

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

(повне найменування вищого навчального закладу)

ІНЖЕНЕРНО - ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Анатолій ЖУЧЕНКО

« _____ » _____ 2023 р

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації»

з напрямку підготовки 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: Автоматизація процесу виробництва ацетилену

Виконав: студент 4 курсу, групи

Ла-92

(шифр групи)

Дерев'янчук Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник Бугаєва Людмила Миколаївна доцент, к.т.н, с.н.с.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант Охорона праці старший викладач, к.т.н Ковтун І.М

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент доцент кафедри системного проектування

НН ІПСА КПІ ім. Ігоря Сікорського, к.т.н. Безносик О.Ю

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Студент _____

(підпис)

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва)

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

Освітня програма «Технічні та програмні засоби автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Анатолій ЖУЧЕНКО

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« » 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Дерев'янчуку Максиму Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизація процесу виробництва ацетилену

керівник проекту Бугаєва Людмила Миколаївна доцент, к.т.н, с.н.с.

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

затвержені наказом по університету від «26» травня 2023р. №2024-с

2. Термін подання студентом проекту 07.06.23

3. Вихідні дані до проекту система керування, з гарантованими часовими

Характеристиками.

4. Зміст пояснювальної записки Аналіз виробництва ацетилену; розробка схем

автоматизації; математичне моделювання; синтез та дослідження системи

керування холодильником газу; програмування контролера; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації процесу отримання ацетилену;
Принципова електрична схема дистанційного керування електричних двигунів;
Монтажно комутаційна схема; Презентація дипломного проекту.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун А. І., старший викладач, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Аналіз процесу виділення ацетилену	17.04.2023	
	Розробка схеми автоматизації	30.04.2023	
	Отримання математичної моделі	19.05.2023	
	Дослідження статичного і динамічного режимів об'єкта керування	23.05.2023	
	Синтез системи керування	26.05.2023	
	Розробка креслень	28.05.2023	
	Охорона праці	30.05.2023	

Студент

(підпис)

Максим Дерев'янчук

Керівник проекту

(підпис)

Людмила Бугаєва

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Реферат

Бакалаврський дипломний проект Дерев'янчука Максима Володимировича, на тему "Автоматизація процесу виробництва ацетилену" містить 60 ст, 5 ілюстрацій, 3 таблиці, 3 кресленники, 1 додаток та 12 бібліографічних найменувань.

Мета даного проекту "Автоматизація процесу виробництва ацетилену" полягає у досягненні оптимального та ефективного функціонування технологічного процесу одержання ацетилену шляхом впровадження автоматизованих засобів та розробки системи керування. Завданням проекту є аналіз технологічного стану виробництва, розробка моделі процесу, розрахунок та оптимізація системи керування, встановлення електронного устаткування та програмного забезпечення, а також визначення необхідних параметрів для досягнення стабільності та точності регулювання. Проект передбачає проведення досліджень та експериментальних випробувань з метою впровадження розробленої системи керування та перевірки його ефективності на практиці. Також будуть проведені аналіз вимог з охорони праці та розробка відповідних заходів для забезпечення безпеки працівників у процесі роботи з автоматизованою системою. В результаті реалізації даного проекту очікується підвищення продуктивності, ефективності та якості процесу одержання ацетилену, а також зниження витрат ресурсів та забезпечення безпеки працівників.

Ключові слова: ацетилен, автоматизація, система керування, електронне устаткування, охорона праці.

Abstract

Bachelor's thesis by Maksym Volodymyrovych Derevyanchuk on "Automation of Acetylene Production Process" consists of 60 pages, 5 illustrations, 3 tables, 3 drawings, 1 appendix, and 12 bibliographic references.

The aim of this project, "Automation of Acetylene Production Process," is to achieve optimal and efficient functioning of the technological process of acetylene production by implementing automated means and developing a control system. The project's objectives include analyzing the technological state of production, developing a process model, calculating and optimizing the control system, installing electronic equipment and software, and determining the necessary parameters for stability and accuracy of regulation. The project involves conducting research and experimental trials to implement the developed control system and verify its effectiveness in practice. Additionally, it entails analyzing occupational safety requirements and developing corresponding measures to ensure worker safety in the automated system operation. The expected outcome of this project is increased productivity, efficiency, and quality of the acetylene production process, as well as reduced resource consumption and enhanced worker safety.

Keywords: acetylene, automation, control system, electronic equipment, occupational safety.

6.3. Хімічний склад робочої зони.....	56
6.4. Ураження електричним струмом.....	57
6.5. Пожежна безпека.....	59
Висновок.....	61
Література.....	62
Додаток 1.....	63

Вступ

Ацетилен є однією з найважливіших органічних сполук, яка знаходить широке застосування у різних галузях промисловості. Його використовують у зварюванні, освітленні, хімічному синтезі та інших важливих процесах. Задоволення постійно зростаючого попиту на ацетилен спонукає нас до пошуку нових технологій для його ефективного виробництва.

У даному дослідженні ми зосередимось на виробництві ацетилену з газів крекінгу метану за допомогою процесу абсорбції диметилформамідом (DMF). Цей метод є альтернативою відомому карбідному процесу і дозволяє отримувати ацетилен з вуглеводневих газів, що виникають під час крекінгу метану.

Виробництво ацетилену за допомогою абсорбції диметилформамідом відкриває нові перспективи для промислового використання цієї важливої сполуки. Цей процес базується на взаємодії газів крекінгу метану, зокрема пропану та пропену, з диметилформамідом, що призводить до утворення ацетилену. Такий підхід відкриває можливість ефективного використання різних вуглеводневих ресурсів для отримання цінного продукту.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1. Аналіз виробництва ацетилену

1.1. Властивості та застосування ацетилену

Історія ацетилену налічує багато років розвитку і еволюції. Перші дослідження, пов'язані з цією сполукою, були проведені в XIX столітті.¹ У 1862 році французький вчений Антуан Люї Лоуренс запатентував метод отримання ацетилену шляхом термічного розкладу ацетилену, а в 1864 році цей газ був вперше отриманий з карбїду кальцію, що відкрило шлях до промислового виробництва.

Після початкового відкриття ацетилен швидко знайшов широке застосування в різних галузях. Одним з перших його важливих застосувань було освітлення. У 1895 році американський винахідник Томас А. Едісон використав ацетиленові лампи для освітлення вулиць Нью-Йорка. Ацетилен також використовували у фармацевтиці, при зварюванні та виробництві полімерів.

Протягом XX століття застосування ацетилену продовжувало розширюватися. Він знайшов своє місце в хімічній промисловості як важлива сировина для виробництва органічних сполук. Ацетилен був використаний для синтезу різних продуктів, включаючи ацетати, ацетон, етилен, алкоголі та інші сполуки.

Сьогодні ацетилен є незамінним компонентом у багатьох промислових процесах. Його використовують у зварюванні та різанні металу, де він забезпечує високу температуру плавлення.[2]

При сильному охолодженні переходить відразу у білу кристалічну речовину. При стисненні газ розкладається з вибухом. На повітрі ацетилен горить кіптявим полум'ям, а в атмосфері кисню – сліпучо-яскравим полум'ям з виділенням значної кількості тепла.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Ацетилен має широке застосування в хімічній промисловості. Деякі з основних застосувань ацетилену включають:

1. Синтез органічних сполук: Ацетилен є важливою сировиною для виробництва різних органічних сполук. Він використовується для синтезу ацетатів, ацетону, ацетилхлориду та інших хімічних речовин. Ці сполуки є важливими у виробництві пластмас, розчинників, фармацевтичних препаратів та інших продуктів.

2. Зварювання та різання металу: Ацетилен використовується як паливо для зварювання та різання металу. Коли ацетилен змішується з киснем у спеціальних горілках, утворюється плам'я високої температури, яке забезпечує необхідний тепловий потік для плавлення та з'єднання металевих деталей.

3. Хімічний аналіз: Ацетилен використовується як джерело водню в реакціях хімічного аналізу. Наприклад, у фламіньовому аналізі, ацетилен змішується з киснем у спеціальних фламіньових горілках, що дає можливість визначати кількість певних елементів у зразках.

4. Освітлення: В минулому ацетилен використовувався у газових лампах для освітлення вулиць та приміщень. Хоча зараз більш сучасні джерела світла витіснили газові лампи, але ацетилен все ще може бути використаний для освітлення у деяких спеціалізованих випадках, наприклад, у шахтах або у важкодоступних місцях.

Застосування ацетилену в промисловості демонструє його значну роль у виробництві різних матеріалів та продуктів. Використання ацетилену залежить від його хімічних властивостей, доступності сировини та технічних вимог. Розуміння методів отримання та застосування ацетилену є важливим для подальшого розвитку і вдосконалення його використання у промисловості.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Методи отримання ацетилену

Існує кілька методів отримання ацетилену, серед яких найпоширеніші наступні:

1. Карбідний процес: Цей метод є одним з найстаріших та найпоширеніших способів отримання ацетилену. Він базується на реакції карбіду кальцію (CaC_2) з водою, що призводить до утворення ацетилену (C_2H_2) та гідроксиду кальцію ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Цей процес може бути проведений як у промисловому масштабі, так і в лабораторних умовах.

2. Процес парціального окиснення: Цей метод використовується для отримання ацетилену з газів, що містять вуглеводні сполуки. У процесі парціального окиснення вуглеводні, такі як етан або пропан, змішуються з певною кількістю кисню та піддаються каталітичній окисненні. Це призводить до утворення ацетилену разом з іншими продуктами, такими як етилен та карбонільний окис.

3. Абсорбційний метод: Цей метод використовується для отримання ацетилену з газів крекінгу вуглеводнів. У процесі абсорбції гази крекінгу, такі як пропан або бутан, взаємодіють з розчинником, наприклад диметилформамідом (DMF) або ацетонітрилом. Ця реакція призводить до утворення ацетилену, який потім може бути відокремлений та використаний.

4. Термічний розклад органічних сполук: Цей метод використовується для отримання ацетилену шляхом термічного розкладу органічних сполук, таких як етилен або пропан. При нагріванні цих сполук високими температурами відбувається деструкція їхніх молекул та утворення ацетилену.

Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження і використовується залежно від конкретних умов та потреб. Вибір методу отримання ацетилену залежить від факторів, таких як масштаб виробництва, доступність сировини та технологічні вимоги. [3]

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Метод одержання ацетилену з газів крекінгу метану абсорбцією диметилформамідом є одним зі способів виробництва цієї хімічної сполуки.

Процес включає наступні кроки:

1. Підготовка газового потоку: Спочатку газовий потік, що містить метан, піддається попередній очистці від домішок, таких як сірководень і амоніак.

2. Крекінг метану: Очищений газовий потік піддається процесу крекінгу, де метан розщеплюється на більш легкі вуглеводні, зокрема етан, етілен та ацетилен. Цей процес відбувається за високої температури із використанням каталізаторів або теплової енергії.

3. Абсорбція ацетилену: Отримана суміш газів, яка містить ацетилен, піддається абсорбції диметилформамідом (DMF) або ацетонітрилом. Ці розчинники мають високу афінитет до ацетилену і здатні його поглинати, тим самим відокремлюючи його від інших компонентів газової суміші.

4. Регенерація розчинника: Отриманий розчинник, який містить поглинутий ацетилен, піддається процесу регенерації. Це може включати відділення ацетилену від розчинника шляхом зниження тиску або нагрівання. Розчинник, який був регенований, може бути повторно використаний у процесі.

5. Отримання чистого ацетилену: Після регенерації розчинника і відокремлення від нього ацетилену, останній піддається додатковій очистці, яка може включати фільтрацію, охолодження і конденсацію. Таким чином, отримується чистий ацетилен, який може бути використаний у подальших процесах.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після відокремлення від смол, сажі і сірчистих сполук, газу, отримані в результаті крекінгу метану, піддаються компресії до тиску 1 МПа та охолоджуються в холодильниках до 38°C. Стиснутий газ потім поступає в насадочний абсорбер, який зрошується невеликою кількістю диметилформаміду. У цьому абсорбері розчинник вбирає діацетилен і невелику кількість ацетилену з газу.

Газу, від яких звільнили діацетилен, потрапляють до наступного насадочного абсорбера, де ацетилен виділяється з допомогою диметилформаміду, який подається достатньою кількістю для зрошування.

Крім ацетилену, диметилформамід розчиняє й інші газу у рівноважних кількостях. Газу, що виходять з верхньої частини цього абсорбера, включають CO, H₂, CO₂, N₂, CH₄ та інші.

Насичений ацетиленом диметилформамід потім потрапляє до стабілізатора з кип'ятильником. У нижній частині стабілізатора рідина підігривається до 87°C, внаслідок чого з неї виділяються розчинені газу, включаючи ацетилен. Ці газу разом з паром диметилформаміду проходять через конденсатор-холодильник, де пари розчинника скраплюються, а ацетилен розчиняється в конденсаті. Рідину, що містить диметилформамід і розчинений у ньому ацетилен, відокремлюють у сепараторі від менш розчинних газів, таких як CO, H₂ та інші, і повертають в стабілізатор. Таким чином, практично всі газу, крім ацетилену і метилацетилену, видаляються з диметилформаміду. З метою досягнення високого рівня очищення, необхідного для видалення цих газів, деяка кількість ацетилену також видаляється разом з ними. Газу з сепаратора, після відмивання водою від слідів розчинника у скрубєрі, повертаються у систему очищення.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виділення ацетилену з диметилформаміду проводиться у десорбері, який працює при атмосферному тиску. У кубовій частині десорбера, що має кип'ятильник, рідина нагрівається до 120°C. При цій температурі ацетилен видаляється з розчину, залишаючи більш розчинний метилацетилен у рідині. Змішаний газ, що складається з ацетилену, значної кількості метилацетилену і парів диметилформаміду, потім поступає до конденсатора-холодильника. Пари диметилформаміду конденсуються, а метилацетилен розчиняється в конденсаті.

