана різниця сигналів буде пропорційна масовій витраті.

Згідно до вимірних значень масової витрати та густини буде обраховуватись об'ємна витрата речовини [31, 32].

3.2.4 Вимірювання рівня речовини в ємності

Давачі рівня речовини серії VEGAPULS 40 (рис. 3.8) є новим поколінням дуже компактних, маленьких радарних давачів із високою роздільною здатністю вимірювання та точністю [33, 34]. Вони характеризуються особливими властивостями фокусування для виконання вимірювань рівня речовини у досить тісному просторі. Займаючи дуже маленький простір, вони створені для вимірювання відстаней в діапазоні від 0 до 10/20 м і використовуються як і в стандартних резервуарах для зберігання, буферних ємностях чи складських резервуарах, так і можуть застосовуватись для технологічних ємностей.



Рисунок 3.8 – Загальний вигляд давача рівня речовини серії VEGAPULS 40

Через маленькі розміри корпусу та кріплення компактні давачі рівня речовини є надзвичайно вигідними за ціною спостерігачами рівня заповнення ємностей. Оснащені вбудованою індикацією, вони дозволяють виконувати високоточне вимірювання рівня заповнення ємностей та відкривають переваги радарного вимірювання рівня речовини в ємностях в тих випадках, в яких раніше через високу ціну змушені були відмовитися від переваг використання безконтактного вимірювання.

Напруга живлення та вихідний сигнал передаються через двожильний дріт. В якості вихідного або вимірювального сигналу давачі видають аналоговий вихідний сигнал в діапазоні від 4 до 20 мА.

Радарні давачі VEGAPULS є приладами для вимірювання рівня речовини в ємностях, які постійно та безконтактно вимірюють відстань. Виміряна відстань відповідає висоті заповнення та відображається як рівень заповнення ємності.

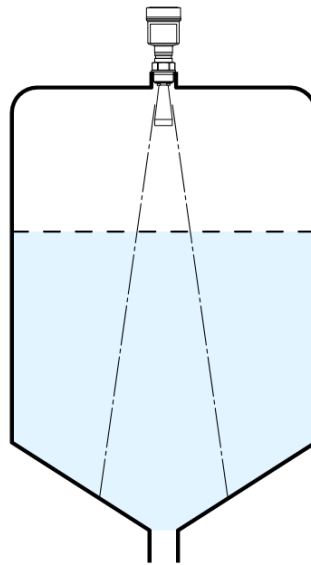


Рисунок 3.9 – Принцип роботи давача рівня речовини VEGAPULS

Принцип виконання вимірювання рівня речовини: посилати - відбивати - приймати (рис. 3.9). Антенною радарного давача типу VEGAPULS 40 випромінюються найкоротші сигнали у вигляді коротких імпульсів частотою 24

ГГц. Радарні імпульси, відбиті від поверхні речовини, знову приймаються антеною у вигляді радарної луни. Час проходження радарного імпульсу від випромінювача до приймача пропорційний відстані i , таким чином, висоті заповнення ємності [33, 34].

Незалежно від рівня температури, рівня тиску та будь-якої газової атмосфери радарні давачі типу VEGAPULS визначають безконтактно, швидко та точно рівень заповнення ємностей різними матеріалами.

3.2.5 Вимірювання октанового числа бензинової суміші

Установка УІТ-85 (рис. 3.10) призначена для визначення ОЧ бензинових сумішей та їхніх компонентів за дослідницьким та моторним методами відповідно до ДСТУ 320.00149943.015-2000 [35, 36]. Діапазон визначення ОЧ при використанні обох методів від 40 до 110 одиниць.



Рисунок 3.10 – Загальний вигляд установки УІТ-85

Сутність визначення ОЧ за дослідницьким і моторним методами єдина і полягає в порівнянні випробуваного зразка бензинової суміші з еталонами

(сумішами ізооктану з нормальним гептаном) за стандартних умов випробування [1-5, 36].

Установка складається з приводу із асинхронним двошвидкісним електродвигуном змінного струму, одноциліндрового 4-тактного карбюраторного ДВЗ зі змінним ступенем стиснення, систем двигуна, пульта керування із контрольно-вимірювальною апаратурою і допоміжного обладнання.

Для приготування паливно-повітряної суміші використовується 3-бачковий карбюратор, що в свою чергу, дозволяє установці поперемінно працювати на трьох різних паливах із різних бачків.

У комплект установки також входить колонка для кондиціонування повітря, що всмоктується в ДВЗ, за вологістю та спеціальний ресиверний бачок на вихлопі. Для вимірювання інтенсивності детонації під час визначення ОЧ використовується електронний детонометр із магнітострикційним давачем і показчиком детонації [36].

3.3 Порівняльний аналіз існуючих систем автоматизації об'єктів

У цьому розділі кваліфікаційної роботи будуть розглянуті технічні засоби побудови АСК ТП, що знайшли широке застосування на об'єктах НГВК. Далі будуть розглянуті дві наявні АСК, що є незалежними ТО, які будуть входити до єдиної інформаційно-керуючої СК підприємством.

Дані ТО - АСК ТП компресорною станцією (або АСК ТП КС24-КС24с) та АСК установки очищення газу (АСК УОГ) [22-24].

3.3.1 АСК УОГ

АСК ТП УОГ представляє систему автоматизованого та автоматичного контролю та керування в реальному часі ТП десорбції, абсорбції, теплообміну тощо, з метою безпечної експлуатації виробництва та дотримання регламентних показників ТП з найменшими експлуатаційними та технологічними витратами, а

також ПАЗ ТП та устаткування, для якого виконується автоматизація. Об'єктом автоматизації в рамках АСК ТП УОГ є установка сіркоочищення нафтового газу газового цеху.

Установка сіркоочищення нафтового газу містить наступні вузли [1-5]:

- вузол регенерації абсорбенту;
- вузол абсорбування сірководню;
- вузол підігріву теплоносія;
- система контролю за корозією;
- вузол приготування та транспортування лугу.

Установка сіркоочищення нафтового газу призначена для забезпечення очистки супутнього нафтового газу від сірководню.

Рівень автоматичного керування реалізовано за допомогою використання сучасних ПЛК. Як програмно-технічний комплекс АСК ТП УОГ використано засоби сімейства модульних ПЛК: Logix5555 - керуючий процесор та система для вводу/виводу інформації типу ControlLogix I/O фірми Allen-Bradley [37, 38]. Дана система виконує функції автоматичного контролю, керування, регулювання і ПАЗ, і тому складається із двох функціональних систем – САК ТП та системи ПАЗ.

Система ПАЗ виконується за допомогою окремих програмних сегментів в контролерах керування. Дані сегменти повинні мати підвищені пріоритети виконання. Система ПАЗ має однорівневу функціонально закінчену структуру для контролю та ПАЗ ТП. Система ПАЗ фізично об'єднана із системою САК, тобто змонтована на спільних із САК ПЛК.

Для підвищення надійності системи ПАЗ використовуються резервовані ЦПУ. Для забезпечення функцій візуалізації, накопичення, архівування параметрів ТП в операторній об'єкта автоматизації використовується АРМ людини-оператора, реалізоване на базі ПК, оснащене ПЗ RSView32 фірми виробника Rockwell Software [39, 40]. Структура системи наведена на рисунку 3.11.

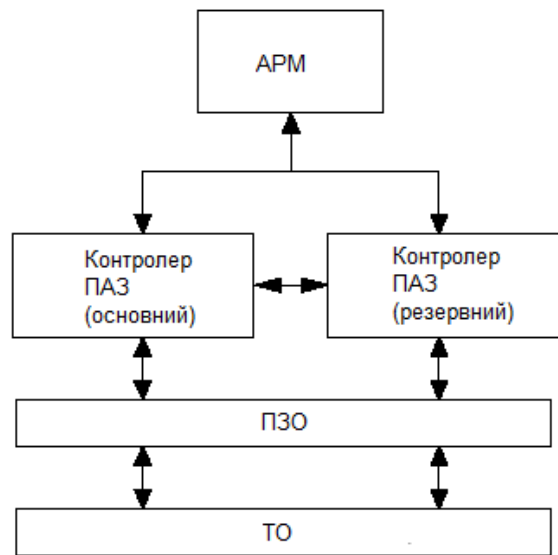


Рисунок 3.11 – Структурна схема системи

Комплекс технічних засобів автоматизації серії ControlLogix реалізує передові досягнення у сфері керування ТП, поєднуючи в собі потужність, гнучкість, простоту у використанні. Висока продуктивність даної платформи ControlLogix зумовлена, зокрема, використанням шасі ControlLogix, яке працює як дуже швидкісна мережа.

Кожен використаний модуль: чи то ЦПУ, чи то модуль вводу/виводу, чи модуль зв'язку працюють як незалежні пристрої в даній мережі. У результаті безліч ПЛК, модулів вводу/виводу або зв'язку можуть бути поєднані без жодних обмежень. Жоден з ПЛК не потребує виконання операцій маршрутизації та до сполучення модулів вводу/виводу і, в міру розширення системи, мережа ControlNet повинна забезпечити зв'язок для розподіленого контролю до додаткового шасі [38].

ПЛК типу Logix5555 поєднують у собі продуктивність із простотою застосування. Вони володіють розширеною оперативною пам'яттю - до 7,5 МБайт для додатків та високою швидкістю обробки завантаженої програми.

У різних додатках ПЛК Logix5555 забезпечують досить високу швидкодію. Дана продуктивність приходить разом із простотою використання. Коротка характеристика ПЛК серії ControlLogix [37, 38]:

- ControlLogix використовує таке саме ПЗ «RSLogix 5000», що й інші «Logix»-платформи, для забезпечення максимального використання ПЗ та мінімального переналаштування;

- можливість монтажу декількох ПЛК ControlLogix на одне шасі забезпечує ще більшу гнучкість при розширенні СК;

- у разі використання декількох ПЛК зникає необхідність програмувати дані всередині кожного окремого ПЛК серії ControlLogix: вони видаються як дані вводу/виводу та будуть використовуватись спільно іншими ПЛК в системі. Це забезпечує обмін даними в реальному часі зі зменшенням часу на розробку СК та її собівартості;

- відповідність платформи ControlLogix всім міжнародним стандартам дає можливість використання в будь-якій точці світу [37, 38].

Дані ПЛК програмуються за допомогою пакета ПЗ RSLogix5000 наступними мовами: FBD (або мова функціонально-блокових діаграм) та RLL (або мова релейно-контактної логіки).

Резервування ЦПУ Logix5555 виконується за допомогою проміжних модулів резервування ЦПУ - 1756-SRM [41]. Модулі резервування виконують контроль стану кожного з ЦПУ, синхронізують їхню роботу та виконують коригування бази даних резервного ПЛК відповідно до бази даних основного ПЛК. У разі діагностування несправності основного ПЛК - модулі резервування автоматично перекидають функції керування на резервний ПЛК, а на рівень оператора видається інформація про несправність основного ЦПУ керування.

Живлення ПЛК та модулів вводу/виводу, розташованих у шасі, виконується від системних джерел живлення 1756-PA75 [42]. Зв'язок між резервованими ПЛК та віддаленою системою вводу/виводу виконується за допомогою шини обміну даними ControlNet через спеціальні комунікаційні модулі зв'язку 1756-CNB. Самодіагностика системи ControlLogix дає можливість відстежувати та формувати сигналізації в разі виникнення порушень зв'язку будь-яким із каналів резервованої шини ControlNet.

ControlNet є високочастотною технологічною шиною обміну даними, для якої передача даних відбувається зі швидкістю 5Мбіт/сек. На невеликі відстані (до 250м) як середовище передачі даних можна використовувати високочастотний коаксіальний кабель із хвильовим опором 75 Ом [38].

