

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-хімічний факультет
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 681.518:665

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ Анатолій ЖУЧЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

« ___ » _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології хімічних виробництв»

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

на тему: «Система керування процесом охолодження газів у виробництві ацетилену»

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи ЛА-91мп
(шифр групи)

_____ Бушмакін Богдан Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ доц., к. т. н. Ковалюк Д. О. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____ _____ _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

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

Інженерно-хімічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технічних та програмних засобів автоматизації

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології хімічних виробництв»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Анатолій ЖУЧЕНКО

(підпис)

(ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Бушмакіну Богдану Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Система керування процесом охолодження газів у виробництві ацетилену»

науковий керівник дисертації Ковалюк Д. О., к. т. н., доц.

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

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: технологічний процес одержання ацетилену

4. Предмет дослідження: технічне, програмне, математичне забезпечення системи керування холодильником.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз технологічного процесу одержання ацетилену, створення математичної моделі холодильника газу, побудова статичних та динамічних характеристик, синтез та дослідження нейромережових систем керування холодильником різної архітектури, програмування мікроконтролера МК

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу *матеріали презентації до захисту магістерської дисертації, схема автоматизації технологічного процесу, монтажно-комутаційна схема до системи дистанційного керування та технологічних блокувань, принципова електрична схема дистанційного керування електродвигунів.*

7. Орієнтовний перелік публікацій

Ковалюк Д.О., Бушмакін Б.В. Моделювання динамічного режиму холодильника в процесі виділення ацетилену – Матеріали V Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами», 22 листопада 2018 р. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2018 р. – С. 54-55. — Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/view/konferentsii>

Бушмакін Б. В., Ковалюк Д. О. Синтез системи керування холодильником засобами Control System Toolbox – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології [Текст]: Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів (АКІТ-2019). - Київ, 23-24 квітня 2019 р. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – С. 35-36.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу одержання ацетилену	05.10.2020	
2	Математичне моделювання холодильника	17.10.2020	
3	Обчислення та побудова перехідних характеристик холодильника	01.11.2020	
4	Синтез та дослідження нейромережових систем керування процесом охолодження	15.11.2020	
5	Аналіз та програмування коефіцієнтів мікроконтролера МК	24.11.2020	
6	Розробка стартап-проекту	01.12.2020	
7	Оформлення матеріалів дисертації	08.12.2020	

Студент

(підпис)

Богдан БУШМАКІН

(ім'я, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Дмитро КОВАЛЮК

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація виконана на тему «Система керування процесом охолодження газів у виробництві ацетилену», містить 83 сторінки пояснювальної записки, 30 ілюстрацій, 24 таблиці, 3 додатки та 13 бібліографічних найменування.

Метою проекту є використання методів та створення систем керування процесом охолодження газів використовуючи різні регулятори.

Об'єкт дослідження – технологічний процес одержання ацетилену

Предмет дослідження – система керування холодильником в процесі автоматизації процесу одержання ацетилену.

Проведено аналіз хіміко-технологічного процесу одержання ацетилену та ситуацій його розвитку, визначено несприятливі режими роботи технологічних систем. На основі математичної моделі та динамічних характеристик синтезовано різні системи керування, а саме – з ПІД-регулятором, наслідувальним та інверсним нейрорегуляторами. Обрано найкращу систему керування та розроблено стартап-проект для поширення та впровадження цієї програми. .

Ключові слова: ацетилен, холодильник, система керування, ПІД-регулятор, нейронні мережі, наслідувальний регулятор, інверсійний регулятор, мікроконтролер МК-51.

ABSTRACT

The master's dissertation is based on the topic "Gas cooling process control system in acetylene production", contains 83 pages of explanatory note, 30 illustrations, 24 tables, 3 appendices and 13 bibliographic titles.

The aim of the project is to use methods and create control systems for the cooling process of gases using various regulators.

The object of research is the technological process of obtaining acetylene

The subject of research is the refrigerator control system in the process of automation of the acetylene production process.

The analysis of chemical-technological process of acetylene production and situations of its development is carried out, unfavorable modes of operation of technological systems are determined. Based on the mathematical model and dynamic characteristics, various control systems are synthesized, namely - with PID-regulator, imitative and inverse neuroregulators. The best management system was selected and a startup project was developed for the dissemination and implementation of this program. .

Keywords: acetylene, refrigerator, control system, PID controller, neural networks, hereditary controller, inversion controller, MIC-51 microcontroller.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Аналіз виробництва ацетилену.....	9
1.1. Властивості та застосування ацетилену	9
1.2. Методи отримання ацетилену.....	11
1.3. Результати патентного пошуку методів отримання ацетилену	18
1.4. Постановка задачі автоматизації.....	20
2. Автоматизація процесу одержання ацетилену.....	21
2.1. Аналіз основних параметрів виробництва	24
2.2. Розробка схеми автоматизації	23
2.3. Розробка схеми технологічної сигналізації та аварійного захисту ..	27
2.4. Розробка монтажно-комутаційної схеми.....	29
3. Математичне моделювання холодильника газу	30
3.1. Моделювання статичного режиму	30
3.2. Моделювання динамічного режиму.....	34
4. Синтез та дослідження системи керування холодильником газу	40
4.1. Моделювання системи керування в Simulink	40
5. Програмування контролера МК-51.....	42
5.1. Переваги застосування контролерів в технологічних процесах	42
5.2. Класифікація та вибір контролера.....	43
5.3. Програмування контролера.....	46
6. Розрахунок регулятора на основі нейронних мереж.....	53
6.1. Основні поняття та принципи побудови нейронних мереж.....	53
6.2. Переваги використання нейронних мереж.....	59
6.3. Синтез інверсійного нейромережевого регулятора.....	66
6.4. Порівняння отриманих систем керування.....	67
7. Розробка стартап проекту.....	69
Висновок	86
Література	87
Додаток.....	89

ВСТУП

Вивчення системи керування процесом охолодження газів у виробництві ацетилену є головною метою даної магістерської дисертації.