Рідина, що містить диметилформамід і розчинений у ньому метилацетилен, відокремлюється в сепараторі від ацетилену і повертається в десорбер. Ацетилен, який виходить з сепаратора, відмивають водою від слідів диметилформаміду у скрубєрі і направляють на подальшу переробку. Гази, що виходять з абсорбера, розділяються на дві струмини.

Приблизно 90% вихідних газів (за об'ємом) подаються в десорбер 13, який зрошується диметилформамідом, що витікає з абсорбера 3. Щодо другого потоку газів (приблизно 10% загального об'єму), він спрямовується в десорбер 12, який зрошується диметилформамідом, що витікає з десорбера 9. В десорберах 12 і 13 газ виштовхує розчинений у диметилформаміді діацетилен та ацетилен.

Більш чистий диметилформамід, що виходить з десорбера 12, після охолодження в холодильнику 15 може бути повернутий у процес. Забруднений диметилформамід з десорбера 13 змішують з водою в промивних скрубєрах і направляють на очищення від домішок. Для очищення і відокремлення води використовується агрегат, який складається з випарного апарата та двох ректифікаційних колон.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Отже, процес очищення газів від домішок, зокрема діацетилену та ацетилену, включає в себе використання десорберів, які зрошуються диметилформамідом. Головна частина вихідних газів (90% об'єму) проходить через десорбер 13, тоді як решта (10% об'єму) направляється в десорбер 12. У цих десорберах диметилформамід відокремлюється від розчинених у ньому діацетилену та ацетилену. Після цього чистий диметилформамід може бути повернутий у процес, а забруднений диметилформамід змішується з водою та проходить очищення від домішок.

Загалом, описаний процес очищення газів від домішок забезпечує ефективну відокремлення діацетилену та ацетилену від диметилформаміду та інших компонентів. Це важливий крок для отримання чистих газів, які можуть бути використані у різних промислових процесах.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Специфікація вимог до автоматизованої системи.

Постановка задачі автоматизації полягає в ідентифікації процесу ацетиленовиробництва та розробці системи, що забезпечує автоматичне керування цим процесом з метою поліпшення ефективності, точності і надійності виробництва. [4]

Основні вимоги до автоматизації процесу ацетиленовиробництва можуть включати:

1. Моніторинг та контроль параметрів: Розробка системи для неперервного моніторингу та контролю за різними параметрами процесу, такими як тиск, температура, рівень реагентів, обсяги газу тощо. Це дозволить операторам отримувати реальний час інформацію про стан процесу та вживати заходи для забезпечення оптимальних умов виробництва.

2. Автоматичне регулювання: Розробка системи автоматичного регулювання, яка забезпечує контроль та регулювання параметрів процесу. Наприклад, автоматичне регулювання подачі реагентів, ступеня змішування, режимів нагріву та охолодження, щоб забезпечити оптимальні умови реакцій і максимізувати виробництво ацетилену.

3. Діагностика та прогнозування: Розробка системи діагностики та прогнозування, яка може виявляти відхилення від нормального режиму роботи, ідентифікувати можливі проблеми або поломки та прогнозувати вплив цих проблем на продуктивність процесу. Це дозволить операторам приймати своєчасні рішення та вживати запобіжні заходи для уникнення аварійних ситуацій та зниження простою обладнання.

4. Інтеграція та управління даними: Розробка системи, що дозволяє інтегрувати дані з різних джерел, таких як датчики, контрольні пристрої, лабораторні вимірювання тощо. Це дозволить операторам отримувати повну картину процесу і аналізувати дані для прийняття ефективних управлінських рішень.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

5. Безпека та аварійна захист: Розробка системи, яка забезпечує безпеку працівників, виявляє аварійні ситуації та негайно вживає заходи для їх припинення або мінімізації наслідків. Це може включати системи виявлення витоків, пожежі, перевантаження тощо.

Загальною метою автоматизації процесу ацетиленовиробництва полягає у покращенні ефективності, безпеки, точності та надійності виробництва, а також зниженні витрат та впливу на навколишнє середовище.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Автоматизація процесу одержання ацетилену

2.1 Аналіз основних параметрів виробництва

Після детального аналізу процесу та усіх особливостей виробництва в цілому слід передбачити автоматичний контроль наступних параметрів:

- температура газів крекінг метану 38 °С на виході з холодильників газу 2, 3, 4;
- Температура рідини 87 °С у стабілізаторі 10;
- температура рідини 120 °С у десорбері 14;

Детально розглянемо результати в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Параметри контролю керування виробництвом

<u>№ пор.</u>	<u>Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра</u>	<u>Назва контрольованого чи регульованого параметра</u>	<u>Норми технологічного режиму та допустимі відхилення</u>	<u>Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)</u>
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>1</u>	<u>Трубопровід, гази крекінгу метану</u>	<u>Витрата</u>	<u>=</u>	<u>контроль</u>
<u>2</u>	<u>Трубопровід, вода</u>	<u>Витрата</u>	<u>=</u>	<u>контроль</u>
<u>3</u>	<u>Трубопровід, вода</u>	<u>Витрата</u>	<u>=</u>	<u>контроль</u>
<u>4</u>	<u>Трубопровід, вода</u>	<u>Витрата</u>	<u>=</u>	<u>контроль</u>
<u>5</u>	<u>Трубопровід, гази крекінгу метану</u>	<u>Температура</u>	<u>38 °С</u>	<u>контроль</u>
<u>6</u>	<u>Трубопровід, гази крекінгу метану</u>	<u>Температура</u>	<u>38 °С</u>	<u>контроль</u>
<u>7</u>	<u>Трубопровід, гази крекінгу метану</u>	<u>Температура</u>	<u>38 °С</u>	<u>контроль</u>
<u>8</u>	<u>Сепаратор 5</u>	<u>Рівень</u>	<u>=</u>	<u>контроль</u>
<u>9</u>	<u>Сепаратор 6</u>	<u>Рівень</u>	<u>=</u>	<u>контроль</u>
<u>10</u>	<u>Сепаратор 7</u>	<u>Рівень</u>	<u>=</u>	<u>контроль</u>
<u>11</u>	<u>Трубопровід, гази крекінгу метану</u>	<u>Витрата</u>	<u>=</u>	<u>контроль</u>

Продовження таблиці 2.1

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>14</u>	<u>Трубопровід, демитилформамід</u>	<u>Витрата</u>	=	<u>контроль</u>
<u>15</u>	<u>Трубопровід, суміш газів та домішок</u>	<u>Концентрація</u>	=	<u>контроль</u>
<u>16</u>	<u>Трубопровід, вода</u>	<u>Витрата</u>	=	<u>контроль</u>
<u>17</u>	<u>Конденсатор - холодильник 11</u>	<u>Температура</u>	=	<u>контроль</u>
<u>18</u>	<u>Сепаратор 12</u>	<u>Рівень</u>	=	<u>контроль</u>
<u>19</u>	<u>Трубопровід, суміш газів та домішок</u>	<u>Концентрація</u>	=	<u>контроль</u>
<u>20</u>	<u>Стабілізатор 10, скраплений C₂H₂ та демитилформамід</u>	<u>Рівень</u>	=	<u>контроль</u>
<u>21</u>	<u>Стабілізатор 10, скраплений C₂H₂ та демитилформамід</u>	<u>Температура</u>	<u>87 °C</u>	<u>контроль</u>
<u>22</u>	<u>Трубопровід, вода</u>	<u>Витрата</u>	=	<u>контроль</u>
<u>23</u>	<u>Конденсатор - холодильник 11</u>	<u>Температура</u>	=	<u>контроль</u>
<u>24</u>	<u>Сепаратор 16</u>	<u>Рівень</u>	=	<u>контроль</u>
<u>25</u>	<u>Скрубер 17</u>	<u>Рівень</u>	=	<u>контроль</u>
<u>26</u>	<u>Трубопровід, ацетилен</u>	<u>Концентрація</u>	=	<u>контроль</u>
<u>27</u>	<u>Трубопровід, пара</u>	<u>Витрата</u>	=	<u>контроль</u>
<u>28</u>	<u>Десорбер 14</u>	<u>Рівень</u>	=	<u>контроль</u>
<u>29</u>	<u>Десорбер 14</u>	<u>Температура</u>	<u>120 °C</u>	<u>контроль</u>
<u>30</u>	<u>Трубопровід, пара</u>	<u>Витрата</u>	=	<u>контроль</u>
<u>31</u>	<u>Десорбер 19</u>	<u>Рівень</u>	=	<u>контроль</u>
<u>32</u>	<u>Трубопровід, демитилформамід</u>	<u>Температура</u>	=	<u>контроль</u>
<u>33</u>	<u>Трубопровід, суміш</u>	<u>Витрата</u>	=	<u>контроль</u>

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ

Арк.

15

2.2. Розробка схеми автоматизації.

У схемі автоматичного контролю процесу виробництва ацетилену з газів за допомогою диметилформаміду є ряд контурів.

Контури контролю являють собою контроль та сигналізацію параметрів витрати, рівня, тиску, температури та концентрації.

Контур 1 забезпечує контроль витрати газів крекінгу метану у трубопроводі що входить в компресор 1 та включає в собі: діафрагму камерну (1-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (1-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (1-3).

Контур 2 забезпечує контроль витрати води на виході з холодильників газу, що входять у холодильник 2 та включає в собі: діафрагму камерну (2-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (2-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (2-3).

Контур 3 забезпечує контроль витрати води в трубопроводі, що входять у холодильник 3 та включає в собі: діафрагму камерну (3-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (3-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (3-3).

Контур 4 забезпечує контроль витрати води в трубопроводі, що входять у холодильник 4 та включає в собі: діафрагму камерну (4-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (4-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (4-3).

Контур 5 використовуємо для контролю температури газів крекінгу метану на вході у сепаратор 5 та включає в собі: термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом (5-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (5-2).

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Контур 6 використовуємо для контролю температури газів крегінгу метану на вході у сепаратор 6 та включає в собі: термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом (6-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (6-2).

Контур 7 використовуємо для контролю температури газів крегінгу метану на вході у сепаратор 7 та включає в собі: термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом (7-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (7-2).

Контур 8 використовуємо для контролю рівня рідини, що входить у сепаратор 5 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (8-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (8-2).

Контур 9 використовуємо для контролю рівня рідини, що входить у сепаратор 6 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (9-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (9-2).

Контур 10 використовуємо для контролю рівня рідини, що входить у сепаратор 7 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (10-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (10-2).

Контур 11 забезпечує контроль витрати газів крегінгу метану, що входять в абсорбер 8 та включає в собі: діафрагму камерну (11-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (11-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (11-3).

Контур 12 забезпечує контроль витрати демитилформаміду в трубопроводі та включає в собі: діафрагму камерну (12-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (12-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (12-3).

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Контур 13 забезпечує вимірювання витрати газів крекінгу метану у трубопроводі та включає в собі: діафрагму камерну (13-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (13-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (13-3).

Контур 14 забезпечує контроль витрати демитилформаміду в трубопроводі та включає в собі: діафрагму камерну (14-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (14-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (14-3).

Контур 15 забезпечує контроль концентрації суміші газів та домішок у трубопроводі та включає в собі: газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (15-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (15-2).

Контур 16 забезпечує контроль витрати води в трубопроводі та включає в собі: діафрагму камерну (16-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (16-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (16-3).

Контур 17 забезпечує контроль температури рідини в конденсаторі - холодильнику 11 та включає в собі: термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом (17-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (17-2).

Контур 18 забезпечує контроль рівня рідини у сепараторі 12 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (18-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (18-2).

Контур 19 забезпечує контроль концентрації суміші газів та домішок у трубопроводі та включає в собі: газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (19-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (19-2).

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Контур 20 забезпечує контроль рівня скрапленого C₂H₂ та демитилформаміду у стабілазорі 10 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (20-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (20-2).

Контур 21 забезпечує контроль температури скрапленого C₂H₂ та демитилформаміду у стабілазорі 10 та включає в собі: термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом (21-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (21-2).

Контур 22 забезпечує контроль витрати води у трубопроводі та включає в собі: діафрагму камерну (22-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (22-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (22-3).

Контур 23 забезпечує контроль температури рідини у конденсаторі - холодильнику 15 та включає в собі: термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом (23-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (23-2).

Контур 24 забезпечує контроль рівня рідини в сепараторі 16 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (24-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (24-2).

Контур 25 забезпечує контроль рівня рідини у скрубєрі 17 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (25-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (25-2).

Контур 26 забезпечує контроль концентрації ацетилену у трубопроводі та включає в собі: газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (26-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (26-2).

Контур 27 забезпечує контроль витрати пари у трубопроводі та включає в собі: діафрагму камерну (27-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (27-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (27-3).

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Контур 28 забезпечує контроль рівня рідини у десорбері 14 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (28-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (28-2).

Контур 29 забезпечує контроль температури рідини у десорбері 14 та включає в собі: термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом (29-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (29-2).

Контур 30 забезпечує контроль витрати пари у трубопроводі та включає в собі: діафрагму камерну (30-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (30-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (30-3).

Контур 31 забезпечує контроль рівня рідини у десорбері 19 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (31-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (31-2).

Контур 32 забезпечує контроль температури демитилформаміду у трубопроводі та включає в собі: термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом (32-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (32-2).

Контур 33 забезпечує контроль витрати суміші газів та домішок у трубопроводі та включає в собі: діафрагму камерну (33-1); тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення (33-2); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (33-3).

Контур 34 забезпечує контроль рівня рідини у десорбері 20 та включає в собі: радар рівномірний вибухозахищений (34-1); індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний з функцією реєстрації (34-2).

Контур 35 забезпечує контроль рівня рідини у скрубєрі 21 та включає в собі: первинний вимірювальний перетворювач (35-1); індикатор технологічний з функцією реєстрації (35-2).

Контур 36 забезпечує контроль концентрації ацетилену у трубопроводі та включає в собі: газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу (36-1);

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

2.3. Розробка схеми технологічної сигналізації та аварійного захисту

Принципова електрична схема управління і аварійного захисту двигуна включає в себе різні елементи, що забезпечують керування та захист електродвигуна в разі виникнення небезпечних ситуацій.