3.3.2 АСК ТП компресорною станцією (АСК ТП КС24-КС24с) [21-24]

АСК ТП компресорної станції представляє собою СК та систему протиаварійного автоматичного захисту (ПАЗ) компресорів, містить у своєму складі як засоби контролю так і засоби керування. На компресорній станції виконується керування наступними ТО [1-5]:

- горизонтальні ємності «масло-газ»;
- апарати повітряного охолодження газу та масла;
- компресори типу 7ВКГ або 5ГВ;
- вхідні та вихідні газові сепаратори;
- факельна установка.

Газ з другого ступеня сепарації надходить газовими магістралями на компресорну станцію. Де газ збирається в загальний колектор, звідки розподіляється в лінії первинних сепараторів чи осушувача. Із сепараторів газ подається у всмоктувальний колектор компресорів, або магістраллю спрямовується в кінцеві сепаратори. Для дожимання газу до тиску на рівні 4-6 атм. паралельно працюють компресори. Газ із горизонтальної ємності за необхідності охолоджується в спеціальному охолоджувачі, і, з виміром величини витрати, подається в котельню, або через кінцевий сепаратор (також з виміром величини витрати) двома газовими магістралями ГПЗ. До складу контрольованих об'єктів системи КС-24 крім того входять ПТ16/150 та спеціальне факельне господарство [1-5].

Дану АСК зібрано на базі ПЛК типу SLC500 [43] та пристроїв вводу/виводу Flex IO фірми Allen-Bradley (Rockwell Automation) [44]. У ПЛК АСК ТП компресорної установки виконано реалізацію функцій автоматичного

керування та ПАЗ. При цьому система ПАЗ компресорів апаратно виділена від АСК та реалізована із використанням резервованих ПЛК. Для забезпечення функцій відображення, накопичення, архівування параметрів ТП в операторній компресорної станції використовують АРМ оператора, реалізоване на базі ПК, оснащеного програмним забезпеченням RSVIEW32 фірми Allen-Bradley (Rockwell Software). Структура даної системи наведена на рисунку 3.12.

Як вже вказувалось раніше дану АСК зібрано на базі ПЛК SLC 5/04 та модулів вводу/виводу серії Flex I/O, фірми Allen Bradley.

ПЛК типу SLC 500 є типовими представниками ПЛК для ефективного та надійного керування ТП в різних галузях промисловості. Дані ПЛК легко інтегруються з будь-якими іншими ПЛК виробництва фірми Allen-Bradley, наприклад: MicroLogix, PLC5, ControlLogix, FlexLogix, ProcessLogix та ін [37-44].

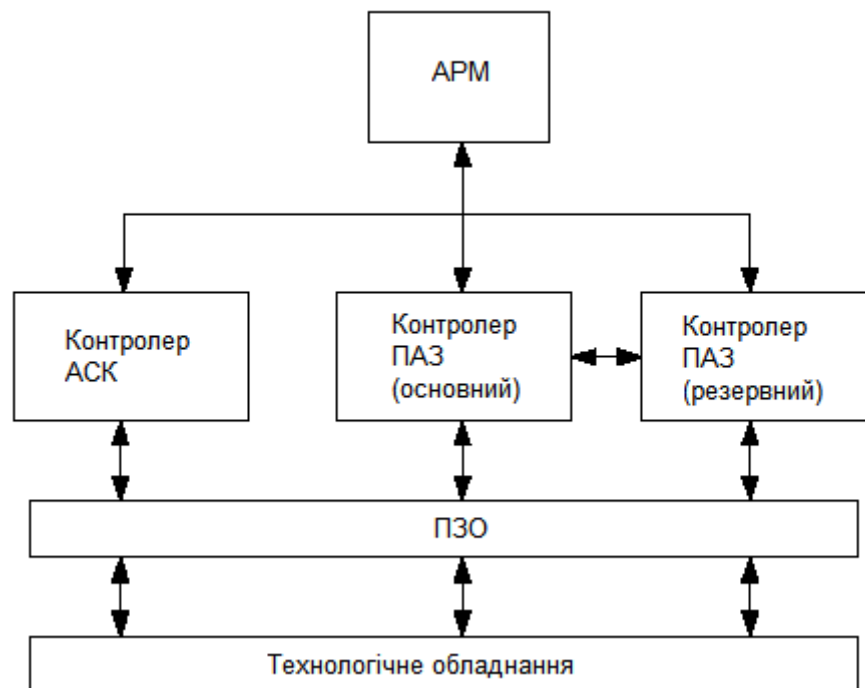


Рисунок 3.12 – Структурна схема АСК ТП компресорною станцією

Дані ПЛК мають наступні переваги [37-44]:

- вбудовані комунікаційні порти Ethernet 10/100 BaseT та RS-232;
- функціональна достатність для вирішення завдання побудови АСК ТП;

- відносно низька вартість;
- вбудована батарея забезпечує збереження конфігурації АСК в разі зникнення живлення процесора.

Для реалізації пристрою зв'язку з об'єктом (ПЗО) (див. рис. 3.11) використовується система вводу/виводу на базі Flex I/O. Дана система виконана у вигляді компактних модульних пристроїв.

Для вводу/виводу інформації людині-оператору та для здійснення функцій автоматизованого керування ТП використовуються так зване АРМ оператора. АРМ оператора представлено ПК зі встановленим пакетом людино-машинного інтерфейсу (НМІ-пакет) RSView32 [39, 40]. Крім того, передбачено можливість використання робочої станції як станції поточного налаштування для конфігурування ПЛК. Для під'єднання АРМ до мережі Ethernet на робочій станції встановлюють адаптер шини Ethernet та драйвери вводу/виводу.

3.3.3 Аналіз можливості адаптації існуючих систем до об'єкта, що розробляється

Під час детального аналізу описаних вище систем, з огляду на функціональні можливості цих технічних засобів автоматизації для побудови розроблюваної СК, проглядається апаратна та функціональна надмірність.

СК на базі ПЛК серії ControlLogix має великі можливості розв'язання завдань будь-якої складності, інтеграції з СК побудованих на базі технічних засобів автоматизації, як фірми Allen-Bradley, так і технічних засобів автоматизації інших фірм виробників. Для розглянутої СК можливості ПЛК серії ControlLogix є надлишковими, що ведуть до деякого здорожчання системи [37, 38].

СК на базі ПЛК серії SLC500 має цілком відповідні технічні характеристики для побудови розроблюваної СК, але ці можливості у зв'язку із застарілою базою ПЛК серії SLC реалізуються завдяки апаратному надлишку, що призводить до деякого здорожчання СК та можливими проблемами із заміною

несправних модулів в майбутньому [44].

У результаті аналізу обох варіантів зроблено наступні висновки: необхідно використовувати сучасні технічні засоби автоматизації - ПЛК на базі FlexLogix із можливістю інтеграції з технічними засобами автоматизації на базі ПЛК серій ControlLogix та SLC. Даний ПЛК призначено для використання системи вводу/виводу Flex I/O, яку широко застосовують спільно з ПЛК SLC на об'єктах НГВК.

У цьому розділі не наведено аналіз технічні засоби інших фірм виробників. Це пов'язано з тим, що у НГВК є налагоджені контакти із постачальниками устаткування компанії Allen-Bradley, на різних об'єктах працює досить велика кількість устаткування даної фірми-виробника, і тому технічний персонал має достатню кваліфікацію і досвід роботи.

3.4 Висновки до третього розділу

Виконано опис розробленої функціональної схеми автоматизації технологічного процесу отримання товарного бензину. Проведено підбір давачів для вимірювання технологічних параметрів процесу отримання товарного бензину, а саме вимірювання рівня тиску, вимірювання рівня температури, вимірювання величини витрати речовини, вимірювання рівня речовини в ємності та вимірювання октанового числа бензинової суміші.

Виконано порівняльний аналіз існуючих систем автоматизації об'єктів - АСК ТП компресорною станцією та АСК установки очищення газу. У результаті аналізу обох варіантів зроблено наступні висновки: необхідно використовувати сучасні технічні засоби автоматизації - ПЛК на базі FlexLogix із можливістю інтеграції з технічними засобами автоматизації на базі ПЛК серій ControlLogix та SLC. Даний ПЛК призначено для використання системи вводу/виводу Flex I/O, яку широко застосовують спільно з ПЛК SLC на об'єктах НГВК.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ

4.1 Апаратно-програмні засоби контролерного рівня керування

До апаратно-програмних засобів (АПЗ) контролерного рівня керування висуваються достатньо жорсткі вимоги щодо надійності, часу реакції на ВМ, давачі тощо. ПЛК мають гарантовано відгукуватися на зовнішні дії збурення, що надходять від ОК, за час, визначений для кожної події.

Для розглянутого НГВК висуваються підвищені вимоги до надійності функціонування СК. Простій СК може призвести до великих економічних втрат.

Кількість виробників АПЗ автоматизації вимірюється багатьма сотнями (ABB [45], Advantech [46], Allen-Bradley [47], Fisher-Rosemount [48], Hewlett Packard [49], Motorola [50], Samsung [51], Siemens [52], Yokogawa [53] та інші). Після виконаного аналізу списку найпопулярніших фірм було спинено наш вибір на користь фірми Allen-Bradley. Це пов'язано з тим, що у НГВК є налагоджені контакти із постачальниками устаткування фірми-виробника Allen-Bradley, на різних об'єктах встановлено досить велику кількість устаткування даного виробника, а тому технічний персонал має достатню кваліфікацію та досвід роботи із обладнанням.

Загально відомо, що компанія Allen-Bradley Rockwell Automation існує вже понад 90 років та займається проектуванням, виготовленням і підтримкою широкого діапазону продуктів автоматизації в усьому світі. Продукти, які виготовляє компанія Allen-Bradley Rockwell Automation, містять ПЛК, пристрої живлення, інтерфейси оператора, давачі та ПЗ.

Компанія Allen-Bradley Rockwell Automation пропонує декілька сімейств ПЛК таких як: MicroLogix, SLC, ControlLogix, FlexLogix, PLC та інші [25, 26, 41].

Під час вибору комплексу технічних засобів автоматизації необхідно

врахувати наступні чинники:

- кількість параметрів контролю та керування в СК;
- розташування ТО;
- кількість параметрів регулювання в СК.

ПЛК серії FlexLogix створено для роботи із системою віддаленого вводу/виводу FLEX I/O і призначено, насамперед, для організації локального керування та регулювання у складі розподілених СК [41, 42].

Для реалізації СК обрано наступні компоненти:

- керуючі ЦПУ серії FlexLogix із вбудованим комунікаційним портом RS-232 [41];
- комунікаційна плата - 1788-DNBO - адаптер для мережі DeviceNet [41, 42];
- комунікаційна плата - 1788-ENBT - адаптер для мережі Ethernet [41, 42];
- система вводу/виводу сімейства Flex I/O для аналогових та дискретних сигналів [37, 38];
- джерела безперебійного живлення: DC UPS та MGE UPS;
- бар'єри іскрозахисту KFD [54].

ЦПУ володіє наступними основними характеристиками [41, 42]:

- тип виконання - модульний конфігурований ПЛК;
- вбудований порт RS-232 або RS-485;
- обсяг оперативної пам'яті 64 Кбайт;
- час сканування (виконання) 1Кбіта програми релейно-контактної логіки - 0,9 мсек;
- час виконання однієї бітової команди - 0,37 мсек;
- вбудований автономний системний календар та годинник;
- два додаткові розніми встановлення комунікаційних карт;
- дві локальні шини для під'єднання пристроїв вводу/виводу безпосередньо до ПЛК;
- зберігання даних (або живлення від батареї) до двох років.