Ацетилен займає вагоме місце в проміслових усіх ацетиленових вуглеводнів і є дуже важливою хімічною сировиною. При горінні ацетилену виділяється велика кількість тепла, тому він широко застосовується при автогенному зварюванні і різанні металів. На це витрачається близько 30% отриманого ацетилену. Крім того, ацетилен набув широкого використання у хімічній промисловості, металообробці.

У кінці 19-го – початку 20-го ст. досить поширеними були ацетиленові світильники, в яких джерелом ацетилену слугував дешевий карбід кальцію, вони були розповсюдженні не тільки у залізничному та водному транспорті, для освітлення вулиць, а також і в побуті.

Новизною магістерської дисертації є створення нової системи керування процесу одержання ацетилену. Для цього при розробці схеми автоматизації впроваджено лише сучасне устаткування та технічні засоби автоматизації, що забезпечать максимальну точність та економічність. Для якісної роботи системи керування розраховані параметри налаштування регуляторів.

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТИЛЕНУ

1.1. Властивості та застосування ацетилену

Ацетилен вперше був отриманий Е. Деві шляхом нагрівання оцтовокислого калію із деревним вугіллям і далі реакцією з водою утвореного карбїду калію у 1836 році. Деві назвав отриманий газ «двокарбоновим воднем». А вже пізніше, у 1863 році французькому хіміку М. Бертло вдалось отримати ацетилен шляхом пропускання водню над розжареною електричною дугою графітовими електродами, і вже він назвав газ ацетиленом. Значну роль у вивченні газу та його похідних відіграли роботи А. Є. Фаворського.

Ацетилен – газ без кольору та запаху, також він володіє слабкою наркотичною дією, ще він малорозчинний у воді і чудово розчиняється в ацетоні. Тому його зберігають у вигляді ацетонового розчину в сталевих балонах, котрі заповненні будь яким інертним матеріалом. Варто зазначити, що суміш ацетилену з повітрям – вибухонебезпечна. Фізичні властивості газу наведено нижче у таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 – Фізичні властивості ацетилену

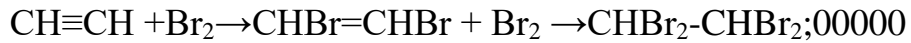
Молекулярна формула	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ (C_2H_2)
Молярна маса, г/моль	25
Густина, г/л	1,08797
Температура плавлення, °C	-80,7
Температура кипіння, °C	-83,7

При досить сильному охолодженні він відразу перетворюється у білу кристалічну речовину. А при стисканні ацетилен розкладається з вибухом. На повітрі ацетилен горить кіптявим полум'ям, а в атмосфері кисню – сліпучояскравим полум'ям з виділенням великої кількості тепла. Ацетилен вважається ненасиченою сполукою, тому для нього характерні реакції приєднання, що протікають згідно нуклеофільного механізму, такі як:

- гідрування



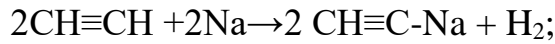
- галогенування



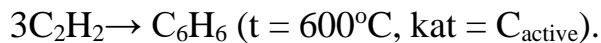
- гідрогалогенування



Потрібно відмітити, ацетилен здатний утворювати солі взаємодіючи із активними металами та оксидом срібла:



Також він здатний трімеризуватись:



В хімічній промисловості газ використовують в процесах органічного синтезу, приблизно 70% виробленого продукту, для виготовлення каучуку, лаків, розчинників, спиртів, оцтової кислоти, органічного скла, штучних волокон, вибухових речовин, штучних волокон, пластмаси,.

Також він широко використовується в машинобудуванні та при металообробці. Газове зварювання є одним з таких процесів, в якому застосовується ацетилен. Великою перевагою ацетилену є відновний ефект газового зварювання, який можна легко регулювати та контролювати. Обробка газовим зварюванням використовуючи ацетилен характеризується хорошою здатністю - стикування зазорів, для цього шви майже не потрібно заздалегідь підготовлювати тому це доволі зручно при зварюванні країв деталей без чіткої фіксації. Ацетилен також підходить для газового зварювання пластмас, для ремонту бамперів автомобілів. Це дуже хороший газ для застосування у процесах термічного різання. Він використовується для пайки твердим припоєм, тим самим дає можливість з'єднувати матеріали не тільки одного типу, а і різних. Вогнева очистка з використанням ацетилену застосовується у випадку, якщо для подальшої обробки необхідна чиста металева поверхня, тому корозія та інші види окалини ефективно видаляються за допомогою цього методу.

В процесах напилення, для покриття металічних та неметалічних заготовок. Дріт або порошок для напилення, розплавлюється киснево-ацетиленовим вогнем і наноситься на попередньо оброблену та підготовлену

деталь стисненим повітрям або будь яким іншим газом. Висока температура полум'я дозволяє розпиляти матеріал з високою точкою плавлення, наприклад, такий як у молібдену і виготовляти зносостійкі покриття, наносити антикорозійні покриття з сталі, алюмінію, міді, чи цинку. Ацетилен також застосовують для нанесення відтвореного вуглеводного покриття на внутрішню поверхню форм, що використовуються для виготовлення скляних посудів, це суттєво підвищує якість виробів і зменшує кількість бульбашок у шарі скла.

Описані вище процеси, в яких використовується ацетилен далеко не повністю описують всі його можливості, тому що з нього можна отримати в рази більше різноманітних сполук. Тому не випадково, що річний виробіток цього продукту перевищує 5млн тон, з яких майже 70% використовуються для промислового органічного синтезу, а інші 30% - для зварювання та різки металів.

1.2. Методи отримання ацетилену

Ацетилен виготовляють у великих об'ємах, так як його широко використовують саме у промисловому синтезі.

При отриманні ацетилену розкладом парафінових вуглеводнів утворюються досить складні газові суміші, але вміст ацетилену в них дуже малий, приблизно, 7 – 13%.

Для виділення ацетилену використовують сорбційні методи розділення газів, тобто, гіперсорбцію або абсорбцію. Для абсорбції ацетилену з газової суміші можна використати різні органічні розчинники, включаючи і воду. Процес сорбції проходить під підвищеним тиском.