Основними компонентами цієї схеми є:

1. Контролер/перетворювач: Використовується для керування електричними сигналами, забезпечення стабільності роботи двигуна та контролю рівня напруги та струму.

2. Вимикачі: Використовуються для включення та вимикання живлення двигуна. Вони можуть бути ручними або автоматичними, залежно від потреб системи.

3. Реле захисту: Встановлюються для виявлення аварійних ситуацій, таких як перевантаження, перегрів, недостатній рівень охолодження тощо. Коли реле сприймає виникнення аварійної ситуації, воно відключає живлення двигуна для запобігання подальшим пошкодженням.

4. Датчики: Використовуються для вимірювання параметрів, таких як температура двигуна, оберти, струм, напруга тощо. Ці дані передаються до контролера для моніторингу та прийняття відповідних рішень щодо режиму роботи двигуна.

5. Захисні пристрої: Включають в себе предохранні резистори, фільтри, роз'єми заземлення та інші пристрої, що забезпечують безпеку роботи системи і захист від потенційних небезпек.

Принципова електрична схема дозволяє забезпечити ефективне керування та аварійний захист електродвигуна, забезпечуючи безпеку його роботи і попереджуючи можливі пошкодження та аварії.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.3. Розробка монтажно комутаційної схеми

Розробка монтажно-комутаційної схеми є важливою частиною процесу автоматизації та керування виробництвом ацетилену. Ця схема визначає спосіб підключення та комутації різних елементів технологічного обладнання, що використовується у процесі виробництва. Вона включає в себе електричні з'єднання, розміщення реле, контролерів, сенсорів та інших пристроїв, необхідних для забезпечення автоматизованого функціонування системи.

Монтажно-комутаційна схема дозволяє належним чином організувати електричні зв'язки між різними компонентами системи, забезпечуючи їх взаємодію та спільну роботу. Це включає підключення електродвигунів насосів, сенсорів для збору даних, реле для керування вводом-виводом сигналів, контролерів для обробки і передачі інформації, а також додаткового устаткування, яке може бути використане для моніторингу та керування процесом.

При розробці монтажно-комутаційної схеми необхідно враховувати вимоги безпеки та надійності, дотримуючись стандартів та нормативів електробезпеки. Крім того, необхідно забезпечити зручність обслуговування та можливість швидкого виявлення та усунення несправностей.

Розробка монтажно-комутаційної схеми вимагає уважного аналізу технічних вимог, доброго розуміння процесу виробництва ацетилену та використання відповідних стандартів та нормативів. Також вона може бути піддана подальшим змінам та вдосконаленням під час реалізації проекту. [5]

У результаті розробки монтажно-комутаційної схеми на рисунку 2.1 досягається оптимальне підключення та взаємодія всіх елементів системи автоматизації виробництва ацетилену, що сприяє ефективному та безперебійному функціонуванню процесу та досягненню поставлених цілей проекту.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

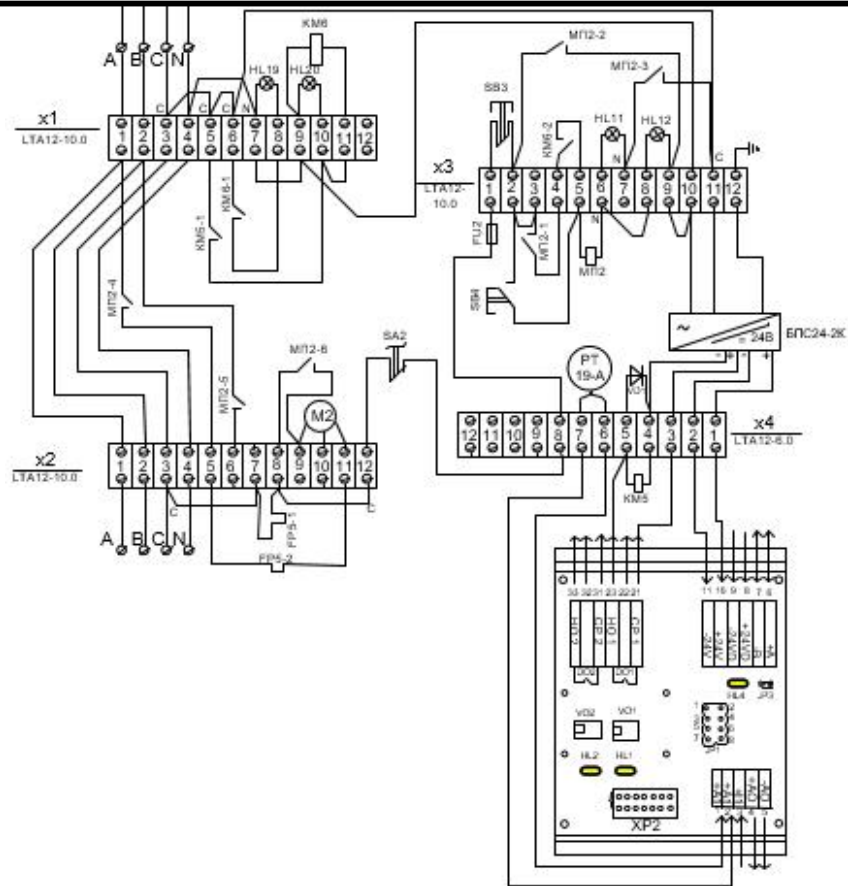


Рисунок 2.1 - Схема комутації електродвигуна

Дані параметри вказують на електроприводи насосів M1, M2, M3, M4 і M5, які знаходяться на щиті. Кожен електропривод має свої власні позначення для керування та вихідних сигналів.

Опис параметрів:

- Електропривід насоса M1: керування здійснюється за допомогою сигналів SB1, SB2, а вихідний сигнал позначений як SA1.
- Електропривід насоса M2: керування відбувається за допомогою сигналів SB3, SB4, а вихідний сигнал позначений як SA2.
- Електропривід насоса M3: керування здійснюється за допомогою сигналів SB5, SB6, а вихідний сигнал позначений як SA3.
- Електропривід насоса M4: керування відбувається за допомогою сигналів SB7, SB8, а вихідний сигнал позначений як SA4.
- Електропривід насоса M5: керування здійснюється за допомогою сигналів SB9, SB10, а вихідний сигнал позначений як SA5.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Ці параметри використовуються для ідентифікації та керування конкретними електроприводами насосів. За допомогою сигналів керування (SB) можна включати, вимикати та змінювати режими роботи насосів, а вихідні сигнали (SA) можуть передавати інформацію про стан або сигналізувати про певні події.

Крім вказаних параметрів електроприводів насосів, важливими аспектами комутаційної схеми є такі фактори:

1. Живлення: Кожен електропривід насоса має бути підключений до відповідного джерела живлення. Напруга та тип живлення (однофазне або трьохфазне) залежать від вимог специфікацій приводів і можуть варіюватись залежно від конкретної системи.

2. Захист: Для забезпечення безпеки електроприводів та насосів, комутаційна схема повинна включати захисні пристрої, такі як запобіжники, реле перевантаження, реле струму, захисні вимикачі тощо. Ці пристрої захищають електроприводи від перевантаження, короткого замикання та інших небезпечних ситуацій.

3. Керування: Комутаційна схема повинна включати елементи керування, такі як кнопки, перемикачі або пульт дистанційного керування. Ці елементи дозволяють операторам включати та вимикати електроприводи, керувати швидкістю роботи, встановлювати режими роботи та здійснювати інші необхідні дії. [5]

4. Сигналізація: Для відслідковування стану електроприводів та насосів, комутаційна схема може включати сигнальні пристрої, такі як світлові індикатори або звукові сигнали. Ці пристрої можуть показувати режим роботи, стан підключення, наявність помилок або інші важливі параметри.

5. Заземлення: Заземлення є важливою складовою частиною комутаційної схеми для забезпечення електричної безпеки. Кожен електропривід насоса, а також щити і з'єднувальні елементи, повинні бути належним чином заземлені для усунення ризику електричного удару та забезпечення надійної роботи системи.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Математичне моделювання холодильника газу

3.1 Моделювання статичного режиму.

Холодильник газу є пристроєм, який використовується в промисловості для охолодження рідин, газів і їх сумішей з метою забезпечення контрольованого температурного режиму. Цей теплообмінний апарат здійснює охолодження за допомогою холодної води до певної температури, яка необхідна для подальшого використання газів у процесах виробництва. Для ефективного вилучення діацетилену з газових сумішей, що утворюються під час крекінгу метану, важливо забезпечувати точний контроль температури, що досягається за допомогою холодильників (Рисунок 3.1). Ці холодильники є складовою частиною системи автоматичного керування, і для їх ефективної роботи потрібно розробити моделі статички та динаміки для каналів керування-вихід та збурення-вихід. Це дозволить створити якісну систему автоматичного керування процесом охолодження газу.

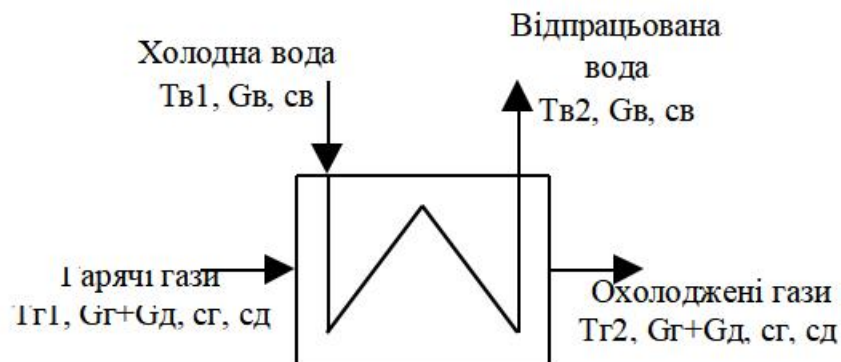


Рисунок 3.1. – Структурно-параметрична схема холодильника

Згідно зі зазначеною схемою, температура охолоджених газів залежить від кількості та температури води, вхідної температури газів, а також вмісту домішок у них. В процесі нашої роботи, вміст домішок відіграє роль збурення, яке необхідно знизити. Забезпечення стабільної температури газів на заданому рівні є важливим для отримання високоякісної продукції і запобігання передчасному зносу використовуваного обладнання, зокрема абсорбера.

Розглянемо основні параметри статичного режиму, які зображені на табл. 3.1

Таблиця 3.1. – Основні параметри статичного режиму

Назва параметру	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення	№.
Витрата газів на вході в апарат	G_r	кг/с	0,56	1
Питома теплоємність газу	C_r	Дж/(кг•К)	2226	2
Температура газів на вході в апарат	T_{r1}	К	338	3
Питома теплоємність домішок	C_d	Дж/(кг•К)	1683	4
Питома теплоємність води	C_w	Дж/(кг•К)	4183	5
Температура води на вході до апарату	T_{w1}	К	288	6
Температура води на виході до апарату	T_{w2}	К	311	7
Витрата домішок	G_d	кг/с	0,08	8
Витрата води	G_w	кг/с	0,04	9
Маса газів, що проходить через холодильник за визначений проміжок часу	M_r	кг	5,88	10
Маса домішок, що проходить через холодильник за визначений проміжок часу	M_d	Кг	4,2	11

Статичний режим в системі автоматичного керування означає, що керована величина та всі проміжні величини залишаються постійними у часі. Цей режим можна графічно представити за допомогою статичної характеристики, яка показує залежність між керованим параметром, тобто вихідною величиною, та керуючим впливом, тобто вхідною величиною.

Для складання теплового балансу для холодильника газу, спочатку необхідно визначити всі вхідні та вихідні потоки енергії. Тепловий баланс базується на принципі збереження енергії, де сума всіх вхідних теплових потоків повинна дорівнювати сумі всіх вихідних теплових потоків.

Основними компонентами теплового балансу для холодильника газу є наступні потоки:

1. Вхідний потік енергії від газу, який піддається охолодженню.
2. Потік енергії, що видаляється з системи через охолоджені гази.
3. Потік енергії, який поглинається холодильником для охолодження газу.
4. Втрати енергії через теплопередачу до оточуючого середовища.

Тепловий баланс можна виразити рівнянням:

Вхідний потік енергії - Вихідний потік енергії - Потік енергії для охолодження = Втрати енергії.