В якості системи вводу/виводу буде використано модулі серії Flex I/O. Основними компонентами системи є наступні:

- модулі введення аналогових сигналів 1794-IE8 [55];
- термінальні панелі 1794-TB3, 1794-TB32 [56];
- адаптер шини 1794-AND [56];
- комбіновані модулі вводу/виводу аналогових сигналів 1794-4XOE2 [56];
- модулі виведення аналогових сигналів 1794-OE4 [56];
- модулі виводу дискретних сигналів 1794-OB32 [56];
- модулі вводу дискретних сигналів 1794-IB32 [56].

Мережу керування буде реалізовано з використанням протоколу TCP/IP на базі стандарту «Ethernet 10/100BaseT» [57]. Для резервування ПЛК і під'єднання системи вводу/виводу до керуючих ЦПУ буде застосовуватись шина DeviceNet.

4.2 Вимоги до створюваної АСК ТП отримання товарного бензину

Розроблювана АСК ТП повинна відповідати СОУ-Н ЕЕ 40.1.21677681-97:2014 [58].

Мережева організація АСК ТП повинна забезпечити можливість під'єднання розроблюваної АСК ТП до загальнозаводської мережі НГВК, створеної та організованої на базі мережі Ethernet.

Розроблювана АСК ТП отримання товарного бензину повинна бути дворівневою. Під дворівневою системою розуміють СК, в якій усі реалізовані завдання апаратно та програмно поділяються на два рівні.

Нижній рівень повинен реалізовувати завдання безпосереднього керування об'єктом. Верхній рівень повинен реалізовувати завдання інтерфейсу оператора. Зв'язок між нижнім та верхнім рівнями повинен здійснюватися переважно кодовим способом за допомогою використання спеціалізованих промислових мереж великої продуктивності, що забезпечують повний цикл обміну даними між компонентами в межах однієї секунди, даний обмін інформацією повинен

виконуватись автоматично.

Розроблювана АСК ТП отримання товарного бензину повинна мати можливість організації зв'язку із усіма суміжними АСК.

Системи ПАЗ та РСК повинні функціонувати як окремі незалежні структури, що мають роздільні канали отримання інформації та виходи на ВМ. Система ПАЗ має бути побудована з використанням засобів мікропроцесорної техніки, що будуть функціонувати автономно, і забезпечувати гарантовану реалізацію алгоритмів захисних блокувань та аварійної сигналізації в ТП у надзвичайних ситуаціях.

Системи ПАЗ та РСК повинні бути оснащені програмною та апаратною діагностикою справності мереж, модулів та блоків, станцій, входних та вихідних електричних кіл.

Розроблювана АСК ТП отримання товарного бензину повинна володіти досить гнучкою структурою, бути такою, що може нарощуватись, легко адаптуватися до змін характеристик ТП у часі, забезпечувати модифікацію алгоритмів розв'язання задач та наборів перемінних, які беруть участь у них, конфігурацію схем регулювання та керування, допускати розширення обсягу інформаційних задач та задач керування. Крім апаратного резерву, ПАЗ та РСК повинні мати як тимчасову так і функціональну надмірності (тобто ступінь завантаженості ПЛК, запас обсягу пам'яті та вільних функціональних блоків тощо).

Устаткування системи ПАЗ та РСК повинне забезпечувати можливість створення математичних моделей ТО та володіти необхідними програмними та технічними засобами для навчання персоналу сучасним методам керування.

Розроблювана АСК ТП отримання товарного бензину повинна надавати наступні можливості:

- автоматичну обробку інформації, обчислення інтегральних, усереднених та питомих показників ТП;
- автоматизоване збирання та первинне оброблення технологічної

інформації, визначення значень параметрів відповідно до вимірних сигналів;

- попереджувальну та аварійну сигналізацію у разі виходу технологічних показників за встановлені границі діапазонів та у випадку виявлення несправності в роботі встановленого обладнання АСК ТП;

- керування технологічними режимами в реальному час, запобігання виникненню аварійних та надзвичайних ситуацій;

- автоматизовану передачу отриманих даних у загальну мережу;

- передачу технологічної та системної інформації людині-оператору;

- реєстрацію, накопичення та зберігання інформації, що надходить;

- виконання самодіагностики, видачу необхідних повідомлень щодо відмов обладнання та запобігання наслідкам, тощо.

4.3 Опис розроблюваної АСК ТП отримання товарного бензину

Розроблювана АСК ТП отримання товарного бензину будується як система централізованого контролю та керування ТП з чітко розподіленою ієрархічною структурою. Повинна включати до свого складу дві функціональні системи – САК ТП та систему ПАЗ.

Верхній рівень даної АСК - рівень оперативно-технологічного персоналу, призначений для виконання контролю та автоматизованого керування ТП, видавання на нижній рівень необхідних завдань, команд дистанційного керування ВМ, зберігання історії ТП.

На верхньому рівні також повинно бути реалізовано інтерфейс для зв'язку із вищим за рівнем інтеграційним рівнем для виконання інтеграції об'єкта автоматизації в загальну інтегровану АСК ТП (або ІАСК ТП).

Верхній рівень АСК ТП повинен містити наступні підсистеми:

- людини-машинного інтерфейсу (НМІ);

- збирання та контролю всієї технологічної інформації;

- захисту інформації від несанкціонованого доступу;

- оперативного планування та розрахунку необхідних технологічних параметрів;

- ведення технологічної бази даних;
- протоколювання подій;
- керування ТО;
- формування звітних документів;
- обміну інформацією між рівнями.

Нижній рівень даної АСК ТП - рівень автоматичного керування, сформований на базі сучасних ПЛК. На нижньому рівні виконуються функції автоматичного контролю, регулювання, керування та ПАЗ.

Як вже відомо нижній рівень АСК буде включати до свого складу дві функціональні системи - САК ТП і систему ПАЗ.

Нижній рівень розроблюваної АСК ТП складається з наступних підсистем:

- збирання, первинної обробки та контролю технологічної інформації;
- регулювання;
- логічного керування;
- керування ТО;
- логічних захистів та блокувань;
- ведення бази даних;
- обміну інформацією;
- автоматичної діагностики КТС;
- контролю загазованості.

Система ПАЗ реалізується окремими програмними сегментами в ПЛК керування, відповідно дані сегменти повинні мати підвищені пріоритети виконання.

Система ПАЗ має однорівневу функціонально закінчену структуру для контролю та ПАЗ ТП. Система ПАЗ фізично об'єднана із системою АСК нижнього рівня, тобто змонтована на спільних із САК ПЛК.

У ПЛК СК виконано реалізацію функцій автоматичного та

автоматизованого керування та ПАЗ. При цьому система ПАЗ є функціонально відокремленою від СК та виконана окремими програмними блоками в ПЛК керування, що мають найвищий пріоритет виконання.

Для підвищення надійності системи ПАЗ використовуються резервовані ЦПУ.

Як програмно-технічний комплекс розроблюваної АСК ТП використано засоби сімейства модульних ПЛК: FlexLogix 5433 - ЦПУ і система вводу/виводу типу Flex I/O фірми виробника Allen-Bradley [37, 41].

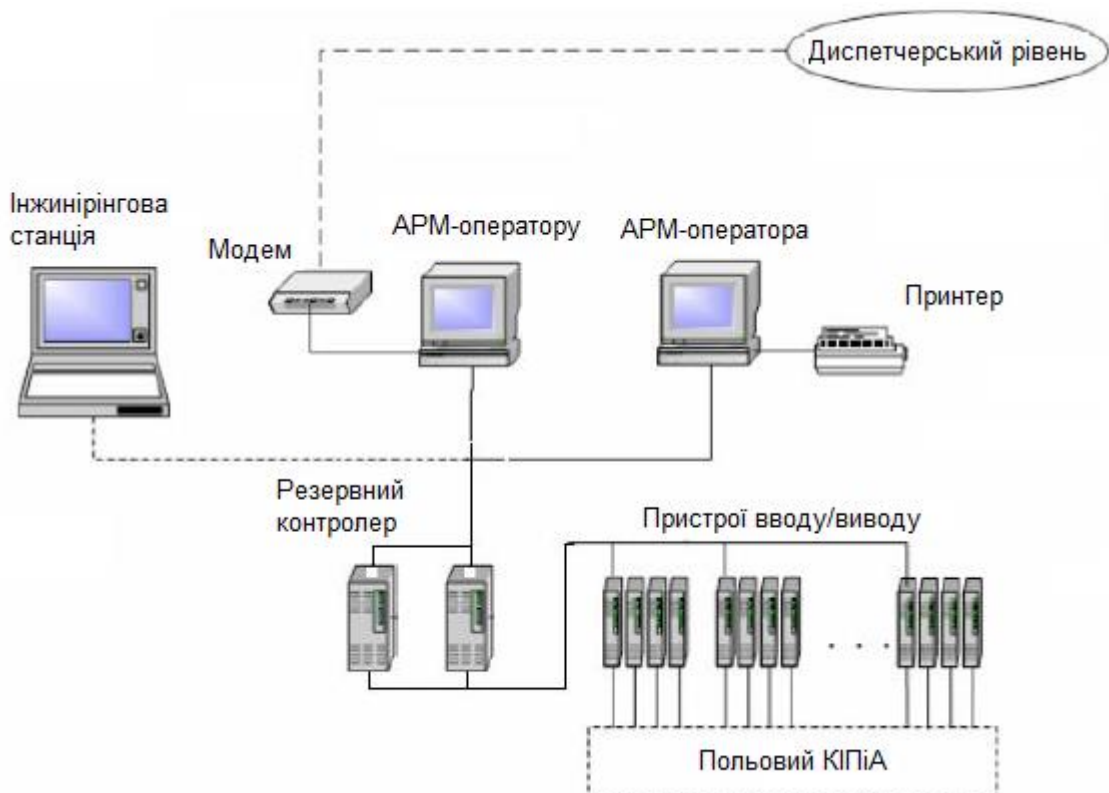


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд структури розроблюваної АСК ТП

Мережу керування реалізовано з використанням протоколу TCP/IP на базі стандарту «Ethernet 10/100BaseT». Для резервування ПЛК і під'єднання системи вводу/виводу до ЦПУ буде використовуватись шина DeviceNet [57].

Для забезпечення функцій відображення, накопичення, архівування параметрів ТП в операторній об'єкта автоматизації використовується АРМ людини-оператора, збудоване на базі ПК, оснащеного ПЗ RSVIEW32 фірми

Rockwell Software [39, 40].

Для конфігурування, налаштування системи передбачається спеціальна станція системного інженера (або інжинірингова станція) змонтована на базі переносного ПК (наприклад, ноутбук), забезпечена необхідними інструментальними програмними пакетами. Дана станція може бути використана в якості резервного місця роботи оперативно-технологічного персоналу.

Організація диспетчерського інтерфейсу буде здійснена за допомогою використання WEB-інтерфейсу. В якості серверу бази даних може застосовуватись окрема станція зі встановленим пакетом Microsoft SQL Server. Передача технологічної інформації на ДП виконується за допомогою модемного зв'язку.

Загальну структуру системи представлено на рисунку 4.1.

4.4 Апаратно-програмні засоби верхнього рівня керування АСК ТП

Взаємодія між людиною-оператором і ТП здійснюється за допомогою спеціального ПЗ, що отримало загальну назву Supervisory Control And Data Acquisition System – або система збору даних та оперативного диспетчерського керування.

Основні функції, які покладаються на будь-яку розроблювану SCADA-систему:

- прийом інформації про контрольовані параметри технологічного процесу із ПЛК нижніх рівнів та давачів;
- зберігання отриманої інформації в спеціальних архівах;
- виконання вторинної обробки отриманої інформації;
- графічне відображення перебігу ТП, а також отриманої та відархівованої інформації в зручній для сприйняття формі;
- отримання команд людини-оператора та передавання на адресу ПЛК нижніх рівнів та ВМ;

- виконання реєстрації подій, пов'язаних із контрольованим ТП та діями технологічного персоналу, відповідального за експлуатацію та обслуговування СК;

- виконання оповіщення експлуатаційного та технологічного персоналу про виявлені аварійні події, пов'язані з контрольованим ТП і функціонуванням програмно-апаратних засобів АСК ТП з реєстрацією дій людей-персоналу в аварійних ситуаціях;

- формування зведень та інших звітних документів на основі інформації, що зберігається в архіві;

- виконання обміну інформацією з АСК всього підприємства;

- виконання безпосереднього автоматичне керування ТП відповідно до заданих алгоритмів.