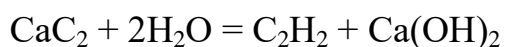
Нижче, у таблиці 1.2 вказано розчинності ацетилену у інших рідинах, таких як: вапняне молоко, ацетон, насичений водний розчин NaCl, етиловий спирт, бензин, диметилформаїд.

Таблиця 1.2 – Розчинність ацетилену в інших речовинах

Розчинник	Температура, °С	Розчинність
Насичений водний розчин NaCl	24	0,33
Вапняне молоко	14	0,76
Бензин	17	5,6
Етиловий спирт	20	5,9
Ацетон	17	24
Диметилформамід	22	32 – 36

Отже, якщо ознайомились з таблицею, диметилформамід має найбільшу розчинну здатність по відношенню до ацетилену, тому для детального вивчення і автоматизації ми обраний саме метод одержання ацетилену з газів метану та абсорбцією із застосуванням диметилформаміду.

У лабораторних умовах ацетилен зазвичай отримують взаємодією води на карбід кальцію. CaC_2 , карбід кальцію досить енергійно взаємодіє із водою, а для сповільнення реакції на практиці можна використати насичений розчин повареної солі, у такому випадку реакція проходить спокійніше. Дослід проходить наступним чином: наливаємо із крапельної пробірки розчин хлориду натрію у колбу із карбідом кальцію та спостерігаємо виділення газу, це – ацетилен. А ще одним продуктом реакції є гідроксид кальцію.



Саме цей метод має ряд технічних переваг, тому що ацетилен виходить концентрованим – 99,9%, що виключає необхідність його виділення з реакційних газів та спеціальної очистки. Карбід кальцію легко транспортується, тому райони його виробництва можуть бути не прив'язані до місць виготовлення й використання ацетилену. А потужність самих цехів по виготовленню карбіду кальцію сягає 610 тисяч тонн на рік.

З 50 – х років розробляється і впроваджується процес одержання ацетилену, оснований на піролізі вуглеводнів. Суть процесу полягає у

розкладанні і різноманітних перетвореннях вихідних вуглеводнів при температурі вище 1200°C саме в адіабатичних умовах за 0,005 – 0,02с. Протягом цього часу потрібно нагріти сировину, провести цільову хімічну реакцію і далі необхідно охолодити вихідні продукти до температури 650°C. У якості сировини для процесу можна використати будь які вуглеводні та їх суміші, але перевірено, що хімічний склад сировини істотно впливає на вихід продукту потрібного складу. Найбільший вихід отримується саме при піролізі парафінів нормальної будови. Найменш придатна сировина – це ароматичні вуглеводні, адже при їх розкладанні великий вихід саме саж і смоли. Енергомісткість процесу також залежить від молекулярної маси початкових вуглеводнів, тому чим більше молекулярна маса, тим менша оптимальна температура.

Існують наступні технологічні схеми піролізу у залежності від способу подачі тепла в реакційну зону.

Регенеративний метод піролізу. Процес проходить на стаціонарній або рухомій вогнетривкій насадці. Ця насадка постійно чи періодично нагрівається газом до 1900 - 1980°C. Після перебігу екзотермічних реакцій піролізу насадка охолоджується до 790-890°C. Надалі її теплоту використовують для підігріву повітря, вуглеводнів, або паливного газу. Сам процес протікає при низькому загальному тискові. А зниження парціального тиску вихідної сировини розбавляють водяною паром або ж зворотними газами. Циклічний характер цього процесу та різноманіття реакцій ускладнюють сам характер роботи й розрахунок регенеративної печі, тому через відсутність загартування тут дуже складно витримати заданий зарання час реакції.

Піроліз в трубчастих печах. В такому випадку підігріті вуглеводні пропускають через труби, що обігріваються ззовні продуктами згорання паливного газу. Теплообмін проходить через стінку, саме тому необхідно ретельно слідкувати за рівномірністю прогрівання труб, а також застосовувати конструкційні матеріали з підвищеною жаростійкістю і міцністю. Саме у порівнянні з регенеративними процесами тут є певні переваги: можна створити неперервний процес та отримувати достатньо концентровані гази, тому що

вони не розбавляються продуктами згоряння. Але зазначений метод не отримав істотного розвитку через відсутність саме жаростійких матеріалів та складності конструювання потрібних печей.

Піроліз занурювальним горінням. В цьому випадку відбувається безпосередній контакт рідких вуглеводнів із продуктами згоряння, які утворюються у занурювальному пальнику.

Окислювальний піроліз горінням. У даному процесі теплота, котра необхідна для проведення ендотермічної реакції утворення потрібного газу, виходить саме в результаті спалювання більшої частини усієї початкової сировини в атмосфері кисню. Окислювальний піроліз метану являє собою суму не тільки паралельних, але й послідовних реакцій. За оптимального часу утворення ацетилену рівняння балансу записується наступним чином:



Стехіометричні коефіцієнти цього рівняння залежать від умов підігріву, конструктивних особливостей реактора, відношення $\text{O}_2 : \text{CH}_4$, втрат теплоти в зоні закалювання, складу сировини, можливості утворення сажі. Цей процес є найбільш розповсюдженим у порівнянні з іншими методами одержання ацетилену із вуглеводнів. Розроблені реактори, які здатні виготовляти 4000 – 9500 тонн ацетилену на рік. У промисловому масштабі найчастіше використовуються реактори, які працюють на попередньо підготовлених сумішах природного газу та кисню. Також конструкції різняться й методами відриву полум'я та стабілізації.

Отже, якщо проаналізувати всю наведену вище інформацію саме диметилформамід має найбільшу розчинну здатність по відношенню до ацетилену, тому для детального вивчення і автоматизації ми обраний саме метод одержання ацетилену з газів крекінгу метану абсорбцією з використанням диметилформаміду.

У магістерській дисертації розглядається метод одержання ацетилену з газів метану абсорбцією з використанням диметилформаміду. На рисунку 1.2 зображена технологічна схема цього процесу.