Запишемо рівняння :

$$(G_{Г} \cdot c_{Г} + G_{Д} \cdot c_{Д})T_{Г1} + G_{В} \cdot c_{В} \cdot T_{В1} = (G_{Г} \cdot c_{Г} + G_{Д} \cdot c_{Д})T_{Г2} + G_{В} \cdot c_{В} \cdot T_{В2} \quad (3.1)$$

Для виведення рівнянь статистики для каналів "витрата води" - "температура охолоджених газів" та "вміст домішок" - "температура охолоджених газів", спочатку потрібно встановити залежності між цими величинами.

$$T_{Г2} = T_{Г1} + G_{В} \cdot c_{В} \frac{T_{В1} - T_{В2}}{G_{Г} \cdot c_{Г} + G_{Д} \cdot c_{Д}} \quad (3.2)$$

Оскільки температура газу на виході з апарату є основною регульованою величиною, необхідно встановити залежність цієї величини від керуючого впливу, який в даному випадку представлений витратою води.

$$T_{Г2} = 338 - G_{В} \frac{57,17}{0,74 + G_{Д}} \quad (3.3)$$

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Побудуємо статичну характеристику (Рис 3.2) для :

$$T_{r2} = 338 - 69,72G_B$$

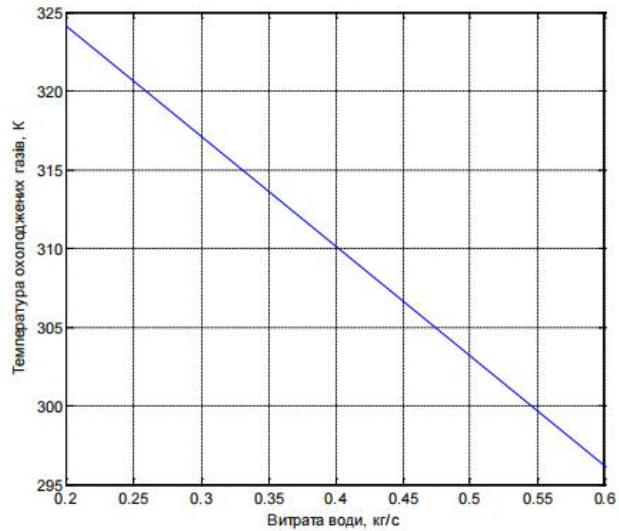


Рисунок 3.2 - Статична характеристика холодильника за каналом «керування»-«вихід»

Побудуємо наступну статичну характеристику (Рис 3.3) для :

$$T_{r2} = 338 - G_B \frac{22,87}{0,74 + G_D}$$

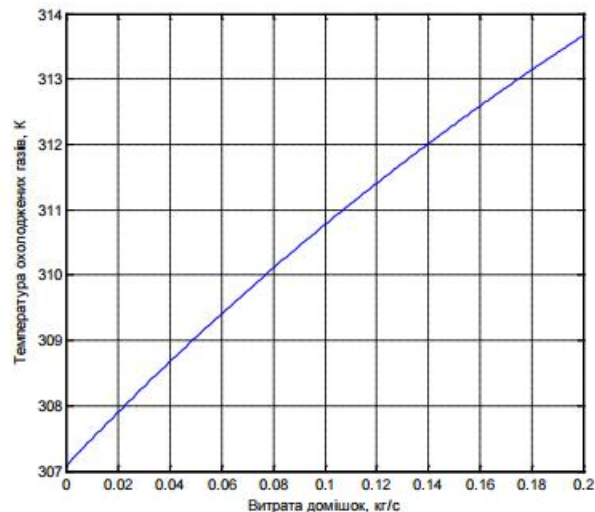


Рисунок 3.3 - Статична характеристика холодильника за каналом «збурення»-«вихід»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.2. Моделювання динамічного режиму

Динамічний режим відрізняється від статичного режиму тим, що принаймні один параметр змінюється в часі. У динамічному режимі характерним є розподіл параметрів у просторі, проте в нашому випадку, холодильник газу розглядається як об'єкт з концентрованими параметрами. Ми припускаємо, що параметри не змінюються вздовж об'єкта.

Моделювання динамічного режиму системи здійснюється на основі рівнянь динаміки обраного теплообмінника. Рівняння має складну форму та включає кілька параметрів, таких як теплоємність (c), коефіцієнти теплопередачі (G), температури (T), масові потоки (M), та час (t).

Для спрощення аналізу, рівняння динаміки лінеаризуються, що дозволяє отримати передатні функції для каналів керування та збурення. Ці передатні функції використовуються для опису взаємозв'язку між вхідними та вихідними сигналами системи.

При моделюванні динамічного режиму, використовуються значення параметрів, які були виміряні або отримані експериментальним шляхом. Застосовуються математичні методи та перетворення Лапласа для аналізу та отримання передатних функцій.

Наприклад, передатна функція для каналу "керування" - "вихід" виражається через різні параметри, такі як коефіцієнти теплопередачі (G), теплоємність (c), масові потоки (M), та перетворення Лапласа (p). Аналогічно, отримують передатну функцію для каналу "збурення" - "вихід".

Вираз, що описує динаміку обраного теплообмінника, відображається у такій формі::

$$(G_G \cdot c_G + G_D \cdot c_D) \cdot (T_{G1} - T_{G2}) + G_B \cdot c_B \cdot (T_{B1} - T_{B2}) = (M_G c_G + M_D c_D) \frac{dT_{G2}}{dt} \quad (3.4)$$

Пролінеаризуємо рівняння динаміки 3.4

Вхід - G_B ;

Вихід - $T_{Г2}$;

Запишемо рівняння динаміки у вигляді приростів для каналу "керування" - "вихід":

$$(G_{ГГ} + G_{ДД})(T_{Г1} - \Delta T_{Г2}) + G_{ВВ}(T_{В1} - T_{В2}) = (M_{ГГ} + M_{ДД}) \frac{dT_{Г2}}{dt} \quad (3.5)$$

Застосуємо перетворення Лапласа до лінеаризованого рівняння для каналу "керування" - "вихід":

$$\frac{(G_{ГГ} + G_{ДД})T_{Г1} - T_{Г2}(p)(G_{ГГ} + G_{ДД}) + G_{ВВ}(p)(T_{В1} - T_{В2})}{p} = (M_{ГГ} + M_{ДД})pT_{Г2}(p) \quad (3.6)$$

Отримаємо передатну функцію по каналу «керування» - «вихід»:

$$W_{G_B \rightarrow T_{Г}}(p) = \frac{T_{Г2}(p)}{G_{ВВ}(p)} = \frac{c_{ВВ}(T_{В1} - T_{В2})}{(M_{ГГ} + M_{ДД})p + (G_{ГГ} + G_{ДД})} \quad (3.7)$$

Підставивши значення з табл. 4.1 отримаємо:

$$W_{G_B \rightarrow T_{Г}}(p) = \frac{-96209}{20157,48p + 1381,2} = \frac{-69,656}{14,59p + 1} \quad (3.8)$$

Аналогічно отримаємо передатну функція для каналу «збурення» - «вихід»:

$$G_{ДД}T_{Г1} - G_{ГГ}T_{Г2} - (M_{ГГ} + M_{ДД}) \frac{dT_{Г2}}{dt} + G_{ГГ}T_{Г1} + G_{ВВ}(T_{В1} - T_{В2}) - G_{ДД}T_{Г2} = 0 \quad (3.9)$$

Лінеаризуємо рівняння в околі точки $G_{Д} = 0,08 \text{ кг/с}$, $T_{Г2} = 311 \text{ К}$ та знайдемо значення $\frac{dT_{Г2}}{dt}$ у цій точці:

$$\frac{dT_{Г2}}{dt} = \frac{G_{ДД}T_{Г1} - G_{ГГ}T_{Г2} + G_{ГГ}T_{Г1} + G_{ВВ}(T_{В1} - T_{В2}) - G_{ДД}T_{Г2}}{M_{ГГ} + M_{ДД}} = 0,059 \quad (3.10)$$

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Для зручності позначимо робочу точку рівняння динаміки як F і знайдемо часткові похідні від нього:

$$\begin{aligned}\frac{\partial F}{\partial G_D} &= c_D T_{Г1} - c_D T_{Г2} \\ \frac{\partial F}{\partial T_{Г2}} &= -G_G c_G - G_D c_D \\ \frac{\partial F}{\partial \frac{dT_{Г2}}{dt}} &= -M_G c_G - M_D c_D \\ \frac{\partial F}{\partial \frac{dG_D}{dt}} &= 0\end{aligned}$$

Тепер запишемо лінеаризоване рівняння для каналу «збурення» - «вихід»:

$$(c_D T_{Г1} - c_D \Delta T_{Г2}) \Delta G_D - (G_G c_G + G_D c_D) \Delta T_{Г2} - (M_G c_G + M_D c_D) \frac{d\Delta T_{Г2}}{dt} = 0 \quad (3.11)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$45441 \cdot \Delta G_D - 1381,2 \cdot \Delta T_{Г2} - 20157,48 \cdot \frac{d\Delta T_{Г2}}{dt} = 0 \quad (3.12)$$

Виконаємо перетворення Лапласа рівняння для каналу «збурення» - «вихід»:

$$45441 G_D(p) - 1381,2 T_{Г2}(p) - 20157,48 p T_{Г2}(p) = 0 \quad (3.13)$$

Запишемо передатну функцію по каналу «збурення» - «вихід»:

$$W_{G_D \rightarrow T_{Г2}}(p) = \frac{T_{Г2}(p)}{G_D(p)} = \frac{45441}{1381,2 + 20157,48 p} = \frac{32,899}{14,59 p + 1} \quad (3.14)$$

Побудуємо перехідні характеристики, для цього використаємо наступний фрагмент коду Matlab:

```
Wk = tf([-96209],[ 20157.48 1381.2 ]);  
Wz = tf ([45441],[ 20157.48 1381.2 ]);  
figure, step(Wk), grid on, title('керування-вихід'), xlabel('t'),ylabel('h(t)')  
figure, step(Wz), grid on, title('збурення-вихід'), xlabel('t'),ylabel('h(t)')
```

Перехідні характеристики за каналом «керування -«вихід» та «збурення» - «вихід» відповідно будуть мати вигляд (Рис 3.4 та Рис 3.5):

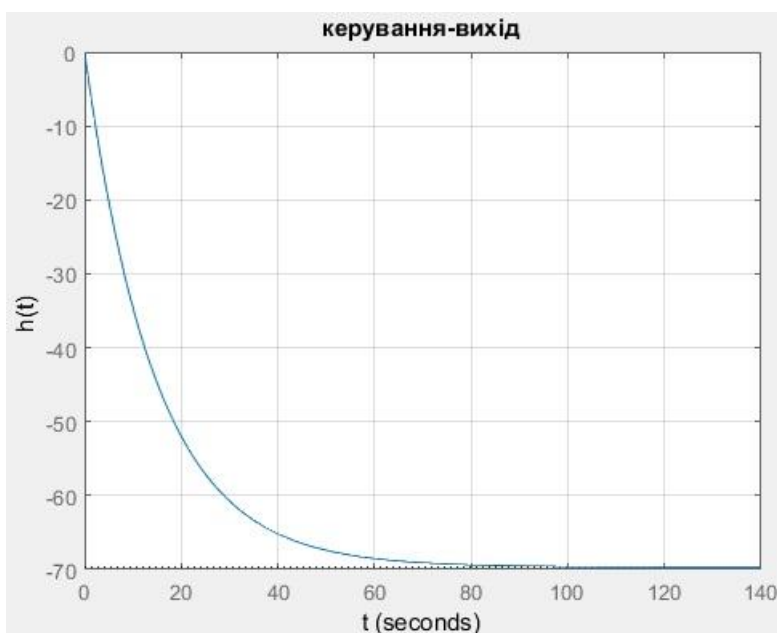


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика холодильника за каналом «керування» - «вихід»

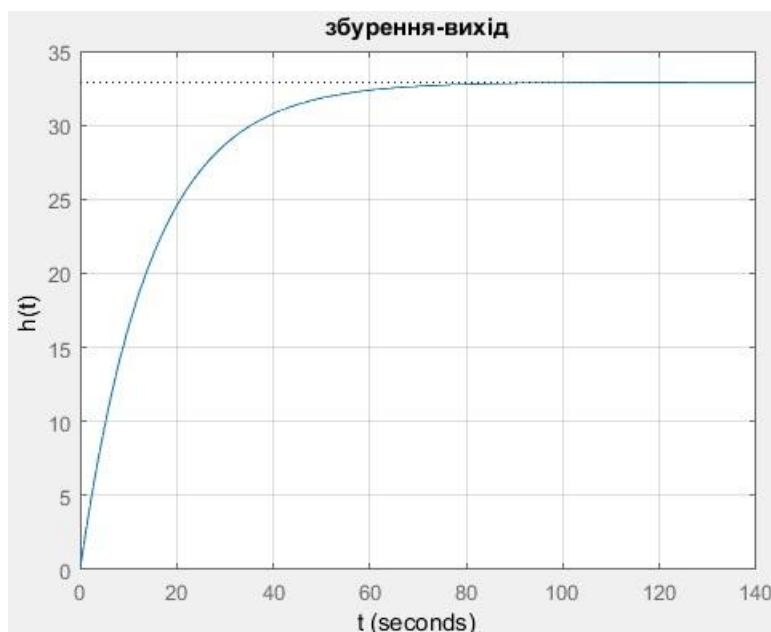


Рисунок 3.5 - Перехідна характеристика холодильника за каналом збурення» - «вихід»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4. Синтез та дослідження системи керування холодильником газу.

4.1. Аналіз показників якості системи керування

Важливою складовою стійкої системи є якість, зазвичай її визначають з перехідної характеристики. [5]

Аналіз показників якості системи керування включає оцінку ефективності та надійності системи з метою визначення її відповідності поставленим вимогам. Деякі з ключових показників якості, які можуть бути використані для оцінки системи керування, включають:

1. Точність: Вимірює, наскільки точно система керування відповідає бажаному значенню керованої величини. Це може включати абсолютну похибку, дрейф, стійкість до збурень тощо.

2. Швидкодія: Визначає, наскільки швидко система реагує на зміни вхідних сигналів і досягає стабільного стану. Це може включати час перехідного процесу, час стабілізації та час встановлення.

3. Реалізована стабільність: Відображає, наскільки система стійка до збурень і має властивості доброї амплітудної та фазової стабільності.

4. Мінімальна вартість: Враховує витрати, пов'язані з реалізацією та утриманням системи керування. Включає в себе як фінансові витрати, так і витрати на ресурси, енергію та обслуговування.

5. Надійність: Визначає, наскільки добре система керування функціонує без відмов або помилок. Включає в себе надійність апаратного забезпечення, програмне забезпечення та механізми виявлення та усунення несправностей.

6. Простота використання: Оцінює, наскільки просто систему керування можна налаштувати, використовувати та обслуговувати користувачами.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Серед показників визначають :

1) Ступінь затухання (Ψ): Вимірює, наскільки швидко згасають коливання системи після введення збурення. Чим менше значення ступеня затухання, тим швидше система стабілізується.

2) Час досягнення першого максимуму (t_{max}): Визначає час, за який система досягає першого максимуму після введення збурення.

3) Час регулювання (t_p): Це час, необхідний системі для досягнення стабільного стану після введення збурення. Він може бути вимірний як час, за який вихідна величина досягає значення, близького до бажаного.

4) Помилка регулювання ($\epsilon_{ст}$): Вимірює різницю між бажаним значенням керованої величини і фактичним значенням, яке досягається системою. Вона може бути визначена як статистична або середньоквадратична складова.