Якщо спробувати коротко охарактеризувати базові функції, то можна сказати, що SCADA-система повинна збирати інформацію про ТП, забезпечувати інтерфейс з людиною-оператором, зберігати історію ТП і виконувати автоматичне керування ТП у тому обсязі, в якому це необхідно.

У таблиці перераховано декілька з популярних на західному ринку SCADA-систем.

Таблиця 4.1 – Фірми виробники SCADA-систем

SCADA система	Фірма-виробник	Країна виробник
FactoryLink	United States DATA Co.	США
InTouch	Wonderware	США
WinCC	Siemens	Німеччина
Simplicity	GE Farme Automation	США
Genesis	Iconics	США
RealFlex	BJ Software Systems	США
Sitex	Jade Software	Великобританія
RSView	Rockwell Software Inc.	США
FIX	Intelletion	США

Було виконано порівняльний аналіз близько десяти SCADA-систем за технічними, експлуатаційними та вартісними характеристиками. У результаті було визначено оптимальний варіант використання пакета RSVIEW32 [39, 40], який не поступається іншим продуктам за базовими характеристиками. Одним з головних чинників, який ми враховували під час вибору SCADA-системи, був той, що HMI-пакет RSVIEW32 забезпечує максимально ефективний зв'язок із іншими продуктами фірми-виробника Rockwell Software і програмно-технічними засобами фірми Allen Bradley, зокрема з ПЛК сімейства FlexLogix, а також із ПЗ Microsoft Office та інших сторонніх виробників.

Відомо, що RSVIEW32 є інтегрованим, заснованим на компонентах ПЗ для HMI для контролю та керування ТП.

Пакет RSVIEW32 має засоби відображення графіки, що дають змогу створювати, відповідно, прості та складні графічні об'єкти, дозволяє створення бази даних, виконує реєстрацію інформації, виконує сигналізацію граничних значень технологічних параметрів, дозволяє багаторазове використання графіки шляхом копіювання та перетягування.

Пакет RSVIEW32 реалізує всі основні функції SCADA-систем, і, крім того, забезпечений набором розширювальних продуктів (наприклад, такого як налаштування ПД-регульованого пристрою).

Поряд із даними можливостями пакет RSVIEW32 також пропонує набір інструментів для виконання [39, 40]:

- імітації при розробці за допомогою натискання кнопки;
- представлення безлічі механізмів за допомогою одного спеціального графічного дисплея, використовуючи мітки-заповнювачі та файли параметрів;
- редагування окремих елементів у групі без порушення цілісності групи або впливу на анімацію;
- швидкої заміни імен перемінних та символічних рядків за допомогою підстановки перемінних.

У системі реалізовано інформаційний обмін між системою контролю та відображення ТП, реалізованою на основі HMI-пакета RSVIEW32 та ПЛК сімейства FlexLogix, обмін даними буде здійснюватися за допомогою шини Ethernet [57].

4.5 Структура програмного забезпечення розроблюваної АСК ТП

СК розбита на три окремі функціональні блоки: блок керування, блок ПАЗ та блок комунікації для керування інтелектуальними приводами.

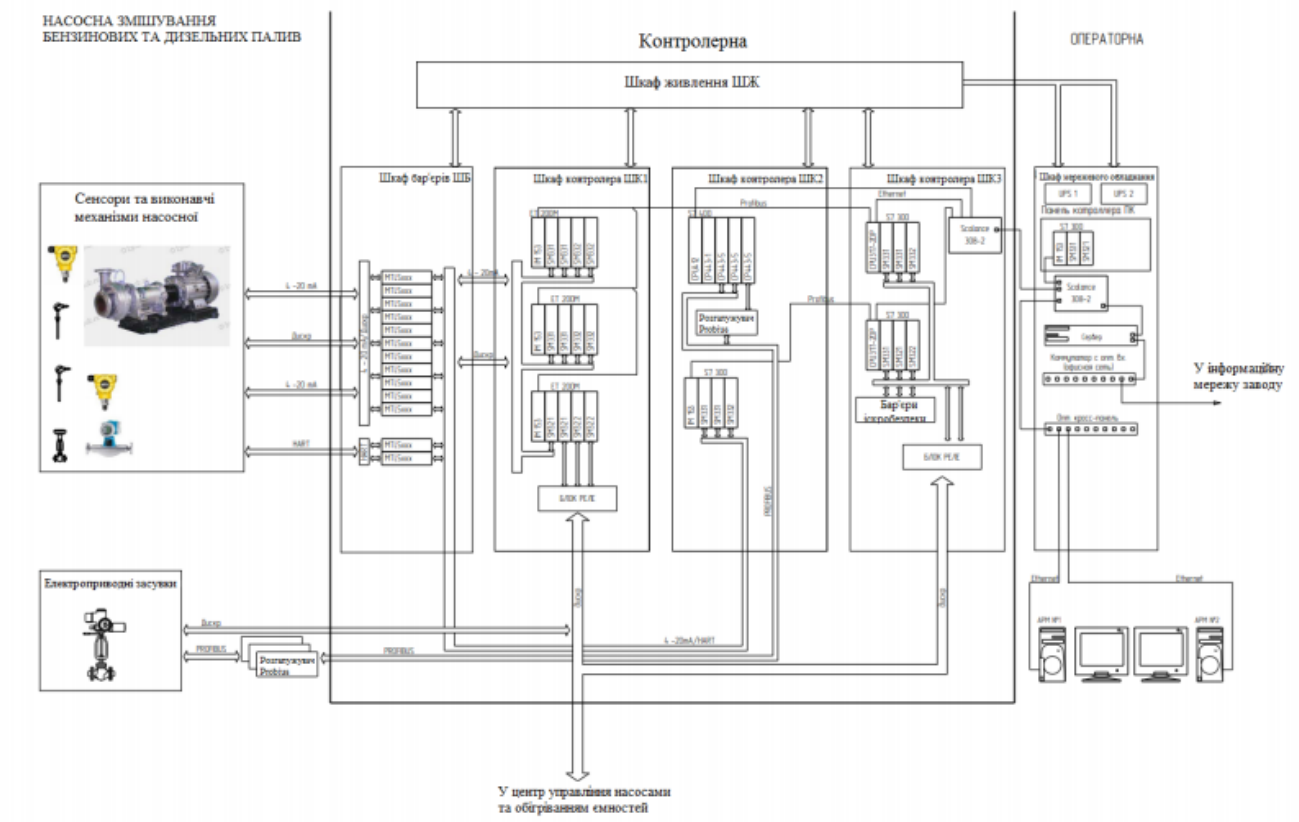


Рисунок 4.2 – Структурна схема системи керування ТП отримання ТБ

До складу кожного функціонального блоку входить ПЛК зі своїми модулями периферії та спеціальними комунікаційними модулями.

На основі блока керування побудовано СК отримання ТБ. У контролер блока керування підключено усі давачі витрати та клапани керування

змішуванням.

Блок ПАЗ необхідний для захисту обладнання у випадку виходу технологічних параметрів за регламентні границі. Наприклад до захисту встановлених насосів входить захист по мінімальному тиску на магістралі скидання, за наявності рідини у магістралі трубопроводу живлення, по температурі насосів та електродвигунів.

Блок комунікації необхідний для керування інтелектуальними електроприводними засувками та отримання даних інших інтелектуальних пристроїв таких як давачі загазованості, ЧП та інших. До його складу входить ЦПУ та кілька комунікаційних процесорів для різних комунікаційних інтерфейсів як то PROFIBUS, MODBUS, PROFINET.

Серверна частина використовується для зберігання історичних архівів технологічних параметрів та протоколів аварійної сигналізації.

Алгоритм роботи АСК повинен представляти собою певну кількість режимів через які програма буде покроково проходити, доки не буде виконано визначене завдання (рис. 4.3).

Визначення режиму роботи: 0 – Стоп; 1 – Початок; 2 – Очікування; 3 – Крок_вперед; 4 – Нормаль; 5 – Крок_вниз; 6 – Налаштування.

Роботи алгоритму завжди починається з режиму 0 або «Стоп», при якому відбуваються дії що підготовлюють установку отримання ТБ до наступного процесу отримання. У цьому режимі людина-оператор повинна визначити необхідну кількість компонентів які будуть змішуватись та вказати за допомогою інтерфейсу потрібні коефіцієнти розподілу для кожної з речовин.

Також на даному етапі виконується вибір необхідних насосів які будуть виконувати роботу по транспортуванню потрібних компонентів. У даному режимі виконується завдання на регульовальні пристрої в нульові значення, встановлюється ручний режим роботи регульовальних пристроїв та відбувається створення сигналу для зупинки насосів. Після того як всі перераховані налаштування були виконані, людина-оператор натискає кнопку «Пуск» для

Далі по ходу виконання програми дана перемінна буде змінювати власне значення в залежності від стадії виконання ТП отримання ТБ.

На кожному з магістралей встановлено власний суматор для виконання функції накопичення реального значення витрати речовини. У режимі «Початок» відбувається обнуління значень даних суматорів та, відповідно, вихідного сигналу на клапани.

Після цього відбувається копіювання обраних людиною-оператором коефіцієнтів у робочі перемінні. Після цього програма СК переходить у режим «Очікування» - 2.

У режимі «Очікування» усі клапани будуть встановлені на 10% відкриття, вказуються завдання для регуляторів, та виконується перевірка чи всі насоси включені у роботу. Клапани встановлюються на 10% відкриття для того щоб насоси почали роботу у комфортних умовах. Коли всі визначені людиною-оператором насоси ввімкнені в роботу, режим роботи автоматично перемикається у режим 3 – Крок_вперед.

У режимі «Крок_вперед» відбувається плавний вихід на ступінчате збільшення завдання, під час якого виконуватиметься перевірка на насиченість каналів. Насиченість каналів це коли сигнал керування досяг максимального рівня значення, а задана витрата речовини ще не отримана. У випадку досягнення насичення хоча б одного з каналів набір витрати зупиняється та відбувається перехід у режим 4 – «Нормаль». У іншому випадку буде продовжено процес набору витрати речовини до визначеного значення і вже після цього перехід у нормальний режим.

У режимі «Нормаль» також виконується необхідна перевірка насичення каналів як і у режимі «Крок_вперед» витрати речовини. Крім того при цьому виконується також перевірка на об'єм отриманого продукту. Коли об'єм досягає визначеного людиною-оператором значення, програма переходить у режим 6 – «Налаштування». Якщо канали насичені, то виконується автоматичний перехід у режим 5 – «Крок_вниз».

У режимі «Крок_вниз» програма поступово знижує завдання, доки магістраль не вийде з режиму насичення. Після цього виконується автоматичний перехід у режим «Нормаль». Якщо вийти із режиму насичення не вдається, то програма автоматично переходить у режим «Стоп».

У режимі «Налаштування» виконується повторний розрахунок коефіцієнтів розподілу компонентів, оскільки об'єм кожного з компонентів у ємностях під час роботи установки є змінним. Після цього виконується перевірка на насичення магістралей і якщо магістралі насичені то програма автоматично переходить у режим «Крок_вниз». У іншому випадку, буде здійснено перевірка отриманого продукту і якщо він більше або дорівнює визначеному людиною-оператором значенню, то програма автоматично переходить у режим «Стоп».