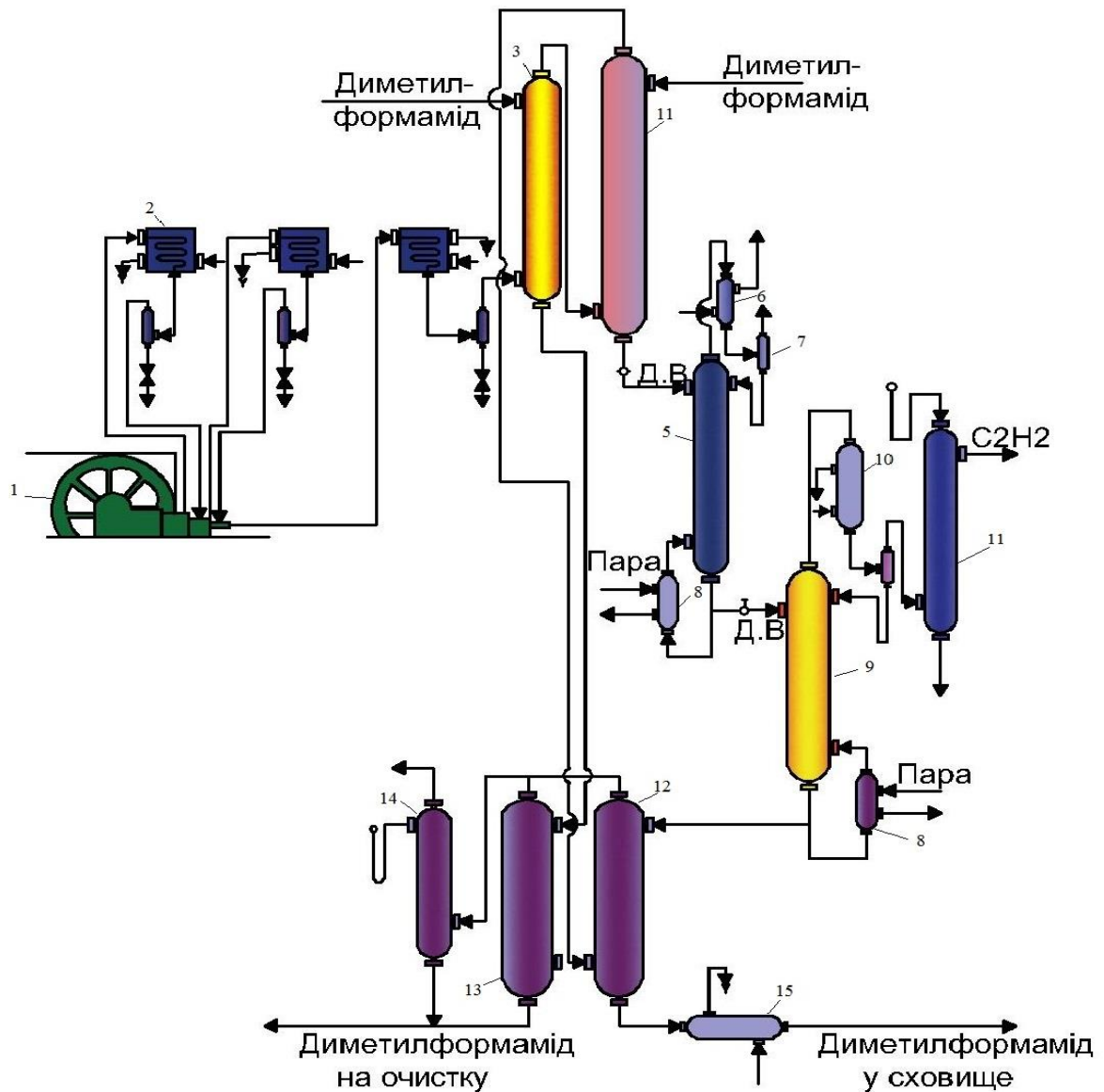


Рисунок 1.1 - Технологічна схема

Гази крекінгу метану після очищення від сажі, смол і різних сірчанних сполук стискуються компресором 1 до тиску 1 МПа і далі охолоджуються у холодильниках 2 до 38°C. Стиснений газ при цій температурі надходить в насадочний абсорбер 3, зрошуваний незначною кількістю диметилформаміду. В цьому абсорбері розчинник вбирає спочатку весь діацетилен, котрий міститься у газі і невелику кількість ацетилену.

Далі звільнені від діацетилену гази надходять в насадковий абсорбер 4, в ньому ацетилен добувається із газів диметилформамідом, який надходить для зрошування у потрібній кількості.

Окрім ацетилену, у диметилформаміді розчиняються в однакових кількостях також інші гази. А ті гази, що виходять з верхньої частини абсорбера 4, містять CH_4 , H_2 , N_2 , CO_2 , CO та інші.

Далі, насичений ацетиленом диметилформамід подається у стабілізатор 5, який має кип'ятильник. А у нижній частині стабілізатора рідина підігрівається до 87°C , в результаті чого з неї виділяються розчинені гази, в тому числі й ацетилен. Надалі гази разом з парами диметилформаміду проходять через конденсатор-холодильник 6, в якому пари розчинника скраплюються, але при цьому ацетилен розчиняється у конденсаті. Рідину (диметилформамід + розчинений в ньому ацетилен) розділяють в сепараторі від менш розчинних газів, таких як H_2 , CO та інші і їх знову повертають у стабілізатор 5. Таким чином з диметилформаміду видаляються майже усі гази, окрім ацетилену і метилацетилену. Оскільки для досягнення високого ступення очищення доводиться видаляти разом із цими газами й певну кількість ацетилену, тому наступним етапом гази з сепаратора після їх відмивки водою слідів розчинника у скрубєрі (на схемі не показано) знову направляють у вбірну систему.