5) Перерегулювання (y): Вимірює максимальне перевищення вихідної величини відносно бажаного значення після введення збурення. Це може бути виражено у відсотках або у відношенні до бажаної величини.

6) Динамічний коефіцієнт регулювання (R_d): Визначає швидкість реакції системи на зміни вхідного сигналу. Він може бути обчислений як співвідношення між максимальною швидкістю зміни вихідної величини та максимальною швидкістю зміни вхідного сигналу.

7) Показник коливності (M): Визначає рівень коливань системи після введення збурення. Чим менше значення показника коливності, тим менше коливання в системі.

Ці показники надають оцінку ефективності та якості системи керування і допомагають визначити, наскільки точно система виконує свої функції та задані вимоги.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

4.2. Розрахунок параметрів регулятора методом М-кола

Для налаштування Пі-регулятора методом М-кола в середовищі MatLab можна скористатись наступною функцією:

```
function Wr=mkolo(Wo,Kr,Tin,M)
Xdk=-M*M/(M*M-1);
Rk=M/(M*M-1);
Xk=(Xdk-Rk):(Rk/32):(Xdk+Rk);
Yk=(Rk^2-(Xk-Xdk).^2).^0.5;
fn=300;
Wr=tf([Kr*Tin 1],[Tin 0]);
W=Wo*Wr;
f=logspace(-4,4,fn);
W=frd(W,f);
[af,]=frdata(W);
af=squeeze(af);
ii=0;
afv=0;
for i=1:fn
if abs(imag(af(i)))<(1.3*Rk)
ii=ii+1;
afv(ii)=af(i);
end
end
re=real(afv);
im=imag(afv);
plot(re,im,'k',Xk,Yk,'k',Xk,-Yk,'k'), grid on
end
```

Для досягнення режиму М-кола використовується метод підбору коефіцієнтів регулятора. (Рис. 4.1)

Цей процес включає наступні кроки:

1. Встановлення початкових значень коефіцієнтів регулятора.
2. Аналіз амплітудно-фазової характеристики (АФХ) розімкненої системи.
3. Порівняння отриманих результатів з режимом М-кола і коригування коефіцієнтів регулятора.
4. Повторення кроків 2-3 до досягнення бажаного режиму М-кола.

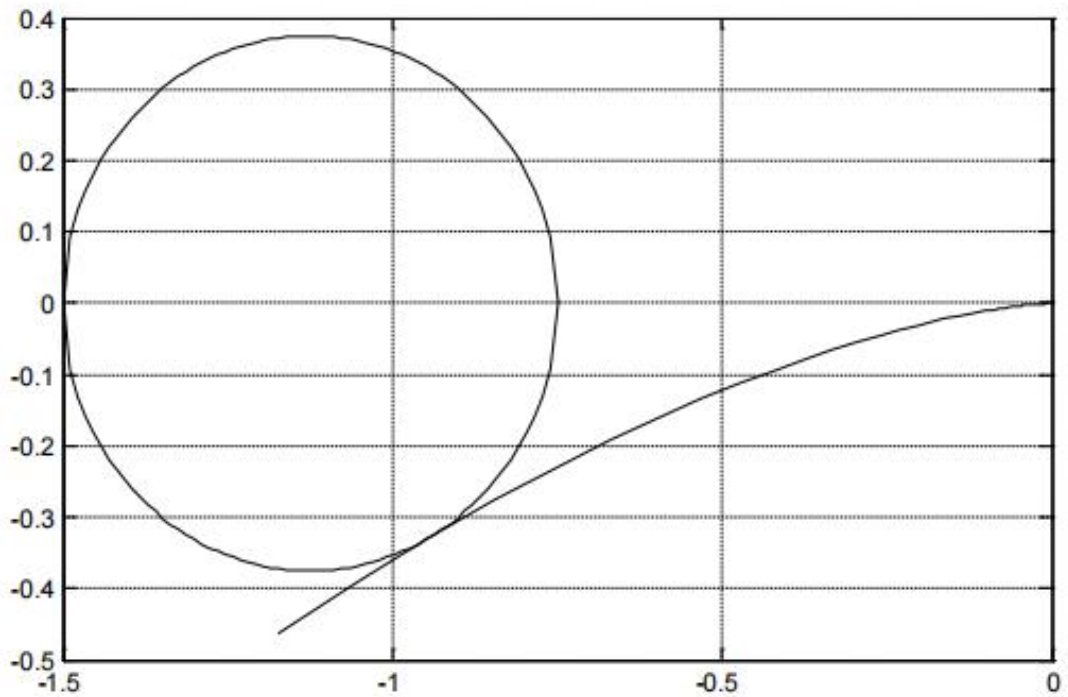


Рисунок 4.1 Налаштування регулятора

Маємо передатні функції системи за каналами «керування» - «вихід» та «збурення» - «вихід» відповідно:

$$W_{K \rightarrow B}(p) = \frac{-1,2561 \cdot (p + 0,02344)}{(p + 0,02318) \cdot (p^2 + 0,3768 \cdot p + 1,27)};$$

$$W_{Z \rightarrow B}(p) = \frac{32,902 \cdot p \cdot (p + 0,33) \cdot (p + 0,07)}{(p + 14,6) \cdot (p + 0,02318) \cdot (p^2 + 0,3768 \cdot p + 1,27)} \quad (4.1)$$

Побудуємо перехідні характеристики (Рис.4.2 та Рис. 4.3) за значеними каналами:

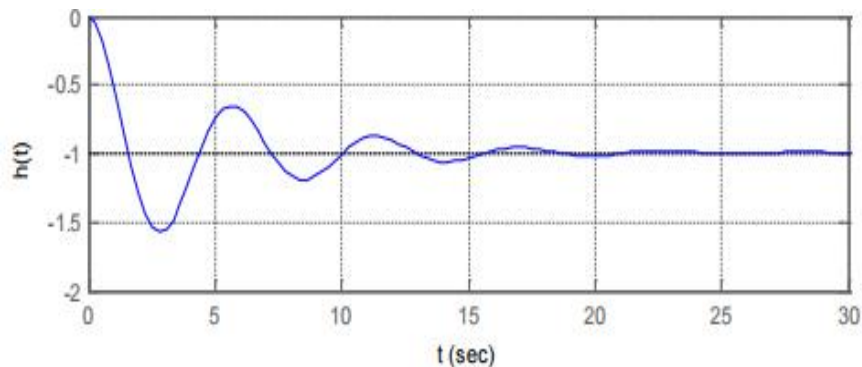


Рисунок 4.2 Характеристики з Пі-регулятором

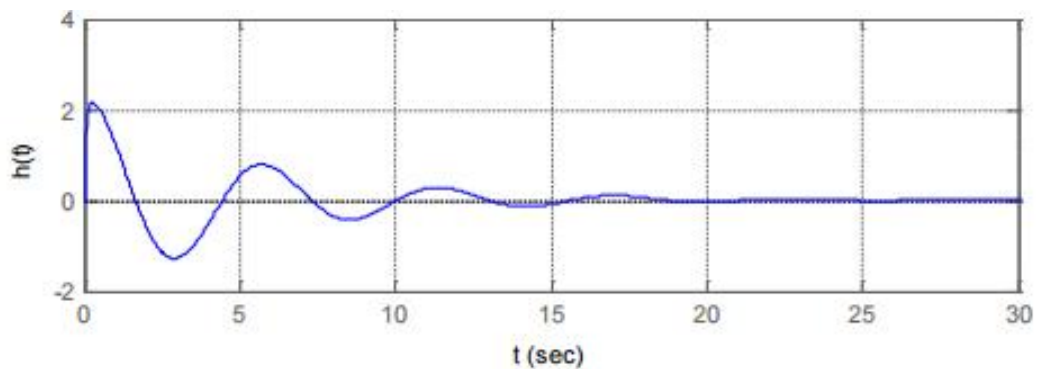


Рисунок 4.3 Характеристики з Пі-регулятором

4.3. Синтез системи керування засобами ControlSystemToolbox

В середовищі Matlab пакет Control System Toolbox містить функції для автоматичного налаштування регуляторів за певними критеріями. Декілька з них включають:

1. `'pidtune'`: Ця функція дозволяє автоматично налаштувати ПІД-регулятор за певними критеріями, такими як стабільність, швидкодія і стрімкодія. Вона використовує метод оптимізації для пошуку оптимальних коефіцієнтів регулятора.

2. `'pidtuner'`: Цей інтерактивний інструмент дозволяє налаштовувати ПІД-регулятор у реальному часі, спостерігаючи вплив змін на систему керування. Він надає графічне представлення залежності між коефіцієнтами регулятора та характеристиками системи.

3. `'sisotool'`: Ця інтерактивна утиліта дозволяє налаштовувати регулятори на основі критеріїв, таких як коефіцієнт передачі, фазовий запас, зворотний зв'язок та інші. Вона надає графічний інтерфейс для налаштування та аналізу системи керування. [7]

Ці функції та інструменти дозволяють автоматично налаштувати регулятори з використанням різних критеріїв і методів оптимізації. Вони спрощують процес налаштування та дозволяють досягти бажаних характеристик системи керування

Ми використаємо команду `sisotool` (Рис 4.4)

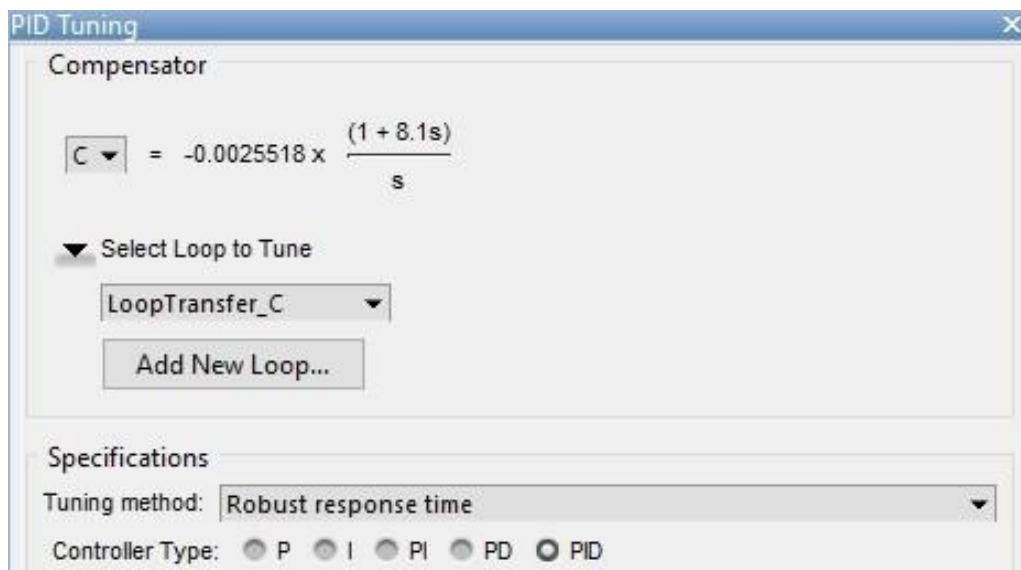


Рисунок 4.4 - Вікно налаштування регулятора

Після виконання методу `robustresponsetime`, ми отримали налаштований ПІД-регулятор, який можна використовувати для керування системою з бажаним часом відгуку.

Важливо пам'ятати, що методи автоматичного налаштування можуть бути придатними лише для певного класу систем і критеріїв. Налаштування регуляторів за допомогою цих методів потребує ретельного аналізу та перевірки на практиці, щоб забезпечити відповідність бажаним характеристикам системи керування.

$$W_{pid}(p) = k_p + \frac{1}{T_{in}p} + T_{df}p = -0,00255 \frac{1+8.1p}{p}, \quad (4.2)$$

Побудуємо перехідну характеристику замкненої системи з ПІД-регулятором (Рис 4.5):

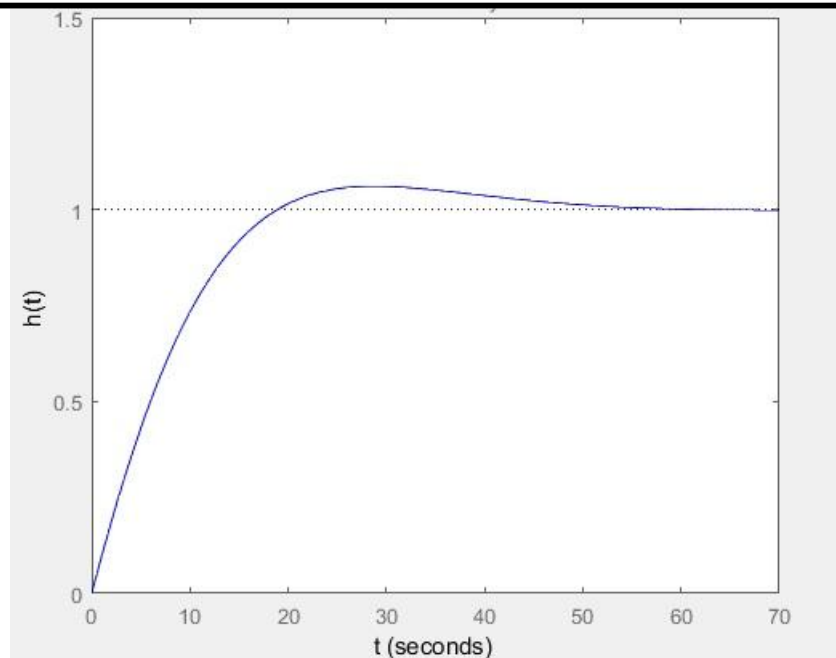


Рисунок 4.5 - Перехідна характеристика замкненої системи з ПДД-регулятором

4.4. Моделювання системи керування в Simulink

Simulink - це інтегроване середовище моделювання та симуляції систем реального часу, що входить до складу пакету MATLAB. Воно надає графічний інтерфейс, який дозволяє користувачам створювати моделі систем, використовуючи блоки, які представляють різні компоненти системи (сенсори, регулятори, об'єкти керування тощо), та з'єднувати їх для визначення потоку даних між ними. [8]

Simulink дозволяє виконувати симуляції моделей систем для аналізу їх поведінки, включаючи динамічну відповідь, стабільність, відповідь на різні вхідні сигнали та інші параметри. Він підтримує різні методи чисельного інтегрування та надає засоби для візуалізації результатів у вигляді графіків, діаграм потоку тощо.