4.6 Висновки до четвертого розділу

Обрано необхідні апаратно-програмні засоби контролерного та верхнього рівнів керування АСК ТП отримання товарного бензину. Сформульовано вимоги до створюваної АСК ТП отримання товарного бензину. Виконано опис розроблюваної АСК ТП отримання товарного бензину та представлено структуру програмного забезпечення для АСК ТП.

ВИСНОВКИ

Проведено аналітичний огляд існуючих технічних та технологічних рішень процесу отримання товарного бензину, а саме вказано основні показники якості бензинової суміші, описано методи отримання бензинової суміші, розглянуто фізико-хімічні основи технологічного процесу одержання бензинової суміші, описано технологічну схему процесу отримання бензинової суміші.

Виконано постановку завдань для автоматизації процесу отримання товарного бензину.

Базуючись на знанні про статичні та динамічні характеристик ОК із загальної СК ТП було обрано одну з можливих одноконтурних САК, для якої: визначено часову характеристику, на підставі чого було розраховано передаточні функції вибраного ОК методом площ. Також використовуючи знайдену передаточну функцію зробили розрахунок оптимальних параметрів налаштування регульовального пристрою.

Найоптимальнішою вважається САК із використанням ПІ-регульовального пристрою, оскільки процес характеризується відсутністю статичної помилки, середнім часом перехідного процесу, середнім максимальним відхиленням керованої величини від заданого значення тощо.

Однак, якщо статична помилка під час процесу регулювання не є суттєвим параметром, то оптимальним вибором є ПІ-регульовальний пристрій.

Виконано опис розробленої функціональної схеми автоматизації технологічного процесу отримання товарного бензину. Проведено підбір давачів для вимірювання технологічних параметрів процесу отримання товарного бензину, а саме вимірювання рівня тиску, вимірювання рівня температури, вимірювання величини витрати речовини, вимірювання рівня речовини в ємності та вимірювання октанового числа бензинової суміші.

Виконано порівняльний аналіз існуючих систем автоматизації об'єктів - АСК ТП компресорною станцією та АСК установки очищення газу. У результаті

аналізу обох варіантів зроблено наступні висновки: необхідно використовувати сучасні технічні засоби автоматизації - ПЛК на базі FlexLogix із можливістю інтеграції з технічними засобами автоматизації на базі ПЛК серій ControlLogix та SLC. Даний ПЛК призначено для використання системи вводу/виводу Flex I/O, яку широко застосовують спільно з ПЛК SLC на об'єктах НГВК.

Обрано необхідні апаратно-програмні засоби контролерного та верхнього рівнів керування АСК ТП отримання товарного бензину. Сформульовано вимоги до створюваної АСК ТП отримання товарного бензину. Виконано опис розроблюваної АСК ТП отримання товарного бензину та представлено структуру програмного забезпечення для АСК ТП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В.С. Білецький, В.М. Орловський, В.І. Дмитренко, А.М. Похилко. – Полтава: ПолтНТУ, Київ: ФОП Халіков Р.Х., 2017. – 312.
2. Пилипів Л.Д. Основи нафтогазової справи: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Л.Д. Пилипів. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. –312с. –Режим доступу:
<http://chitalnya.nung.edu.ua/osnovi-naftogazovoyi-spravi.html-1>
3. William C. Lyons Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering / William C. Lyons, Gary J Plisga, BS. –Gulf Professional Publishing, 2011. –Р.1568. – Electronic resource:
https://books.google.com.ua/books?id=hDRjBCI08QC&dq=oil+and+gas+monograph&hl=ru&source=gbs_navlinks_s
4. Технологічні основи нафто- та газопереробки: навчальний посібник / В.І. Склабінський, О.О. Ляпощенко, А.Є. Артюхов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 186 с.: іл.
5. Основи нафтогазової інженерії [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів. / Білецький В.С., Орловський В.М., Вітрик В.Г. - Львів: «Новий Світ- 2000», 2020 – 416 с. ISBN 978-617-7519-38-5
6. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів / Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. – Кіровоград: Видавець – Лисенко В.Ф., 2016. – 352 с.
7. Синєглазов В.М., Сергєєв І.Ю. Автоматизація технологічних процесів: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2010. – 506 с.
8. Автоматизація виробничих процесів : підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харчових технологій. – Київ : Ліра-К, 2015, 2019. – 378 с.
9. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів:

технологічний об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.- інтег. технології / М. В. Лукінюк. - К.: НТУУ «КПІ», 2008. - 236 с.

10. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с. ISBN 978-966-2007-12-1.

11. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. К / Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. – 353с.

12. Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів: [монографічний підручник (спеціальний курс лекцій)] [за ред. Г. О. Сіренка] / Г. О. Сіренко, В. І. Кириченко, І. В. Сулима. – Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2017 – 508 с.

13. ДСТУ 7687:2015 Бензини автомобільні Євро. Технічні умови - ДП «УкрНДНЦ» від 28 травня 2015 р. № 45 – 19 с.

14. Жалкін Д.С., Жалкін С.Г. Сучасні методи переробки нафти. Хімотологія бензинів: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 41 с.

15. Спеціальне обладнання та процеси органічної хімії: Підручник / Шапорев В.П., Пляцук Л.Д., Моїсеєв В.Ф., Пітак І.В., Манойло Є.В., Васильєв М.І., Кузнєцов П.В./– Харків:, 2013.– 272с.

16. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

17. Ладанюк А. П., Архангельська К. С., Власенко Л. О. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: Навч. посіб. / – К.: НУХТ, 2014. – 274 с.

18. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Електронні текстові

дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.

19. Буката Л.Н. Чисельні методи та моделювання на ЕОМ: навчальний посібник. – Ч. 1. – Модуль 2 / Буката Л.Н., Глазунова Л.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013. – 84 с.

20. Шаповаленко В. А. Чисельні методи та моделювання на ЕОМ: Навчальний посібник. Модуль 1. / В. А. Шаповаленко, Л. М. Буката, О. Г. Трофименко. – Одеса : ВЦ ОНАЗ, 2010. – Ч. 1. – 95 с.

21. Технічні засоби автоматизації / В.В. Ткачов, В.П. Чернишев, М.М. Одновол; Нац. гірн. ун-т. - Д. : НГУ, 2007. - 174 с.

22. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади: Навч. посіб/ М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с.

23. Промислові засоби автоматизації. Ч.1. Вимірювальні пристрої: навч. посіб. / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін.; Х.: НТУ «ХПІ», 2001. - 470с.

24. Промислові засоби автоматизації. Ч.2. Регулюючі і виконавчі пристрої: навч. посіб. / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін.; Х.: НТУ «ХПІ», 2001. - 658с.

25. FlexLogix Controller System User Manual 1794-L34 Firmware Revision 16 - User Manual – 130 p.

26. 1794-IF4I Allen-Bradley [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.plc-city.com/shop/ru/allen-bradley-flexlogix/rockwell-1794-if4i-nfs.html>

27. Датчики Метран 100 [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://pribortrade.com.ua/datchik-davleniya-metran-100/>

28. Метран-100 - Інтелектуальний датчик тиску [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<http://manometr.net.ua/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B8->

%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-100-%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA%D0%B8-%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F.html

29. Перетворювачі температури Метран-281, Метран-286, Метран-288 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.emerson.com/documents/automation/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-281-286-288-en-454864.pdf>

30. Перетворювачі температури МЕТРАН-280, МЕТРАН-280-Ех - Керівництво з експлуатації – 65 с.

31. Витратомір коріолісовий Метран 360 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.deepl.com/translator#ru/uk/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80%20%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9%20%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%20360>

32. Коріолісовий витратомір Метран 360 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.deepl.com/translator#ru/uk/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9%20%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80%20%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%20360>

33. Радарні рівнеміри VEGAPULS [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://skifcontrol.com.ua/ru/elementy-avtomatizaczii-proizvodstva/vegadatchiki/radarnye-urovnamery-vegapuls/>

34. Рівнемір VEGAPULS 11 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<http://www.koda.ua/ukr/products/desc.html?id=1275>

35. ДСТУ 320.00149943.015-2000 «Бензини моторні сумішеві. Технічні умови». УкрНДІНП «МАСМА», 2000. – 27 с.

36. Установка УИТ-85 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<http://proflab.com.ua/produkt/product-details/463-ustanovka-uit-85.html>

37. Logix5555 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.dosupply.com/automation/allen-bradley-plc/controllogix/Logix5555>

38. Система ControlLogix. Каталогні номери серії 1756. Посібник з вибору. – 36 с.

39. RSView32 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.solvusoft.com/ru/file-extensions/software/rockwell-automation-inc/rsview32/#>

40. RSView32 (CPR SR [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://rsview32-cpr-sr.updatestar.com/ua>

41. ControlLogix Redundancy System Catalog Numbers 1756-CNB/D/E, 1756-CNBR/D/E, 1756-ENBT, 1756-EWEB, 1756-L55, 1756-L55M12, 1756-L55M13, 1756-L55M14, 1756-L55M16, 1756-L55M22, 1756-L55M23, 1756-L55M24, 1756-L61, 1756-L62, 1756-L63, 1757-SRM. User Manual, Publication 1756-UM523F-EN-P - December 2006 – 186 p.

42. 1756 ControlLogix Power Supplies Specifications. Rockwell Automation Publication 1756-TD005I-EN-E - October 2018, - 22 p.

43. SLC 500 Controllers [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/small-controllers/slc-500-controllers.html>

44. Посібник з експлуатації модуля цифрового вводу/виводу Allen-Bradley 1794-IB10XOB6 FLEX I/O [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://manuals.plus/ru/allen-bradley/1794-ib10xob6-flex-io-digital-inputoutput-module-manual>

45. Офіційний сайт ABB [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://voltline.ua/?gclid=CjwKCAjwxOymBhAFEiwAnodBLFveqp7HpBqiViT-qrBAkYJ0_BVY-BuLr0WXhJ3V1tQgm2c7CsnfcBoCTS8QAvD_BwE
46. Офіційний сайт ADVANTECH [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://advantech-bb.com.ua/>
47. Офіційний сайт ALLEN-BRADLEY [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley.html>
48. Офіційний сайт FISHER-ROSEMOUNT [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.emerson.com/ru-ua/automation/rosemount>
49. Офіційний сайт HEWLETT PACKARD [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.hp.com/ua-uk/home.html>
50. Офіційний сайт MOTOROLA [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://www.motorolasolutions.com/ru_ru.html
51. Офіційний сайт SAMSUNG [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.samsung.com/ua>
52. Офіційний сайт SIEMENS [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.siemens.com/ua/uk.html>
53. Офіційний сайт YOKOGAWA [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://www.yokogawa.com.ua/page.php?id=11>
54. Бар'єри іскрозахисту KFD [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://trade-control.com.ua/ua/catalog/preobrazovateli-signalov-pepperl-fuchs>
55. Модулі введення аналогових сигналів 1794-IE8 [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://ru.dcsmodule.com/1794-ie8-allen-bradley-flex-8-point-analog-input-module_p1750.html

56. FLEX I/O Modules [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/i-o/in-cabinet-distributed-i-o/1794-flex-i-o.html>
57. Опис технології Fast Ethernet [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/opisanie-tehnologii-fast-ethernet.html>
58. СОУ-Н ЕЕ 40.1.21677681-97:2014 «Технологічні захисти, що реалізуються на базі мікропроцесорної техніки. Технічні вимоги». К.: ОЕП «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики», 2014.

ДОДАТКИ

Додаток А

Тези конференції

УДК 658.5:005.591.6; 681.5

Технологічні процеси виробництва виробів

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ

Татаревська О.,
Сельський А. А.