Виділення ацетилену з диметилформаміду проводять у десорбері 9, котрий працює при атмосферному тискові. У кубовій частині десорбера, в кип'ятильнику, рідина нагрівається до 125°C . За цієї температури весь ацетилен виділяється з розчину, у той час як основна кількість більш розчинного метилацетилену залишається в рідині. Ацетилен в суміші із достатньою кількістю метилацетилену і парами диметилформаміду надходить в конденсатор-холодильник 10. Пари диметилформаміду конденсуються, а метилацетилен розчиняється в конденсаті.

Рідина (диметилформамід та розчинений в ньому метилацетилен) відокремлюється у сепараторі від ацетилену та повертається в десорбер 9. Ацетилен, що виходить з сепаратора відмивають водою від слідів диметилформаміду в скрубєрі 11 і направляють далі на переробку. Гази, що відходять з абсорбера 4, ділять на два потоки.

Близько 90% відхідних газів направляють у десорбер 13, зрошуваний диметилформамідом, що витікає з абсорбера 3. Другий потік газів, близько 15% від усього об'єму направляють в десорбер 12, зрошуваний певною кількістю диметилформаміду, який витікає з десорбера 9. Далі в десорберах 12 і 13 газ витісняє з диметилформаміду розчинені у ньому ацетилен та діацетилен. Чистіший диметилформамід, котрий виходить із десорбера 12, після охолодження в холодильникові 15 може бути повернутий назад у процес. Більш забруднений диметилформамід із десорбера 13 змішують з водою промивних скрубєрів і подають на очищення від домішок. Для очищення та відокремлення води застосовується апарат, який складається із випарного апарата та двох ректифікаційних колон.

Ацетилен отримуємо в генераторах розкладом карбїду кальцію водою, відзначається високою концентрацією, також великою перевагою є те, що очищення його від домішок є не складним і не викликає жодних труднощів. Але при організації великогабаритних ацетиленових станцій, котрі працюють по карбїдному методу потрібне також й одночасне будівництво досить великих і енергоємних установок для виробництва карбїду кальцію. Також на одержання карбїду витрачається велика кількість сировини коксу, негашеного вапна, антрациту. Ось наприклад, на 1 тонну карбїду кальцію, при розкладі якого ми можемо отримати приблизно 260м^3 ацетилену потрібно 0,6 тон коксу або антрациту і 0,90 тон негашеного вапна, при цьому витрата електроенергії становить до 2900квт-год/т. Виходячи з цього одержання ацетилену з вуглеводнів являється більш прогресивним у техніко – економічному відношенні, ніж карбїдний метод.

1.3. Результати патентного пошуку методів отримання ацетилену

Метод одержання ацетилену з метану та інших газоподібних вуглеводнів. Заявлено 23 лютого 1960р. за №665845/22 у комітет по справам винаходів і відкриттів при Раді Міністрів ССРСР. Опубліковано в «Бюллетене изобретений» № 24 за 1961р.

Відомий спосіб одержання ацетилену із метану в електричному розряді під вакуумом з використанням високотемпературного дугового розряду 1700-1850°C та без застосування в розрядному контурі дроселів і конденсаторів. Також при цьому одночасно з утворенням ацетилену відбувається його розпад, а також і розпад метану та проходить ряд побічних реакцій, зокрема, і тих, котрі спричиняють утворення сажі.

Саме виділення сажі в цій розрядній зоні значно ускладнює роботу і сама технологія отримання ацетилену стає більш важкою.

Відома також модифікація електричного крекінгу природних вуглеводнів, яка заснована на застосуванні тихого електричного розряду при низькій температурі. Недоліком даного способу є те, що за один прохід через реактор незначна кількість метану перетворюється в ацетилен, а також виділяється значна кількість сажі. У зв'язку з цим такий процес проводять в серії послідовно встановлених реакторів, які працюють по вище наведеному способі.

Запропонований новіший спосіб отримання ацетилену з метану та інших газоподібних вуглеводнів в електричному розряді змінного струму при низькій температурі, до 450°C має ряд переваг перед описаними вище способами і полягає у тому, що цілком отримання газу з великим відсотком ацетилену без сажі, процес проводять при атмосферному тискові у зоні електричного розряду, в якому фазові зміни струму згладжуються шляхом включення паралельно до розрядного проміжку ємності, а напруга збільшується за рахунок створення контуру резонансу напруг.

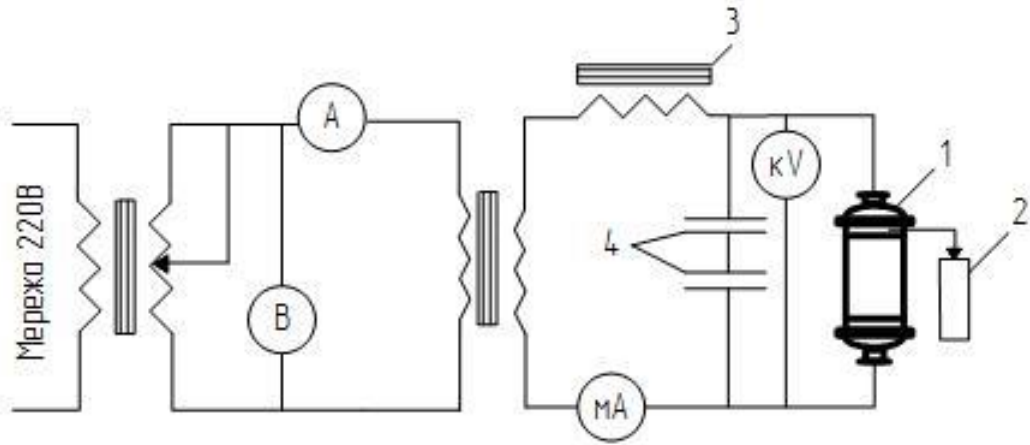


Рисунок 1.2 – Технологічна схема одержання ацетилену

В скляний реактор 1, який оснащений двома електродами, один з яких -це маленький стержень, а інший – це трубка, приєднана до пастки 2 подають тангенціально до бокової поверхні газ, котрий містить метан і інші вуглеводні. Одночасно на електроди подають струм високої напруги, після виникнення газового розряду на електродах утворюється напруга 11000-15000В. Потрібну різницю потенціалів підтримують використовуючи дроселя 3 та конденсатора 4, за їх рахунок згладжуються також й фазові коливання струму. Відстань між електродами потрібно підтримувати не менше 25мм.