Simulink широко використовується в області системного та автоматичного керування, моделювання динамічних систем, проектування та валідації алгоритмів управління, розробки апаратних систем реального часу та багато інших областей, де важлива моделювання та симуляція систем.

Складемо у робочому вікні програми необхідну нам систему виду (Рис 4.6):

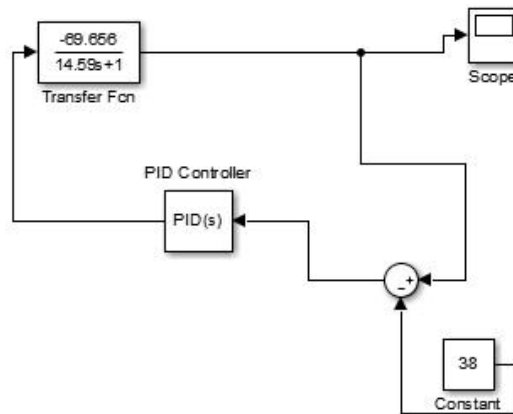


Рисунок 4.6 – Робоче вікно в Simulink

Розглянемо кожен з елементів нашої системи детальніше:

1) Блок TransferFcn: Цей блок в Simulink представляє передаточну функцію. Ви можете налаштувати його параметри, такі як чисельник та знаменник передаточної функції, щоб відобразити динаміку вашої системи.

2) PID Controller: Цей блок представляє PID-регулятор (пропорційний, інтегральний, диференціальний регулятор). Ви можете налаштувати його коефіцієнти (пропорційний, інтегральний, диференціальний коефіцієнти) для досягнення бажаної поведінки системи.

3) Scope: Цей блок використовується для візуалізації вихідних сигналів або змінних під час симуляції. Ви можете підключити його до виходу системи для спостереження та аналізу результатів.

4) Sum: Цей блок представляє суматор, який додає або віднімає вхідні сигнали. Він використовується для комбінування різних вхідних сигналів у вашій системі керування.

5) Constant: Цей блок представляє постійну величину або сигнал. Ви можете налаштувати його значення, яке залишатиметься постійним протягом симуляції.

Отримаємо графік перехідного процесу (Рис 4.7) натиснувши «Scope»:

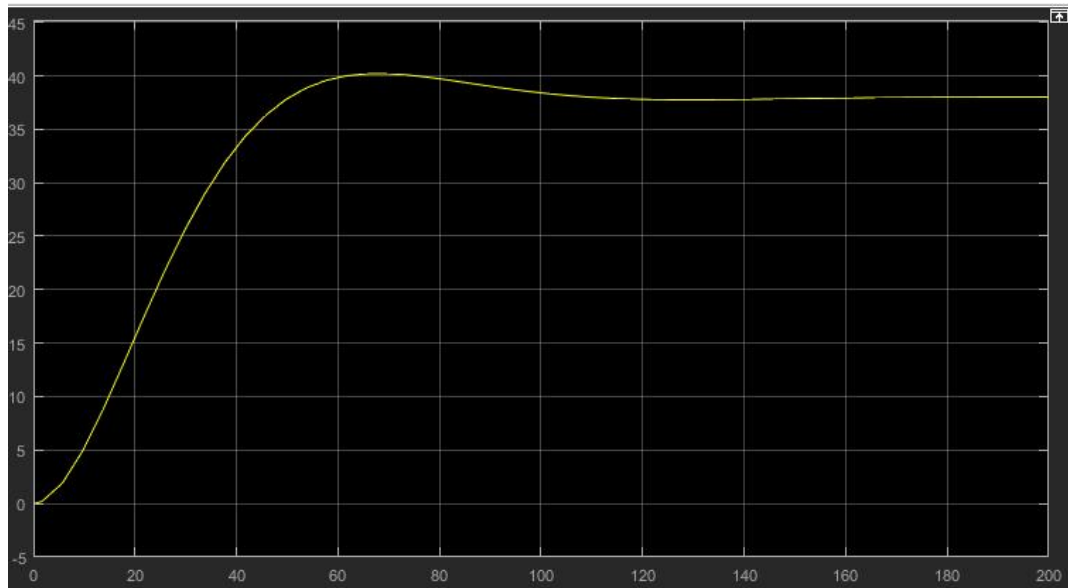


Рисунок 4.7 – Графік перехідного процесу

Після натискання на блок "PID Controller", відкриється вікно налаштувань, яке зображено на (рисунок 4.8) Параметри налаштування регулятора автоматично встановлюються..

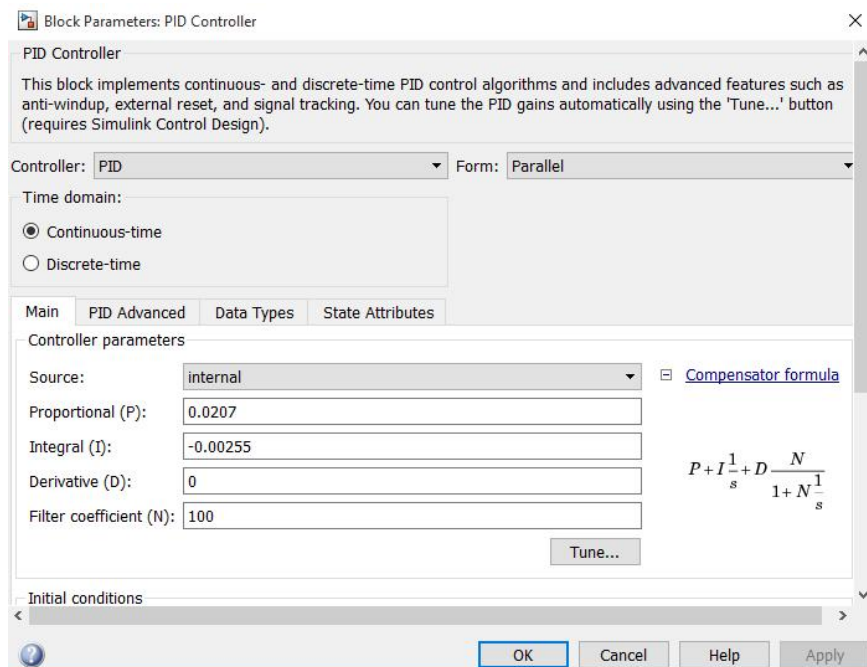


Рисунок 4.8 - Вікно налаштувань ПД-регулятора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Щоб отримати графік системи з ПІД-регулятором тиснемо в тому ж вікні «Tune» (Рис 4.9):

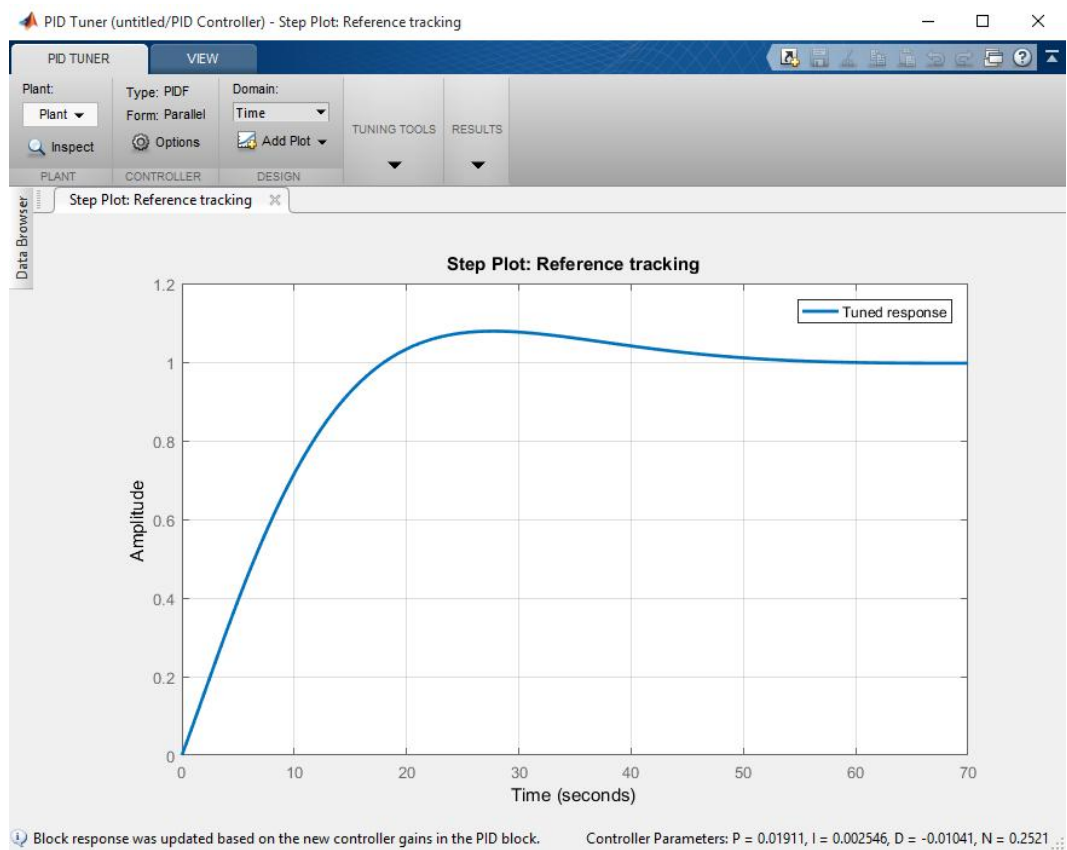


Рисунок 4.9 - Графік перехідного процесу

Контролери використовуються не тільки як автономні засоби локального управління, но і в складі великомасштабних систем автоматизованого управління цілими підприємствами. На українському ринку переважають пристрої фірм: Siemens, АВВ, SchneiderElectric, МІКРОЛ. Широкому поширенню ПЛК вбільшій мірі сприяє зростання комп'ютерної грамотності населення.

Завдяки обмеженням щодо вартості та широкому спектру автоматизаційних завдань, не було можливості створити універсальний програмований логічний контролер (ПЛК). Галузь автоматизації висуває різноманітні вимоги, що призводить до розвитку ринку, на якому представлені сотні пристроїв, відрізняються вони за різними параметрами. Кожен виробник створює ПЛК різних типів, потужності і вартості з метою збільшення свого прибутку шляхом сегментування ринку.

5.2. Класифікація та вибір контролера

При виборі оптимального контролера для певної задачі головним критерієм є відповідність його функціональних характеристик в поєднанні з мінімальною вартістю. Також враховуються другорядні, але важливі фактори, такі як температурний діапазон, надійність та марка виробника. Незважаючи на широкий вибір контролерів, в їхньому розвитку спостерігаються такі тенденції:

- Зменшення розмірів контролерів.
- Розширення функціональних можливостей контролерів.
- Збільшення кількості підтримуваних інтерфейсів і мереж.
- Мінімізація цін на продукцію контролерів.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В залежності від розташування модулів введення-виведення, промислові контролери можна класифікувати наступним чином:

1. Моноблочні контролери: У таких контролерах пристрій введення-виведення не може бути видалений або замінений окремо. Всі компоненти, включаючи модулі введення-виведення, знаходяться в єдиному корпусі контролера.

2. Модульні контролери: В цьому випадку промисловий контролер складається з модуля центрального процесора та змінних модулів введення-виведення. Модулі можуть бути замінені або додані в залежності від потреб і вимог проекту. Загальний вигляд контролера представляє собою кошик, куди встановлюються потрібні модулі.

3. Розподілені контролери: В таких контролерах модулі введення-виведення розташовані окремо від контролера і з'єднуються з ним за допомогою інтерфейсів, наприклад RS-485. Ці модулі можуть бути розміщені на значній відстані від самого контролера, часто у спеціальних корпусах. [7]

Залежно від способу кріплення і конструктивного виконання, промислові контролери можна поділити на наступні типи:

1. Панельні контролери: Ці контролери призначені для монтажу на дверці шафи або на панелі. Вони мають спеціальний корпус, який дозволяє їх фіксувати на зовнішній поверхні пристрою або системи.

2. DIN-рейкові контролери: Ці контролери кріпляться всередині шафи на стандартну DIN-рейку. Вони мають спеціальне конструктивне виконання, що дозволяє їх легко і надійно закріплювати на DIN-рейці.

3. Безкорпусні контролери: Цей тип контролерів, як правило, використовується виробниками спеціалізованого обладнання (EOM) і вбудовується безпосередньо в конструктив пристрою або системи.

5.3. Програмування контролера

Програмування контролера МІК-51 може здійснюватись за допомогою клавіш передньої панелі самого контролера або за допомогою спеціального програмного забезпечення - візуального редактора FBD-програм ALFA. FBD (Function Block Diagram) - це мова функціональних блокових діаграм, на якій реалізований редактор програмування. [11]

Система програмування контролера МІК-51 відповідає вимогам стандарту Міжнародної Електротехнічної Комісії ІЕС 1131-3. Редактор FBD-програм має вбудований відлагоджувач програм, систему логічного контролю стану програми, можливості документації програм, друку та представлення таблиць у зручному форматі.

За допомогою візуального редактора FBD-програм ALFA програмісти можуть створювати програми для контролера МІК-51 шляхом розміщення та з'єднання функціональних блоків на діаграмі. Після створення програми можна використовувати вбудовані можливості відлагоджування, контролю стану програми та документування. Крім того, програми можуть бути надруковані або представлені у вигляді таблиць для зручності аналізу та редагування.

Бібліотека функціональних блоків контролера МІК-51 включає різноманітні блоки, які можуть бути використані для складання програм автоматичного регулювання і логіко-програмного управління. Бібліотека функціональних блоків зазвичай поділяється на такі розділи:

1. Арифметичні блоки: містять функції для виконання арифметичних операцій, таких як додавання, віднімання, множення, ділення, а також операції порівняння.