Хмельницький національний університет

Статичною характеристикою (СХ) елемента або об'єкта керування (ОК), що не залежить від конструкції чи призначення, називається пряма залежність вихідної (керованої) величини від вхідної в зрівноважених станах. Визначити СХ можливо або розрахунковим шляхом або експериментально. СХ можливо відобразити у табличному вигляді або графічно. Зазвичай визначення СХ простих ОК не становить труднощів, крім того, вони часто наводяться в довідковій літературі. Для багатьох складних ОК СХ є невідомими, і їх досить тяжко розрахувати аналітично. У даному разі вдаються до експериментального визначення СХ на реально діючих ОК [1, 2].

Експериментальне визначення СХ полягає у створенні низки послідовних зрівноважених станів ОК за відповідних вхідних та керованої величин. У цьому випадку орган, що відповідає за керування витратою енергії чи матерії або припливом в ОК, дистанційно або безпосередньо переводять із положення, що відповідає зрівноваженому стану, в інше. При досягненні нового зрівноваженого стану ОК записують значення вхідних та керованих величин за показаннями ВП. За визначеними вхідними та керованими величинами можна скласти таблицю і побудувати графічну залежність СХ та, відповідно, визначити коефіцієнт посилення ОК [1, 2].

Маючи передаточну функцію ОК, виконаємо розрахунок параметрів налаштування регулятора, дослідимо вплив параметрів налаштування на якість перехідного процесу в САК, дослідимо вплив дії збурення, та регулювального впливу на характер зміни керованого параметра.

Відомо, що на практиці побудови систем автоматизації об'єктів газової та нафтової промисловості широке застосування знайшли одноконтурні САК. В якості прикладів можна навести наступні: регулювання рівня рідини в технологічних апаратах різного призначення (наприклад, абсорберах, ректифікаційних колонах тощо), регулювання тиску в сепараторі, стабілізація витрат нафти, газу, нафтопродуктів у технологічних лініях, регулювання температури на виході теплообмінника [4-6].

Типове завдання налаштування САК в промисловості, може бути сформульоване наступним чином: виходячи зі розрахованої аналітично або в результаті обробки отриманих даних експериментальних досліджень передаточної функції ОК та обраного на етапі проектування САК закону регулятора (П, ПД, ПІ), необхідно вказати параметри налаштування регулятора, які будуть забезпечувати задану якість та стійкість САК. У даній кваліфікаційній роботі задається передаточна функція системи, до складу якої ввійшли давач (Д), виконавчий пристрій (ВП) та об'єкт керування (ОК) (рис. 1). Таким чином, ми під терміном «регулятор» будемо розглядати «регулювальний пристрій» (РП) [16-18].

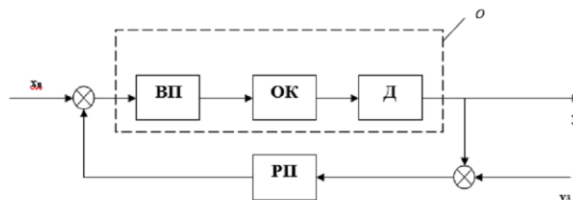


Рисунок 1 – Загальний вигляд функціональної схеми одноконтурної САК

Час перехідного процесу або, так званий, повний час регулювання t_n відповідає за характеристику швидкодії СК і розраховується як інтервал часу від початку перехідного процесу до моменту, коли відхилення керованої величини від її нового, усталеного значення стає меншим за певну досить малу величину. Зазвичай за досить малу величину приймають 2-5% максимального відхилення в перехідний період [1, 2].

Статична похибка регулювання - відхилення керованої величини від заданого значення після закінчення часу перехідного процесу.

Динамічна похибка регулювання - величина найбільшого відхилення керованого параметра від заданого значення (крім початкового відхилення).

Час першого досягнення керованою величиною заданого значення t_{p1} слугує однією з оцінок якості регулювання АСК відносно задаючого впливу і визначається як інтервал часу від початку перехідного процесу до моменту, коли керована величина вперше досягає заданого значення [1, 2].

Максимальне відхилення в перехідний період для перехідних процесів, викликаних дією збурення, визначається величиною A_1 , що припадає на одиницю дії збурення $f_1(t) = 1(t)$. Під час обрахунку задаючої дії максимальне відхилення, обчислене відносно нового усталеного значення $x_{уст}$, пропорційного або рівного заданому впливу $x_{зд}$ згідно формули $\sigma = \frac{\Delta x_{\max} - x_{уст}}{x_{уст}} \cdot 100$ %, носить назву - перерегулювання.

Час досягнення керованою величиною максимального відхилення в перехідний період t_{\max} розраховується як інтервал часу від початку перехідного процесу до моменту, коли відхилення керованої величини досягає свого максимального значення.

Коливальність перехідного процесу зазвичай обраховується числом коливань, що дорівнює у випадку відпрацювання завдання - числу перерегулювань в межах інтервалу $[0, t_n]$, або числу мінімумів кривої перехідного процесу під час ліквідації дії збурення за той самий інтервал часу. Величина коливання перехідного процесу може характеризуватися величиною ступеня загасання ψ .

Перелік посилань

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
2. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.
3. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В.С. Білецький, В.М. Орловський, В.І. Дмитренко, А.М. Похилко. – Полтава: ПолтНТУ, Київ: ФОП Халіков Р.Х., 2017. – 312.
4. William C. Lyons Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering / William C. Lyons, Gary J Plisga, BS. –Gulf Professional Publishing, 2011. –P.1568. – Electronic resource: https://books.google.com.ua/books?id=hDRjBCI08QC&dq=oil+and+gas+monograph&hl=ru&source=gbs_navlinks_s
5. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів / Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. – Кіровоград: Видавець – Лисенко В.Ф., 2016. – 352 с.

Додаток Б

Презентаційні слайди

МЕТОД КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИМ ПРОЦЕСОМ ОТРИМАННЯ ТОВАРНОГО БЕНЗИНУ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

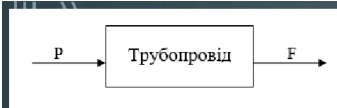
АКТУАЛЬНІСТЬ

Диктується сучасним рівнем автоматизації, що постійно зростає, на великих промислових підприємствах, які виконують досить складні технологічні процеси (ТП). Крім того, можливо стверджувати, що удосконалення технології видобутку газу та нафти, розробка високопродуктивного устаткування, підвищення культури виробництва продукції, дослідження нових газових та нафтових районів, зростання організації видобутку газу та нафти стали можливими саме завдяки розвитку та впровадженню автоматизації й удосконаленню керування ТП за допомогою математично-економічних методів та ЕОМ.

Метою роботи є змодельовати роботу автоматизованої системи керування технологічним процесом отримання товарного бензину, для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника.

Об'єктом дослідження є процеси отримання товарного бензину в автоматизованій системі.

Предметом дослідження є методи та алгоритми керування технологічним процесом отримання товарного бензину.



Загальний вигляд магістралі трубопроводу для подачі гексанової фракції

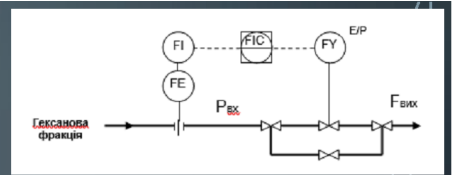
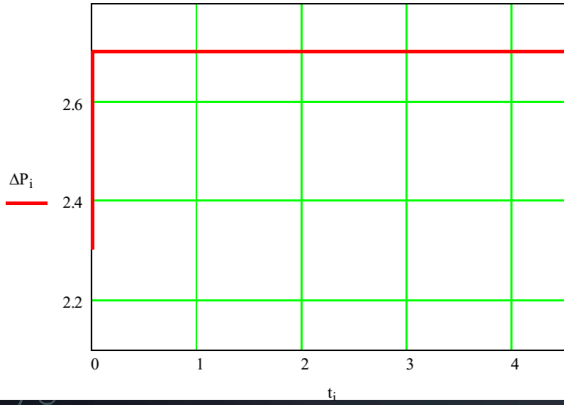
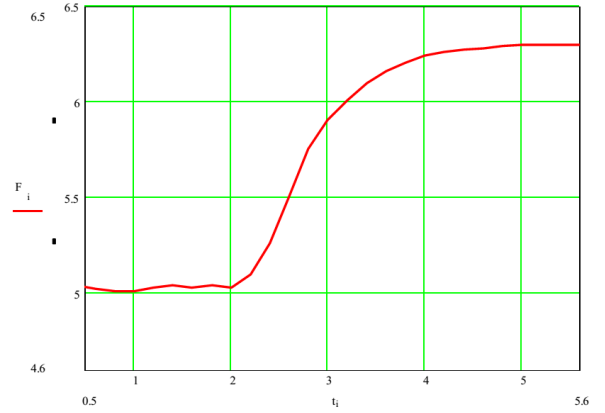


Схема одноконтурної САК витрати гексанової фракції

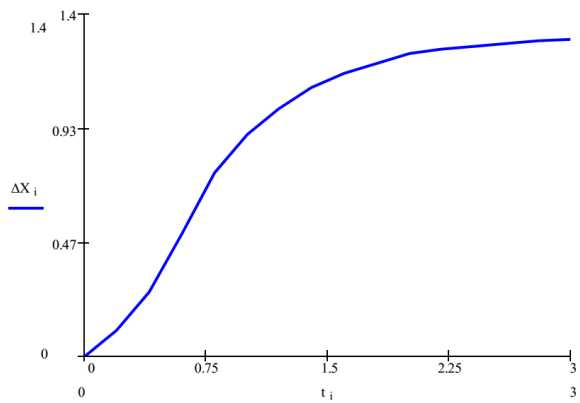


Графічна залежність сили ΔP_{vx} збурення за часом

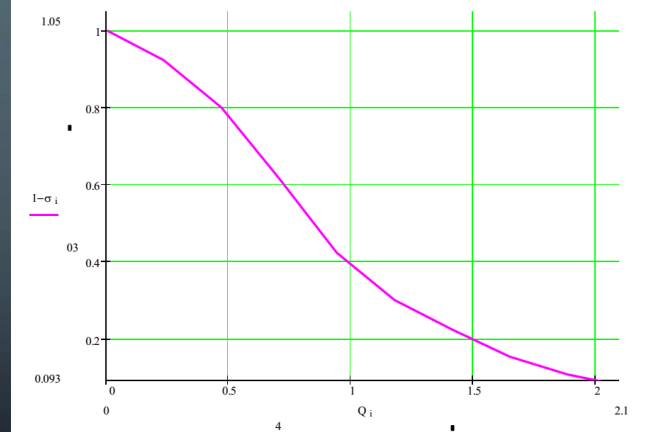


Графічна залежність керованої величини ΔF_{vix}(∞) за часом

$$W(p) = \frac{1}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1}$$

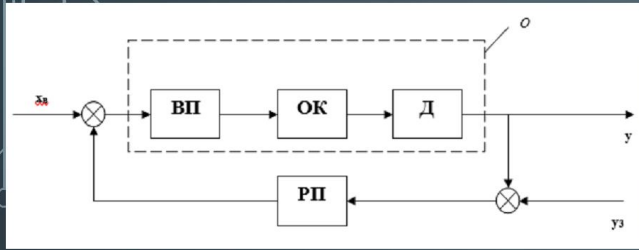


Графічна залежність F(t)=σ(t)