При цьому отримують газову суміш, що містить 14-17% ацетилену. В складі отриманого газу 55-67% водню та близько 16-33% метану, який не прореагував.

1.4. Постановка задачі автоматизації

Технологічний процес одержання ацетилену з вуглеводнів є доволі складним і для ефективного його функціонування необхідно підтримувати усі задані параметри протікання процесу. Для попередження виникаючих відхилень від норми потрібен постійний контроль параметрів процесу за допомогою регулюючих та контрольовано-вимірювальних приладів, котрі ми об'єднали в систему керування.

Метою даної магістерської дисертації є розробка системи автоматичного керування холодильником газу у процесі виділення ацетилену та розробки схеми автоматизації контролю та керування усього процесу.

Розроблені система керування та схема автоматизації зможуть гарантувати:

- мінімальні енергозатрати на усіх етапах нашого виробництва;
- досягнення хорошого рівня надійності та контролю процесу;
- отримання вихідного продукту вищої концентрації;
- вдосконалення дистанційного керування процесом на усіх його етапах;
- зведення до мінімуму виникнення аварійних ситуацій на виробництві.
- Стабілізація усіх режимів технологічного процесу шляхом вимірювання значень технологічних параметрів, їх обробки, візуального представлення, та видання керуючих впливів у режимі реального часу на виконавчі механізми в автоматичному режимі, а також і в результаті дій технолога-оператора;
- Забезпечення персоналу виробництва необхідною інформацією для вирішення завдань контролю, обліку, аналізу, планування та управління виробничою діяльністю.

Початковим кроком для вирішення потрібних задач потрібно визначити режимні параметри, котрі є вирішальними у процесі та задають необхідний технологічний режим. Також не менш важливим є визначення параметрів регулювання, граничних значень параметрів для спрацювання систем сигналізації і технологічних блокувань.

2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ АЦЕТИЛЕНУ

2.1. Аналіз основних параметрів виробництва

Після детально проведеного аналізу процесу та усіх особливостей виробництва в цілому варто передбачити автоматичний контроль таких параметрів:

- тиск газу на вході в холодильники - 1МПа;
- температуру на виході з холодильників потрібно підтримувати 38°C;
- температуру у нижній кубовій частині стабілізатора підтримувати 87°C;
- рідину у десорбері необхідно нагріти до 120°C;
- концентрацію ацетилену на виході з сепаратора – 99%;

Детальніші результати повного аналізу занесено у таблицю 2.1

Таблиця 2.1 – Параметри контролю

№ Конт.	Стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування контрольованого параметру	Норми технологічного режиму та можливі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації
1	Трубопровід, газу крекінгу метану	Тиск	1МПа	Контроль, сигналізація
2,3,4	Трубопровід, газу крекінгу метану	Температура	38 °С	Регулювання, контроль,
5	Трубопровід, диметилформамід	Витрата	–	Регулювання, контроль,
6	Трубопровід, газу, звільнені від діацетилену	Витрата	–	Регулювання, контроль,

7	Трубопровід, диметилформамід	Температура	–	Контроль, сигналізація
8	Трубопровід, ацетилен у суміші із метилацетиленом і парами диметилформаміду	Витрата	–	Регулювання, контроль,
9	Трубопровід, вода	Витрата	–	Регулювання, контроль,
10	Трубопровід, диметилформамід	Температура	87 °С	Регулювання, контроль,
11	Трубопровід, диметилформамід	Витрата	–	Регулювання, контроль,
12	Трубопровід, пара	Витрата	–	Регулювання, контроль,
13	Трубопровід, ацетилен	Концентрація	99,5 – 99,9%	Контроль, сигналізація
14	Трубопровід, диметилформамід	Витрата	–	Регулювання, контроль,
15	Трубопровід, диметилформамід	Температура	35 °С	Регулювання, контроль,
16	Трубопровід	Тиск	1,0 – 1,1 МПа	Контроль, сигналізація

17	Трубопровід, ацетилен у суміші із метилацетиленом і парами диметилформаміду	Температура	120 °С	Регулювання, контроль,
18	Трубопровід	Тиск	–	Контроль, сигналізація
19	Трубопровід	Тиск	–	Контроль, сигналізація
20	Трубопровід	Тиск	–	Контроль, сигналізація
21	Трубопровід	Тиск	–	Контроль, сигналізація

2.2.Розробка схеми автоматизації

Отримана схема автоматизації містить ряд контурів контролю і сигналізації. Зокрема, контури контролю та керування температури, концентрації, витрат та тиску.

Контур 1 необхідний для контролю і сигналізації тиску газів крекінгу метану у трубопроводі та містить: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску (1-А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (1-Б); лампу електричну сигнальну жовтого кольору (НЛ1);

Контури 2, 3, 4 використовуємо для контролю та регулювання температури газів крекінгу метану на виході з холодильників газу та включають наступні прилади: термоперетворювач типу ТСПУ (2-А),(3-А),(4-А) відповідно; вторинний прилад автоматичний показувальний і реєструвальний пристрій на позиціях (2-Б),(3-Б),(4-Б); мікропроцесорний регулятор(2-В),(3-В),(4-В); регулюючий електронний клапан (2-Г),(3-Г),(4-Г).

Контур 5 застосовуємо для контролю та регулювання витрати диметилформаміду на вході у абсорбер, він включає в себе: витратомір – діафрагма камерна (5-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (5-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (5-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (5-Г); регулюючий електронний клапан (5-Д).

Контур 6 використовуємо для контролю та регулювання витрати газів, що надходять у абсорбер та включає: витратомір – діафрагма камерна (6-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (6-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (6-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (6-Г); регулюючий електронний клапан (6-Д).