2. Логічні блоки: включають логічні операції, такі як І (AND), АБО (OR), НІ (NOT), XOR (ексклюзивне АБО) і т.д. Вони дозволяють створювати складні логічні вирази і умови.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3. Таймери і лічильники: надають можливість реалізації затримок, таймерів, лічильників подій і періодичних операцій.

4. Аналогові блоки: містять функції для опрацювання аналогових сигналів, таких як зчитування і запис значень, фільтрація, шкалювання та інтерполяція.

5. Керування введенням-виведенням: забезпечують функції для зчитування та запису даних з введення-виведення.

6. Керування послідовністю: надають блоки для організації послідовних операцій, зокрема циклів, умовних переходів і підпрограм.

7. Робота з пам'яттю: містять функції для роботи з пам'яттю, зчитування та запису даних в пам'ять, роботи зі змінними та константами.

Функціональний блок PID(60) є аналоговим ПІД-регулятором, який може працювати в різних режимах: ручному, локальному, каскадному та слідкуючому.

Розглянемо параметри функціонального блоку на рисунку (Рис 5.2).

Порядковый номер	1	Модификатор	1	Регулятор аналоговый	
Шифр	Значение	Link	Pch	VI ID	Название
nTYPE	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Тип регулятора (0 - ПИД; 1,2 - не исп.)
nQNT_SP	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Количество используемых заданий (1 - внутренняя)
nCONV	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0 - y=x; 1 - y=SQRT(x); 2 - y=log(x); 3 - y=e^x; 4 - y=x^2;
dTRK	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Команда установки на выводе регулятора безопасн
nMODE	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Режим работы (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
TI	0:02:00.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Время интегрирования регулятора
TD	0:00:00.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Время дифференцирования регулятора
KP	0.002	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Коэффициент усиления регулятора
SP	0.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Задание регулятора
SP_EXT	0.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Fixed
 Debug
 Cycle Prop
 Cycle Out

Рисунок 5.2 – Вікно налаштування контролера

Розглянемо також налаштовані параметри в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис налаштовуваних параметрів

Входи – параметри – виходи				Призначення
№	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	PV	Дійсне		Вхід регулятора
Параметри				
01	nDISP	1 - 9		Номер дисплею
02	nDIR	0 / 1		Напрямок дії регулятора (0-обратный, 1-прямой)
03	nSTR	0 / 1		Структура регулятора (0-паралельний, 1-змішаний)
04	nTYPE	0, 1, 2		Тип регулятора (0 – ПИД; 1,2 – не використовуються)
05	SP_Q	1, 2		Кількість використовуваних завдань 1 – внутрішня задана точка; 2 – внутрішня / зовнішня задана точка
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5		y=x y=SQRT(X) y=logX y=eX y=x ² y=1/x
07	dTRK	0 / 1		Команда установки на виході регулятора безпечного значення впливу (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2		Режим роботи (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	TI	Час		Час інтегрування регулятора
10	TD	Час		Час диференціювання регулятора
11	KP	Дійсне		Коефіцієнт підсилення регулятора
12	SP	Дійсне		Завдання регулятора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Продовження табл. 5.1

13	SP_EXTERN	Дійсне		Зовнішнє завдання регулятора
14	OUT	Дійсне		Вихід регулятора 0–100%
15	PV_RANGE	Дійсне		Діапазон зміни регульованого параметра
16	SP_H	Дійсне		Обмеження завдання (верхнє)
17	SP_L	Дійсне		Обмеження завдання (нижнє)
18	SP_RATE	Дійсне		Швидкість зміни завдання, тех. од. / хв.
19	OUT_H	Дійсне		Обмеження виходу регулятора (верхнє)
20	OUT_L	Дійсне		Обмеження виходу регулятора (нижнє)
21	TRK_VAL	Дійсне		Значення безпечного впливу
22	DEV_MAX	Дійсне		Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки
23	DEV_MIN	Дійсне		
24	DEV_HYS	Дійсне		Гістерезис сигналізації параметру
25	FF_VAL	Дійсне		Попередження керуючого впливу регулятора
26	FF_GAIN	Дійсне		Коефіцієнт підсилення попередження
27	FF_H	Дійсне		Обмеження попередження (верхнє)
28	FF_L	Дійсне		Обмеження попередження (нижнє)
29	COR_VAL	Дійсне		Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
30	COR_GAIN	Дійсне		Коефіцієнт підсилення сигналу корекції
31	COR_H	Дійсне		Обмеження сигналу корекції (верхнє)
32	COR_L	Дійсне		Обмеження сигналу корекції (нижнє)
33	FB	Дійсне		Не використовується

З таблиці 5.1 видно, що МІК-51 має широкий набір налаштовуваних параметрів, а серед них особливо важливі такі параметри, як:

1. Параметр 09 ТІ - він відповідає за налаштування часу інтегрування регулятора. Цей параметр визначає, як швидко система реагує на відхилення вихідного сигналу від заданого значення.

2. Параметр 10 ТD - це час диференціювання регулятора. Він впливає на швидкість реакції системи на зміни вхідних сигналів та допомагає уникнути перерегулювання.

3. Параметр 11 Кр - це коефіцієнт підсилення регулятора, який визначає, як сильно вхідний сигнал впливає на вихід системи. Цей параметр встановлюється таким чином, щоб забезпечити потрібну стабільність та швидкодію системи.

4. Параметр 12 SP - це задане значення регулятора, яке визначає бажане значення вихідного сигналу системи. Регулятор спрямовує систему на досягнення цього значення.

У програмному середовищі АЛЬФА контур керування для холодильника газу буде представлений у вигляді програмного коду, в якому встановлюються ці параметри для оптимального функціонування системи та буде мати вигляд (Рис 5.3).

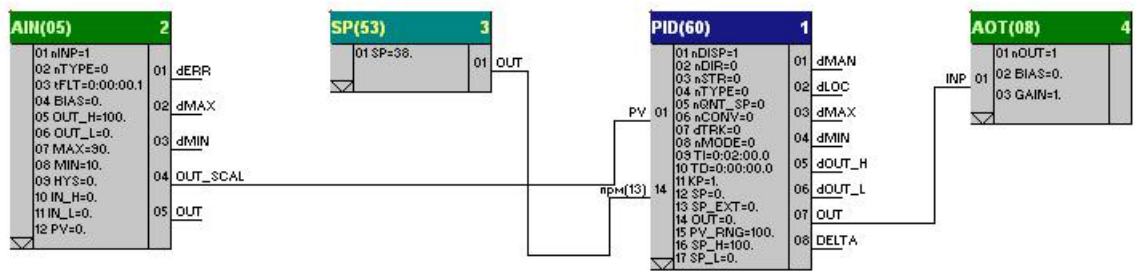


Рисунок 5.3 –Контур контролю для холодильника газу

Зобразимо наш контур більш наочно, він буде мати наступний вигляд (Рис 5.4):

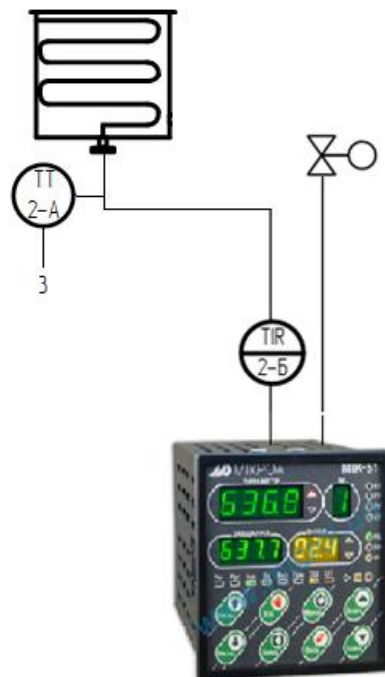


Рисунок 5.4 – Контур керування холодильником []

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6. Охорона праці

Згідно з вимогами законодавства України про охорону праці, підприємство має забезпечувати безпечні та нешкідливі умови праці для всього персоналу і нести відповідальність за їх здоров'я та працездатність. У процесі проектування технологічних процесів і їх впровадження необхідно дотримуватися вимог безпеки праці. [6]

Для подальшого поліпшення умов праці важливо посилити контроль за виконанням вимог нормативних документів з техніки безпеки під час проектування. Раціонально виконані заходи з охорони праці та навколишнього середовища забезпечують надійний захист об'єкту, працюючих на ньому людей і підвищують експлуатаційні показники, при цьому мінімізують шкідливий вплив на навколишнє середовище.

У контексті дипломного проекту з автоматизації процесу одержання ацетилену, технічне завдання передбачає розрахунок холодильника газу. Оператор контролює параметри технологічного процесу з виробничого приміщення площею 140 м² і об'ємом 1400 м³, використовуючи пульт керування.

Ацетилен вибухонебезпечним. Ця речовина має дезінфікуючі властивості, а також є отрутою для людини, проявляючи канцерогенну, подразнюючу дію.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні обладнання являються:

- 1) виробниче освітлення;
- 2) виробничий шум;
- 3) хімічний склад повітря робочої зони;
- 4) ураження електричним струмом;
- 5) пожежна безпека.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

6.1 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення є важливим аспектом безпеки праці при роботі з обладнанням для одержання ацетилену. Недостатня або неправильна освітленість робочих зон може призводити до різних проблем, таких як зменшена видимість, збільшення ризику травм та зорове напруження для працівників.

Основні аспекти, які варто враховувати при організації виробничого освітлення, включають:

1. Інтенсивність освітлення: Необхідно забезпечити достатній рівень освітленості на робочих місцях, щоб працівники могли виконувати свої обов'язки без зайвого напруження очей та збільшеного ризику помилок.

2. Рівномірність освітлення: Освітлення повинно бути рівномірним по всій робочій зоні, щоб уникнути виникнення тіней, сліпоти або недостатньо освітленої області, де можуть відбуватися небезпечні дії.

3. Відсутність блисків та відблисків: Виробниче освітлення повинно бути розташоване таким чином, щоб уникнути відбиття світла від поверхонь, які можуть створювати блиск або відблиск, що може вплинути на зорову сприйнятливість та безпеку працівників.

4. Захист від підвищеної температури: При використанні джерел штучного освітлення, таких як лампи, необхідно забезпечити захист від надмірного нагрівання, щоб уникнути ризику пожежі або травм через контакт з гарячими поверхнями.

5. Регулярний огляд та підтримка: Важливо періодично перевіряти та підтримувати освітлювальні пристрої, щоб вони функціонували належним чином і забезпечували відповідний рівень освітлення.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2. Виробничий шум

Виробничий шум є одним з шкідливих виробничих факторів, який може виникати під час роботи з обладнанням для одержання ацетилену. Високий рівень шуму може мати негативний вплив на працівників, спричиняючи ряд проблем і ризиків для їх здоров'я та благополуччя.

Постійна або тривала експозиція до виробничого шуму може призвести до пошкодження слуху, втрати слуху або навіть появи непоправимих уражень. Крім того, шум може викликати загальний дискомфорт, збудження, порушення концентрації та збільшення ризику виникнення нещасних випадків на робочому місці.

Для запобігання шкідливому впливу виробничого шуму необхідно вживати наступні заходи безпеки:

1. Ізоляція джерел шуму: Використання звукоізоляційних матеріалів, акустичних обгорток, звукоізоляційних кабін або кожухів навколо обладнання може допомогти зменшити рівень шуму, що виходить з них.
2. Використання засобів колективного захисту: Встановлення звукоізоляційних панелей або екранів на робочих місцях може допомогти зменшити розповсюдження шуму та його вплив на працівників.
3. Організація робочих місць: Розташування робочих місць з урахуванням мінімізації шумових джерел, наприклад, встановлення обладнання на відстані від робочих зон або використання перегородок для зменшення поширення шуму.
4. Періодична перевірка та обслуговування обладнання: Регулярна перевірка технічного стану обладн

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

6.3. Хімічний склад повітря робочої зони

Хімічний склад повітря робочої зони є важливим аспектом безпеки праці при виробництві ацетилену. Оскільки ацетилен має вибухонебезпечні та токсичні властивості, необхідно забезпечити контроль за його концентрацією в повітрі та забезпечити безпечні умови для працівників.

Для забезпечення безпеки повітря в робочій зоні необхідно виконати наступні кроки:

1. Вимірювання концентрації ацетилену: Регулярно проводьте вимірювання рівня ацетилену в повітрі робочої зони за допомогою спеціальних газоаналізаторів. Це дозволить вчасно виявити будь-яке перевищення допустимих норм та прийняти відповідні заходи для зниження ризиків.

2. Вентиляція робочої зони: Забезпечте ефективну систему вентиляції, яка забезпечуватиме заміну забрудненого повітря свіжим, безпечним повітрям. Вентиляційна система повинна бути проєктована та розрахована з урахуванням конкретних умов роботи та обладнання.

3. Дотримання правил особистої безпеки: Професійні працівники повинні дотримуватися вимог щодо особистої безпеки, таких як використання індивідуальних засобів захисту (респіратори, захисні окуляри, рукавиці тощо) для запобігання вдиханню та контакту з ацетиленом.

4. Правильне зберігання та обробка матеріалів: Ацетилен та інші небезпечні речовини повинні бути зберігані у відповідно обладнаних приміщеннях, віддалених від робочої зони. Вони також повинні бути правильно марковані та оброблятися відповідно до норм та правил безпеки.

Забезпечення безпеки хімічного складу повітря робочої зони є важливим аспектом, що допомагає уникнути потенційних небезпек і зберегти здоров'я та безпеку працівників.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

6.4. Ураження електричним струмом

Ураження електричним струмом є серйозною небезпекою при роботі з обладнанням та системами, включаючи автоматизований процес одержання ацетилену. Дія електричного струму на людину може мати негативні наслідки, від легких порушень до тяжких травм або навіть летального випадку. Для запобігання ураженням електричним струмом необхідно дотримуватись наступних заходів безпеки:

1. Заземлення та ущільнення: Все електричне обладнання та проводка повинні бути належним чином заземлені та ущільнені, щоб уникнути утворення небезпечної напруги. Регулярно перевіряйте стан заземлення та проводки та вчасно виправляйте будь-які виявлені несправності.