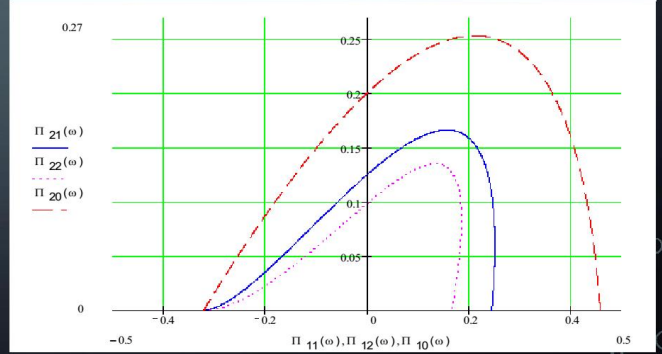
Графічна залежність функції 1-σ

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК



Загальний вигляд функціональної схеми одноконтурної САК

Графічні залежності лінії рівного загасання регульовальних пристроїв

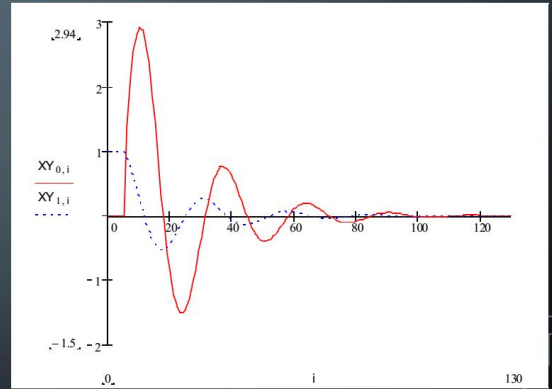


МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК

$$\psi := 0.75 \quad P1 := \Pi_{311} \quad P2 := \Pi_{321}$$

```

XY := w_{0,0} ← 0
for i ∈ 0..200
  if i ≤ m
    w_{1,i} ← 1
    w_{0,i+1} ← 0
  if i > m
    Xp ← P1 · w_{0,i} + P2 · ∑_{j=0}^i (w_{0,j} · Δt)
    w_{1,i} ← 1 - Xp
    w_{0,i+1} ← w_{0,i} · A + B · w_{1,i-m}
  w
    
```



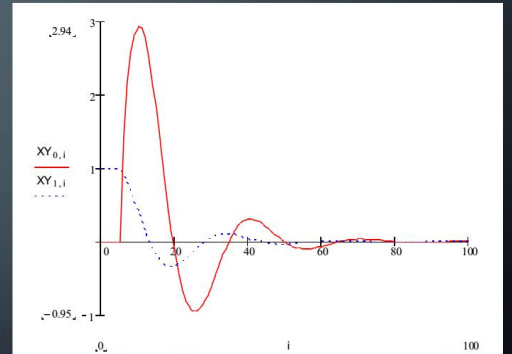
Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК з I-регульовальним пристроєм

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК

$\psi := 0.9$ P1 := ПЗ12 P2 := ПЗ22

```

XY:=
w0,0 ← 0
for i ∈ 0.. 250
  if i ≤ m
    w1,i ← 1
    w0,i+1 ← 0
  if i > m
    Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
    w1,i ← 1 - Xp
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
w
    
```



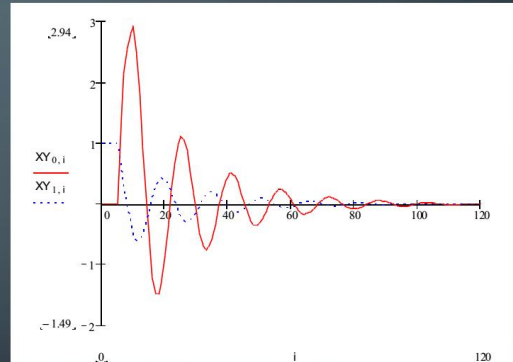
Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК з І-регулювальним пристроєм

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК

$\psi := 0.75$ P1 := П211 P2 := П221

```

XY:=
w0,0 ← 0
for i ∈ 0.. 200
  if i ≤ m
    w1,i ← 1
    w0,i+1 ← 0
  if i > m
    Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
    w1,i ← 1 - Xp
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
w
    
```



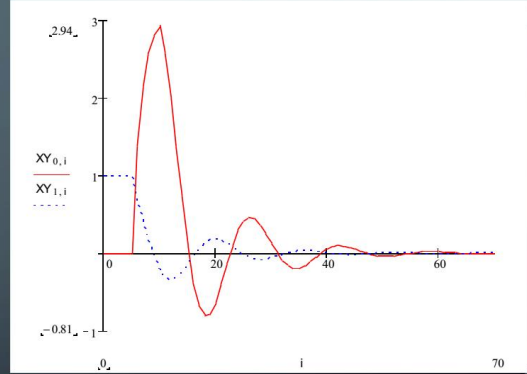
Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК із ПІ-регулювальним пристроєм

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК

$\psi := 0.9$ $P1 := \Pi_{212}$ $P2 := \Pi_{222}$

```

XY:=
w0,0 ← 0
for i ∈ 0.. 250
  if i ≤ m
    w1,i ← 1
    w0,i+1 ← 0
  if i > m
    Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
    w1,i ← 1 - Xp
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
w
    
```



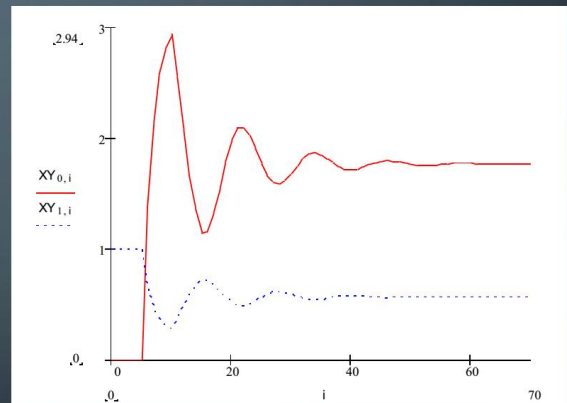
Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК із П-регулювальним пристроєм

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК

$\psi := 0.75$ $P1 := \Pi_{111}$ $P2 := \Pi_{121}$

```

XY:=
w0,0 ← 0
for i ∈ 0.. 200
  if i ≤ m
    w1,i ← 1
    w0,i+1 ← 0
  if i > m
    Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
    w1,i ← 1 - Xp
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
w
    
```



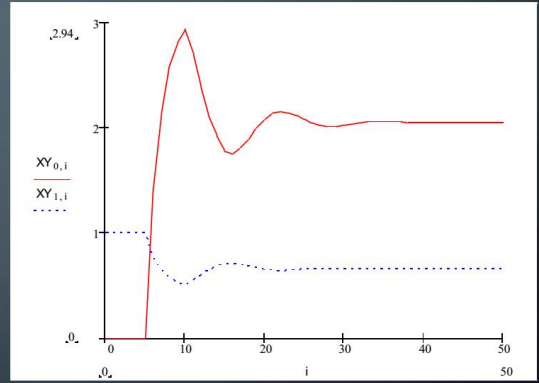
Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК із П-регулювальним пристроєм

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК

$\psi := 0.9$ $P1 := \Pi1_{12}$ $P2 := \Pi1_{22}$

```

XY:= w0,0 ← 0
for i ∈ 0..250
  if i ≤ m
    w1,i ← 1
    w0,i+1 ← 0
  if i > m
    Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
    w1,i ← 1 - Xp
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
w
    
```



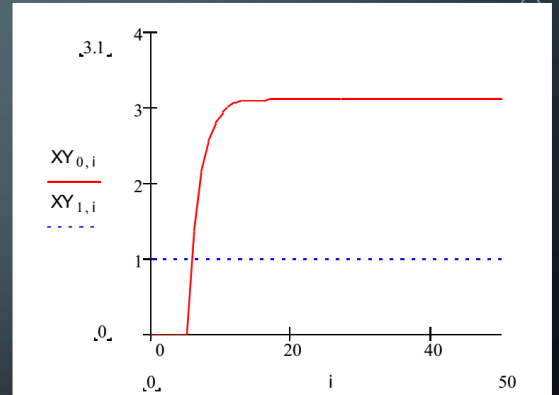
Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК із П-регулювальним пристроєм

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК

$P1 := 0$ $P2 := 0$

```

XY:= w0,0 ← 0
for i ∈ 0..150
  if i ≤ m
    w1,i ← 1
    w0,i+1 ← 0
  if i > m
    Xp ← P1 · w0,i + P2 · ∑j=0i (w0,j · Δt)
    w1,i ← 1 - Xp
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · w1,i-m
w
    
```



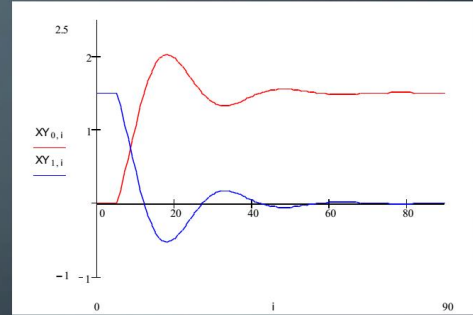
Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК без регулювальних пристроїв

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОКОНТУРНОЇ САК

$\psi := 0.75$ $P1 := \Pi 3_{12}$ $P2 := \Pi 3_{22}$

```

XY:= w0,0 ← 0
for i ∈ 0..200
  if i ≤ m
    w1,i ← 1.5
    w0,i+1 ← 0
    Xp ← P1 · w1,i + P2 · ∑j=0i (w1,j · Δt)
  if i > m
    w1,i ← 1.5 - w0,i
    Xp ← P1 · w1,i + P2 · ∑j=0i (w1,j · Δt)
    w0,i+1 ← w0,i · A + B · Xp-m
  w
  
```



Графічні залежності перехідних процесів в одноконтурній САК зі зміною технічного завдання

ПІДБІР ДАВАЧІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ



Загальний вигляд давачів Метран-100 для вимірювання тиску



Загальний вигляд давача для вимірювання рівня температури Метран-286

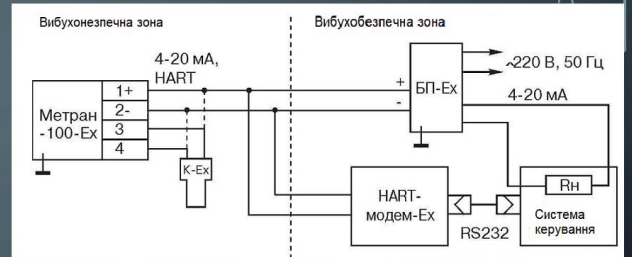


Схема підключення давачів Метран-100 (МП-2, МП-3) з захищеним від іскри блоком живлення та HART-модемом

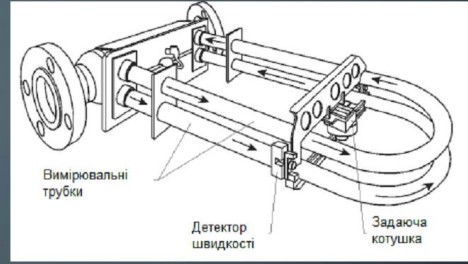


Схема зовнішніх приєднань Метран-286 з бар'єром іскро-захисту: PV1 – HART-модем Метран-681; PV2 – персональний комп'ютер; БЖ- блок живлення; Бар'єр іскро-захисту - 9001/51