Контур 7 забезпечує контроль температури на виході з стабілізатора, оснащений технологічною сигналізацією та включає: ТО типу ТСМУ(7-А);автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (7-Б); лампу електричну сигнальну червоного кольору (НЛ4);

Контур 8 здійснює контроль та регулювання витрати ацетилену у суміші із домішками на вході у конденсатор-холодильник та включає: витратомір – діафрагма камерна (8-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (8-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (8-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (8-Г); регулюючий електронний клапан (8-Д).

Контур 9 забезпечує контроль та регулювання витрати води на вході у конденсатор-холодильник та містить: витратомір – діафрагма камерна (9-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (9-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (9-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (9-Г); регулюючий електронний клапан (9-Д).

Контур 10 використовуємо для контроль та керування температури диметилформаміду на виході з десорбера та включає термоперетворювач типу ТСПУ (10-А); вторинний прилад автоматичний показувальний і реєструвальний (10-Б); мікропроцесорний регулятор співвідношення (10-В); регулюючий електронний клапан (10-Г).

Контур 11 забезпечує контроль та регулювання витрати диметилформаміду на вході у десорбер та включає: витратомір – діафрагма камерна (11-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (11-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (11-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (11-Г); регулюючий електронний клапан (11-Д).

Контур 12 здійснює контроль та регулювання витрати пари на вході в кип'ятильник та включає: витратомір – діафрагма камерна (12-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (12-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (12-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (12-Г); регулюючий електронний клапан (12-Д).

Контур 13 забезпечує контроль концентрації ацетилену на виході із скрубера та містить: аналізатор рідини кондуктометричний, реєструвальний

(13-А); вторинний прилад автоматичний показувальний і реєструвальний з вмонтованою сигналізацією (13-Б); лампу електричну сигнальну червоного кольору (HL7); лампу електричну сигнальну жовтого кольору (HL8).

Контур 14 здійснює контроль та регулювання витрати диметилформаміду на вході в десорбер та включає: витратомір – діафрагма камерна (14-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (14-Б); автоматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (14-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (14-Г); регулюючий електронний клапан (14-Д).

Контур 15 використовується для контролю та регулювання температури диметилформаміду на виході із холодильника та містить: термоперетворювач типу ТСПУ (15-А); вторинний прилад автоматичний показувальний та реєструвальний (15-Б); мікропроцесорний регулятор співвідношення (15-В); регулюючий електронний клапан (15-Г).

Контур 16 застосовуємо для контролю тиску газів у трубопроводі і містить: пневмоелектричного перетворювача ПЕП-11 (16-А) та технологічного мікропроцесорного індикатора ІТМ 11 (16-Б); лампу електричну сигнальну червоного кольору (HL9); лампу електричну сигнальну жовтого кольору (HL10).

Контур 17 здійснює контроль і регулювання температури ацетилену у суміші з домішками, що надходить у конденсатор-холодильник та містить: термоперетворювач типу ТСПУ (17-А); вторинний прилад автоматичний показувальний та реєструвальний (17-Б); мікропроцесорний регулятор співвідношення (17-В); регулюючий електронний клапан (17-Г).

Контури 18-21 мають одне і те ж призначення, вони контролюють тиск в трубопроводах. Контур включає в себе пневмоелектричний перетворювач ПЕП-11 (поз. 1) і технологічного мікропроцесорного індикатора

Також у даній схемі автоматизації використовуємо 5 електропроводів, що керуються дистанційно і містять: пускач магнітний безконтактний нереверсивний з тепловим реле МП1, МП2, МП3, МП4, МП5; кнопка запобіжного вимикання SA1, SA2, SA3, SA4, SA5; пост управління кнопковий

SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6, SB7, SB8, SB9, SB10; лампи сигнальні із червоними і зеленими індикаторами відповідно HL2, HL3, HL5, HL6, HL11, HL12, HL13, HL14, HL15, HL16.

2.3. Розробка схеми технологічної сигналізації та аварійного захисту

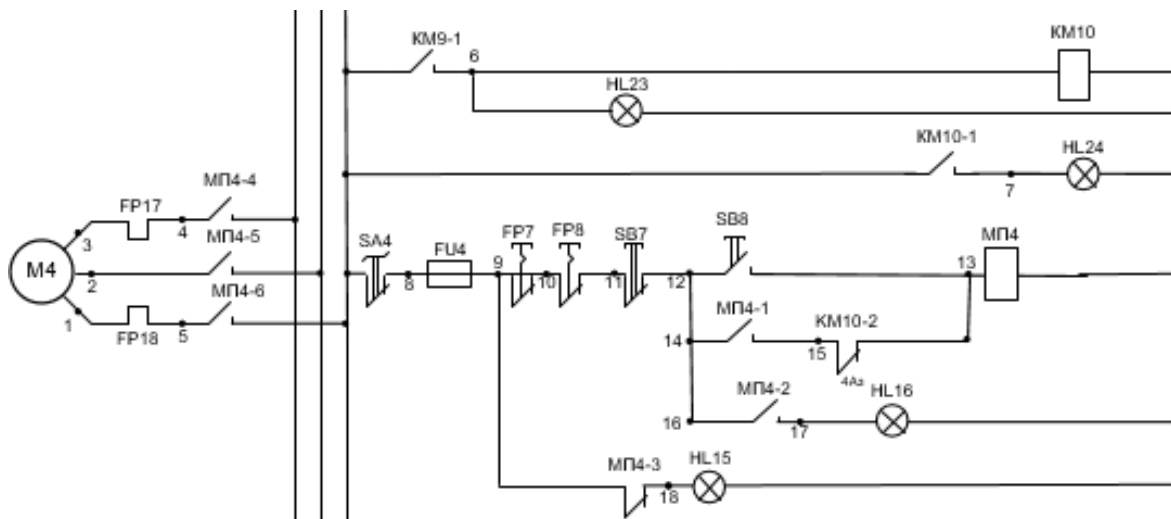


Рисунок 2.3 - Електрична схема управління і аварійного захисту електродвигуна

Принцип управління та аварійного захисту електродвигуна полягає у наступному: нажимаючи кнопку включення повинен спрацювати магнітний пускач, а нормально розімкнутий контакт має замкнутись, таким чином він і замикає ланцюг МП. Також замикаються контакти сигналізації включення МП й три кнопки живлення електродвигуна. У цей момент розмикається відповідно нормально розімкнутий контакт сигналізації відключення магнітного пускача. Також захист електродвигуна також передбачає і термічний захист.