2. Використання ізоляційних матеріалів: При роботі з електричним обладнанням важливо використовувати ізоляційні матеріали, такі як ізольовані рукавиці, ізольовані ручки та інструменти. Це допоможе запобігти прямому контакту з електричними джерелами та зменшити ризик ураження струмом.

3. Знання та дотримання правил безпеки: Працівники повинні бути належно навчені щодо правил безпеки при роботі з електричними пристроями та системами. Це включає правильне використання та обслуговування обладнання, уникання роботи під напругою без необхідних заходів безпеки, а також знання про аварійні ситуації та вміння вчасно реагувати на них.

4. Проведення періодичних перевірок: Регулярно перевіряйте електричне обладнання та системи на наявність дефектів, переглядайте електричні проводки.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

6.5. Пожежна безпека

Пожежна безпека є надзвичайно важливим аспектом при роботі з процесом одержання ацетилену та в умовах виробничого середовища загалом. Пожежі можуть спричинити серйозні матеріальні збитки, шкоду здоров'ю працівників та навіть призвести до загибелі.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно дотримуватись наступних заходів:

1. Встановлення пожежних систем: Виробничі приміщення повинні бути оснащені надійними системами пожежного захисту, такими як пожежні сповіщувачі, димові датчики, пожежні водопостачання та пожежні вогнегасники. Ці системи повинні бути регулярно перевіряні та обслуговувані, а їх розміщення та розподіл повинні відповідати вимогам пожежної безпеки.

2. Знання процедур пожежної безпеки: Усі працівники повинні бути належно навчені процедурам пожежної безпеки, включаючи евакуаційні шляхи, використання вогнегасників та процедури в разі виникнення пожежі. Регулярні тренування та практичні навчання повинні проводитись для підтримки свідомого та ефективного ведення в разі пожежі.

3. Попередження пожежних ризиків: Потенційні джерела загоряння або пожежі, такі як відкритий вогонь, негерметичні електричні проводки або неправильне зберігання легкозаймистих матеріалів, повинні бути ідентифіковані та усунуті. Процедури безпечного зберігання та використання речовин повинні бути строго дотримувані.

4. Аварійне планування: Підприємство повинно мати детальний план дій в разі пожежі, який включає евакуаційні шляхи, місця збору, контактні дані пожежної служби та процедури повідомлення про пожежу. Цей план повинен бути відомим і доступним усім працівникам.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Висновок

На основі проведеного дослідження та розробки можна зробити висновок, що автоматизація процесу одержання ацетилену є доцільним рішенням для забезпечення ефективної та безпечної роботи. Шляхом впровадження засобів автоматизації та розробки системи керування, проект успішно вирішує завдання, пов'язані з виробництвом ацетилену.

Аналіз технологічного стану виробництва показав потребу у впровадженні автоматизації для підвищення продуктивності та зниження людського фактору. Розроблена математична модель холодильної системи надала цінні уявлення про її поведінку та дозволила розробити ефективну систему керування.

Дослідження перехідних процесів в замкнутій системі з ПІД-регулятором призвело до отримання оптимальних параметрів регулятора, що забезпечують задані характеристики тривалості перехідного процесу та точне керування процесом одержання ацетилену.

Використання мікроконтролера МК-51 разом із розробленим програмним забезпеченням та програмуванням продемонструвало його здатність ефективно керувати та регулювати систему. Інтеграція засобів дистанційного керування та аварійного захисту сприяла підвищенню рівня безпеки та надійності роботи системи.

Крім того, аналіз вимог з охорони праці підкреслив відповідність проекту стандартам безпеки для забезпечення безпечних умов праці персоналу, що займається процесом одержання ацетилену.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Література

1. Укртехприбор [Електронний ресурс] / режим доступу: <http://www.ukrteh.kiev.ua/page/text/name=267>
2. Бондаренко, В. О. Автоматизація технологічних процесів хімічної промисловості / В. О. Бондаренко. - Київ: КВІЦ, 2008..
3. Козлов, В. М. Основи автоматизації технологічних процесів / В. М. Козлов, В. А. Мокієнко. - Київ: Вища школа, 2012.
4. Лаврінєнко, В. І. Програмовані логічні контролери: підручник / В. І. Лаврінєнко, В. С. Титов. - Київ: Ліра-К, 2014.
5. Методика розрахунку систем автоматизованого керування виробництвом / В. М. Козлов, В. В. Легкий, А. О. Мельник та ін. - Київ: НТУУ "КПІ", 2006.
6. Норми і правила безпеки виробництва і експлуатації газу: ДСТУ ГОСТ 12.2.002-2014. - Київ: Держспоживстандарт України, 2014.
7. Петров, І. В. Теорія автоматичного керування: підручник / І. В. Петров, О. О. Шаповалов. - Київ: Вища школа, 2010.
8. Шаповалов, О. О. Автоматичне керування технологічними процесами: навчальний посібник / О. О. Шаповалов, А. В. Савченко. - Київ: Каравела, 2018.
9. Закон України "Про автоматизацію" від 21 червня 2001 року № 2625-ІІІ.
10. Лукінюк М.В. Технологічні вимірювання та прилади : Навч. посіб. для курс. проектування. К.: "ПОЛІПАРНАС" , 2002. - 257с: іл.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Література

11. Леонов, В. В. Аналогова електроніка: навчальний посібник / В. В. Леонов. - Київ: Каравела, 2015.
12. Каталог технічної документації на промислове обладнання виробника "Ацетилен-Техно", 2021.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Код	Завод-виробник	Кількість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
УСТАТКУВАННЯ ТА ПРИЛАДИ									
1-1 11-1	Витрата	Гази крекінгу метану	—	Трубопров ід 28	Діафрагма камерна, $P_u = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 150$ мм; граничнодопустима основна похибка 1,5 %	ДКС 0,6-150	—	ВАТ «Промп-рилад», м. Івано-франківськ	13 од.
2-1 3-1 4-1 16-1 22-1	” — —	Вода	—	Трубопров ід 1					
12-1 14-1	” — —	Демитилформаїд	—	Трубопров ід 31					
13-1	” — —	Гази крекінг метну, звільнені від діацетилену	—	Трубопров ід 32					
27-1	” — —	Пара	—	Трубопров ід 2					
30-1	” — —	Суміш CO , H_2 , CO_2 , N_2 , CH_4	—	Трубопров ід 33					

					ДП ЛА.92.05.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2 2-2 3-2 4-2 11-2 12-2 13-2 14-2 16-2 22-2 27-2 30-2 33-2	—” —	—	—	Місцевий	Тензоперетворювач тиску з квадратичною функцією перетворення, P= 2,5 МПа, межа основної припустимої похибки ± 0,25 %, I _{вих} = 4...20 мА	ТСПУ-0289	—	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	13 од.
1-3 2-3 3-3 4-3 11-3 12-3 13-3 14-3 16-3 22-3 27-3 30-3 33-3	—” —	—	—	На пульті керування	Індикатор-технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнали: 0...75 мВ, 0...200 мВ, 0...2 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А-1, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; граничнодопустима основна зведена похибка 0,2 %; цифрова індикація; формує сигнали технологічної сигналізації	ІТМ-11	—	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ	13 од.

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5-1 6-1 7-1	Температура	Гази крекінгу метану	38 °С	Трубопровід 28	Термоперетворювач опору плати новий з уніфікованим сигналом, діапазон вимірювання 0...120°С, $P_{\max} = 50$ МПа, довжина монтажної частини 200...1250 мм, захисна арматура – сталь 12Х18Н10Т, основна похибка 0,7%, вихідний сигнал 4...20 мА	ТСПУ-0289	– –	НВО «Електротермія», м. Луцьк	8 од.
17-1	—” —	Суміш С ₂ Н ₂ з парами демітилформаміду та домішками	–	Конденсатор-холодильник 11					
21-1	—” —	Скраплений С ₂ Н ₂ та демітилформамід	87 °С	Стабілізатор 10					
23-1	—” —	Суміш С ₂ Н ₂ з парами демітилформаміду та домішками	–	Конденсатор-холодильник 15					
29-1	—” —	Скраплений С ₂ Н ₂ та демітилформамід	120 °С	Десорбер 14					
32-1	—” —	Демітилформамід розчинений у воді	–	Трубопровід 37					

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5-2 6-2 7-2 17-2 21-2 23-2 29-2 32-2	” — —	—	—	Пульт Керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний прилад (з блоком добування квадратного кореня) з пристроєм сигналізації та вбудованим інтегратором; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ ТП – В, К, L, S; ТО – 50П, 100П, 50М, 100М; граничнодопустима основна похибка показань 0,5 %, реєстрації 1 %	ДИСК-250ДД	—	ЗАТ «Промислова група „Метран”», м. Челябінськ	8 од
8-1	Рівень	Гази крекінгу метану	—	Сепаратор 5	Рівнемір радарний вибухозахисний, частота електромагнітного сигналу – 94 ГГц, ширина вимірювального променя 4 град.; максимальний діапазон вимірювання рівня 0,6...30 м, граничнодопустима основна похибка ±0,001м, температура контролюваного продукту – не обмежена, робоча температура в місці встановлення датчика (- 60)...50 °С; Iвих = 4...20 мА; цифровий інтерфейс RS-485, Modbus	УЛМ-31А1	—	ЗАТ «Промислова група „Метран”», м. Челябінськ	11 од.
9-1	” — —	Гази крекінгу метану	—	Сепаратор 6					
10-1	” — —	Гази крекінгу метану	—	Сепаратор 7					
18-1	” — —	Скраплений С ₂ Н ₂ та демітилформамід	—	Сепаратор 12					
20-1	” — —	Скраплений С ₂ Н ₂ та демітилформамід з домішками	—	Стабілізатор 10					
24-1	” — —	Скраплений С ₂ Н ₂ та демітилформамід з домішками	—	Сепаратор 16					
25-1	” — —	Ацетилен	—	Скрубер 17					

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																														
31-1	—” —	Скраплений C ₂ H ₂ та демитилформамід	—	Десорбер 19	Рівнемір радарний вибухозахищений, частота електромагнітного сигналу – 94 ГГц, ширина вимірювального променя 4 град.; максимальний діапазон вимірювання рівня 0,6...30 м, , граничнодопустима основна похибка ±0,001м, температура контролюваного продукту– не обмежена, робоча температура в місці встановлення датчика (- 60)...50 °С; I _{вих} = = 4...20 мА; цифровий інтерфейс RS-485, Modbus	УЛМ-31А1	—	ЗАТ «Промислова група „Метран”», м. Челябінськ	11 од.																														
34-1	—” —	Демитилформамід	—	Десорбер 20						8-2 9-2 10-2 18-2 20-2 24-2 25-2 28-2 31-2 34-2 35-2	—” —	—	—	На пульті керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнали: 0...75 мВ, 0...200 мВ, 0...2 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А-1, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М;	ІТМ-11	-	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-франківськ	11 од.	15-1	Концентрація CH ₄	Суміш CO, H ₂ , CO ₂ , N ₂ , CH ₄ та домішок	—	Трубопровід д 33	Газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу; діапазон вимірювання 0,0001...100 об. д. %, довжина пробовідбірника 200...3500 мм	КГО		ФДУП «Смоленское ПО “Аналитприбор”», м. Смоленськ	4 од.	19-1	Концентрація C ₂ H ₂	Суміш газів та домішок	—	Трубопровід д 33	26-1	—” —	Ацетилен	—	Трубопровід д 17
8-2 9-2 10-2 18-2 20-2 24-2 25-2 28-2 31-2 34-2 35-2	—” —	—	—	На пульті керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнали: 0...75 мВ, 0...200 мВ, 0...2 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А-1, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М;	ІТМ-11	-	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-франківськ	11 од.																														
15-1	Концентрація CH ₄	Суміш CO, H ₂ , CO ₂ , N ₂ , CH ₄ та домішок	—	Трубопровід д 33	Газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу; діапазон вимірювання 0,0001...100 об. д. %, довжина пробовідбірника 200...3500 мм	КГО		ФДУП «Смоленское ПО “Аналитприбор”», м. Смоленськ	4 од.																														
19-1	Концентрація C ₂ H ₂	Суміш газів та домішок	—	Трубопровід д 33																																			
26-1	—” —	Ацетилен	—	Трубопровід д 17																																			
36-1	—” —	Ацетилен	—	Трубопровід д 17																																			

Продовж. додатка А

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15-2 19-2 26-2 36-2	” —	—	—	На пульті керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнали: 0...75 мВ, 0...200 мВ, 0...2 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А–1, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; гранично-допустима основна зведена похибка 0,2 %; цифрова індикація; формує сигнали технологічної сигналізації.	ІТМ-11	—	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛТ»», м. Івано-Франківськ	4 од.
37-1	Тиск	Гази крекінгу метану	—	Трубопровід 28	Вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску, $P_{\max} = 1$ МПа, температура 5...50 °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ, клас точності 0,25; $I_{\text{вих}} = 0...5$ мА	«Сапфир-22 ДИ», мод 2150	—	ВО «Геофізприлад», м. Івано-Франківськ	1 од.
37-2	” —	—	—	Щит керування	Індикатор технологічний мікропроцесорний одноканальний; вхідні сигнали: 0...75 мВ, 0...200 мВ, 0...2 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; виходи: 1 аналоговий і 2 дискретні; НСХ перетворювачів: термоелектричних – А–1, В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М; граничнодопустима основна зведена похибка 0,2 %; цифрова індикація; формує сигнали технологічної сигналізації	ІТМ-11	—	ВАТ «Підприємство «МІКРОЛТ»», м. Івано-Франківськ	1 од.

Завершення. додатка А

					ДП ЛА.92.05.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата		