ПІДБІР ДАВАЧІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ



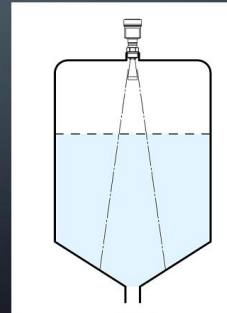
Загальний вигляд витратоміру Метран-360



Конструкція давача витрати речовини

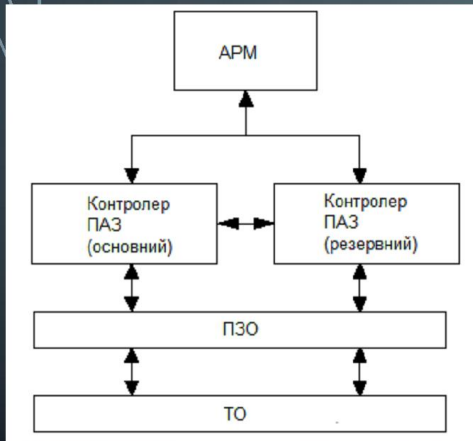


Загальний вигляд давача рівня речовини серії VEGAPULS 40

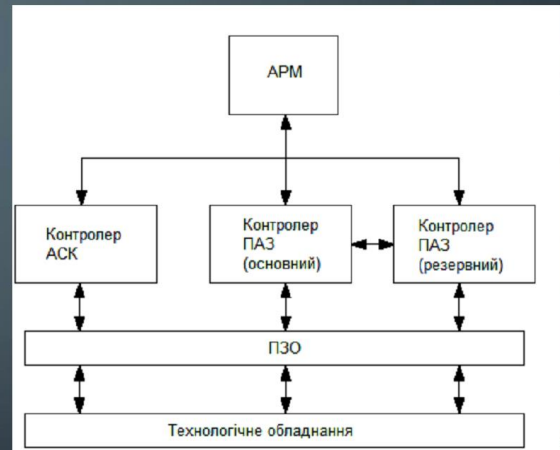


Принцип роботи давача рівня речовини VEGAPULS

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ

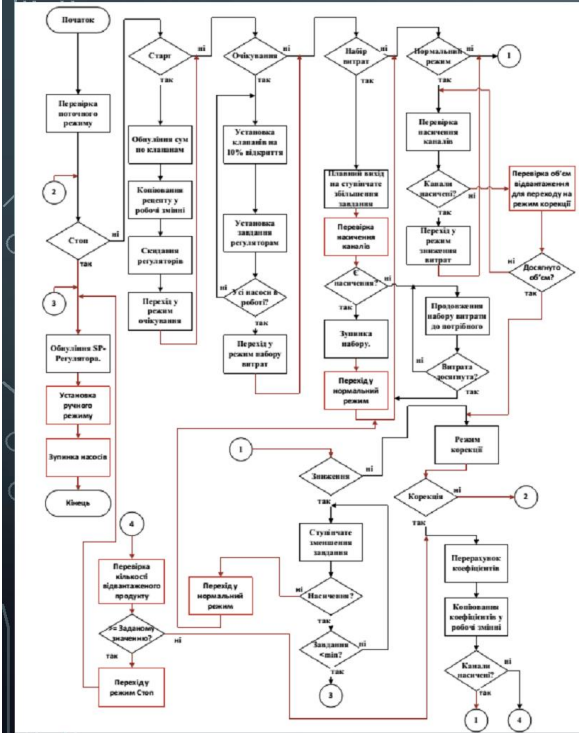
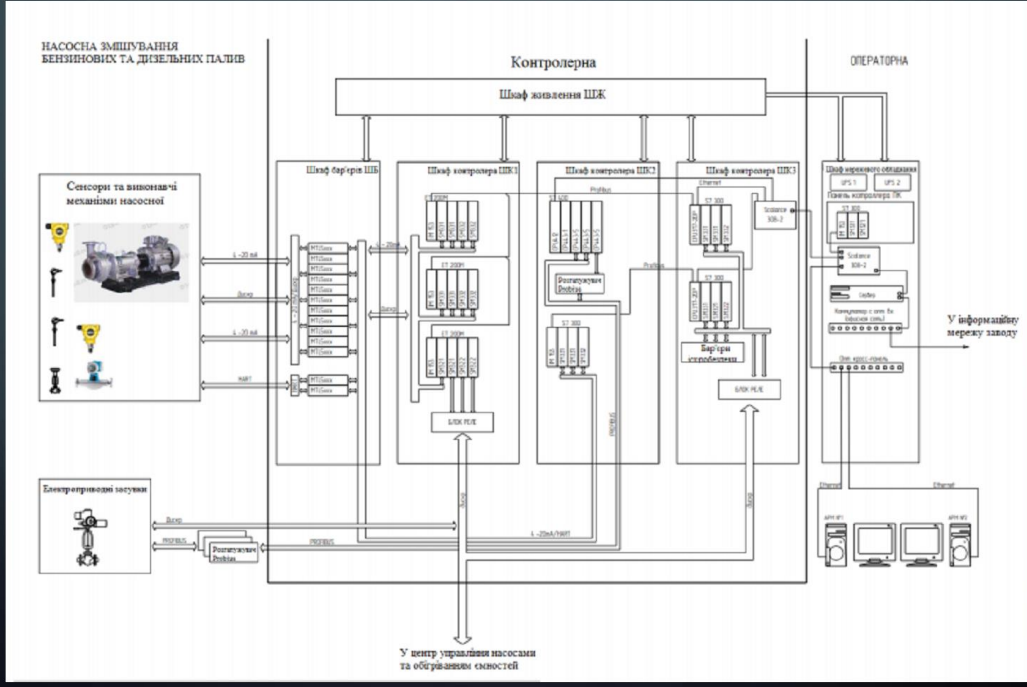


Структурна схема АСК УОГ



Структурна схема АСК ТП компресорною станцією

СТРУКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРОБЛЮВАНОЇ АСК ТП



Блок-схема алгоритму керування програмою

Додаток В

Таблиця В.1 – Отримані результати дослідження

t	$\Delta X_{вих}$	$\sigma(t)$	$1 - \sigma(t)$	$\theta = \frac{t}{F_1}$
0	0	0	1	0
0,2	0,1	0,08	0,92	0,13
0,4	0,26	0,2	0,8	0,26
0,6	0,5	0,39	0,64	0,39
0,8	0,75	0,58	0,42	0,53
1	0,9	0,7	0,35	0,66
1,2	1,01	0,78	0,23	0,79
1,4	1,1	0,85	0,15	0,92
1,6	1,16	0,89	0,1	1,05
1,8	1,2	0,92	0,07	1,19
2	1,24	0,95	0,04	1,32
2,2	1,26	0,97	0,03	1,46
2,4	1,27	0,94	0,02	1,58
2,6	1,28	0,98	0,01	1,72
2,8	1,29	0,99	0,007	1,85
3	1,3	1	0	1,98
			$\Sigma=4,74$	

Таблиця В.2 – Отримані результати досліджень

θ	$1 - \sigma$	$1 - \theta$	$(1 - \sigma)(1 - \theta)$	$1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2}$	$(1 - \sigma) \left(1 - 2\theta + \frac{\theta^2}{2} \right)$
0	1	1	1	1	1
0,1	0,97	0,9	0,873	0,805	0,78
0,2	0,94	0,8	0,75	0,62	0,58
0,3	0,88	0,7	0,61	0,445	0,39
0,4	0,84	0,6	0,5	0,28	0,24
0,5	0,78	0,5	0,39	0,125	0,09
0,6	0,7	0,4	0,28	-0,02	-0,01
0,7	0,62	0,3	0,19	-0,155	-0,09
0,8	0,54	0,2	0,1	-0,28	-0,15
0,9	0,46	0,1	0,05	-0,395	-0,18
1	0,4	0	0	-0,5	-0,2

1,1	0,34	-0,1	-0,03	-0,595	-0,202
1,2	0,3	-0,2	-0,06	-0,68	-0,204
1,3	0,26	-0,3	-0,08	-0,755	-0,19
1,4	0,23	-0,4	-0,09	-0,82	-0,18
1,5	0,2	-0,5	-0,102	-0,875	-0,17
1,6	0,17	-0,6	-0,1	-0,92	-0,16
1,7	0,14	-0,7	-0,098	-0,955	-0,13
1,8	0,12	-0,8	-0,096	-0,98	-0,12
1,9	0,1	-0,9	-0,9	-0,995	-0,09
2	0	-1	0	-1	0
			$\Sigma=4,009$		$\Sigma=0,97$

Таблиця В.3 – Показники якості перехідних процесів САК

Прямі показники якості перехідних процесів	$\psi=0,75$			$\psi=0,9$		
	Регуляторний пристрій					
	П	І	ПІ	П	І	ПІ
Час ПП, t_n	28,73	66,9	65,3	18,03	46,0	36,19
Стат. пох. регулювання	1,76	0	0	2,05	0	0
Динам. пох. регулювання	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
Час першого досягнення регульовальної величини заданого значення, t_{p1}	12,78	17,73	14,2	13,3	19,5	15,8
Час досягнення регульовальної величини максимального відхилення в перехідний період, t_{max}	10,03	10,03	10,03	10,03	10,03	10,03
Коливальність ПП	1	3	3	0	1	1
Степінь затухання, ψ	0,78	0,75	0,62	0,88	0,89	0,84

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод керування автоматизованим процесом отримання товарного бензину

Автор: Татаревська Ольга Григорівна

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

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Сельський Андрій Анатолійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;
- усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;
- виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 4,05% і адресується до 188 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 21.12.2023

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Валерій МАРТИНЮК

Андрій СЕЛЬСЬКИЙ

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Татаревська О.Г

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курс, групи АКІТм-22-1

ЗАЯВА

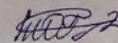
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.12.2023

дата



підпис

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Татаревська Ольга Григорівна

Тема: Метод керування автоматизованим процесом отримання товарного бензину

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

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень _____ Кількість сторінок записки _____ 98 _____

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: створено автоматизовану систему керування технологічним процесом отримання товарного бензину
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналітичний огляд існуючих технічних та технологічних рішень процесу отримання товарного бензину, а саме вказано основні показники якості бензинової суміші, описано методи отримання бензинової суміші, розглянуто фізико-хімічні основи технологічного процесу одержання бензинової суміші, описано технологічну схему процесу отримання бензинової суміші, також виконано постановку завдань для автоматизації процесу отримання товарного бензину. У другому розділі описано вибір однієї із можливих одноконтурних САК, для якої: визначено часову характеристику, на підставі чого було розраховано передаточні функції вибраного ОК методом площ. Також наведено розрахунок оптимальних параметрів налаштування регулювального пристрою. У третьому розділі виконано опис розробленої функціональної схеми автоматизації технологічного процесу отримання товарного бензину. Наведено підбір датчиків для вимірювання технологічних параметрів процесу отримання товарного бензину, а саме вимірювання рівня тиску, вимірювання рівня температури, вимірювання величини витрати речовини, вимірювання рівня речовини в ємності та вимірювання октанового числа бензинової суміші. У четвертому розділі виконано порівняльний аналіз існуючих систем автоматизації об'єктів - АСК ТП компресорною станцією та АСК установки очищення газу. Обрано необхідні апаратно-програмні засоби контролерного та верхнього рівнів керування АСК ТП отримання товарного бензину. Сформульовано вимоги до створюваної АСК ТП отримання товарного бензину. Виконано опис розробленої АСК ТП отримання товарного бензину та представлено структуру програмного забезпечення для АСК ТП.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється програмній реалізації та техніці безпеки при роботі із автоматизованою системою

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

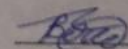
7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (3,75/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Володимир Антонович Гончар, кандидат технічних наук, доцент, кафедра Трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет

“ 08 ” 12 2023 р.

 (підпис)

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 5.0%

Словники перевірки: en_US, pl_RU, ua_UA. Помилки в документах: 10%

ID: 122180 Назва: Метод керування автоматизованим процесом отримання товарного бензину Додано в БД: 2023-12-08 Автора: Ольга ТАТАРЕВСЬКА Керівник: Андрій СЕЛЬСЬКИЙ Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Данх	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	99953	1441	5694 (6%)	82 (6%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1015983892

Дата перевірки:
08.12.2023 12:54:48 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
08.12.2023 13:14:56 EET

ID користувача:
100005862

Назва документа: Татаревська_антиплаг

Кількість сторінок: 102 Кількість слів: 17964 Кількість символів: 129844 Розмір файлу: 1.59 MB ID файлу: 1015664564

427 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

4.05% Схожість

Найбільша схожість: 1.2% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015664557)

3.07% Джерела з Інтернету 188 Сторінка 104

1.8% Джерела з Бібліотеки 33 Сторінка 105

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Посилання 1 Сторінка 105

0.01% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0.01% Вилучення з Інтернету 1 Сторінка 106

Немає вилучених бібліотечних джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 42

Підозріле форматування 22 сторінки