Сигналізація спрацьовує при досягненні максимального або мінімального значення контрольованого параметру, замкнеться контакт в приладі КМ9-1 і утворюється замкнутий ланцюг живлення КМ10. Реле КМ 10 спрацьовує та перемикаються його контакти, нормально замкнений контакт розмикається, зелена лампочка погасає, а нормально розімкнутий – замикається і загоряється відповідно червона лампочка. Реле спрацьовує, контакти перемикаються у початкове положення.

На принциповій електричній схемі дистанційного керування електродвигунів показано що для перемикання живлення електродвигунів використовуються МП1, МП2, МП3.

FP2, FP3, FP4, FP5, FP6, FP7, FP8 призначенні для захисту живлення двигунів від перенавантаження і короткого замикання.

FU2, FU3, FU4 потрібні для запобігання згорання магнітних пускачів.

SB4, SB6, SB8 – кнопки, потрібні для вимикання живлення електродвигунів, а SB3, SB5, SB7 – для відключення.

Для сигналізації працюючих електродвигунів встановлюють лампочки зеленого кольору – HL11, HL13, HL15, а для виключених HL12, HL14, HL16 – відповідно червоного кольору.

2.4.Розробка монтажно-комутаційної схеми

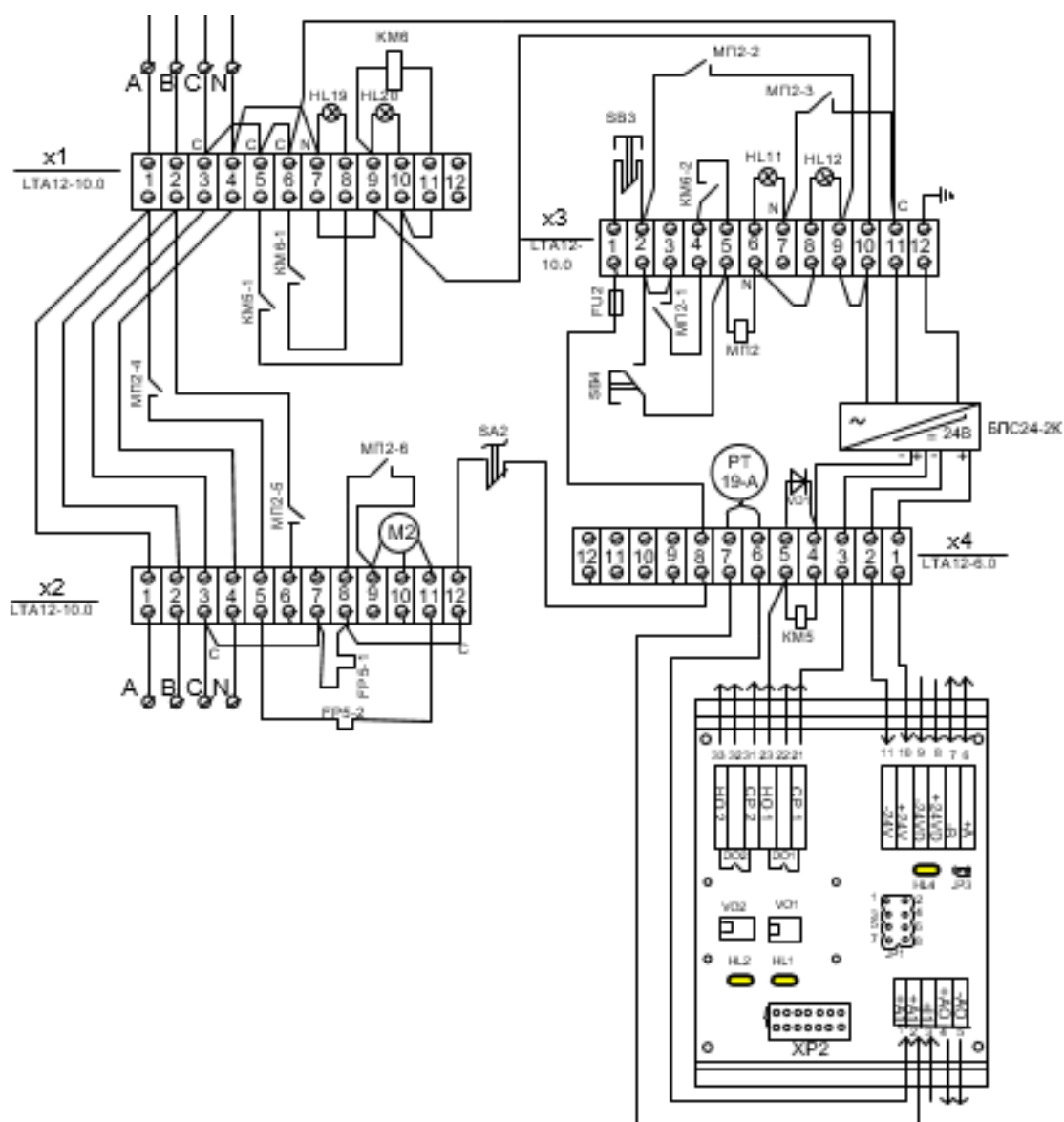


Рисунок 2.4 – Монтажно-комутаційна схема електродвигуна

Дистанційно керуються:

- M1 (SB1, SB2, SA1 на щиті);
- M2 (SB3, SB4, SA2 на щиті);
- M3 (SB5, SB6, SA3 на щиті);
- M4 (SB7, SB8, SA4 на щиті);
- M5 (SB9, SB10, SA5 на щиті);

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКА ГАЗУ

3.1 Моделювання статичного режиму.

Холодильник газу – це теплообмінник, що використовується в промисловості для охолодження рідин, газів, а також їх сумішей, що подаються на вхід для подальшого використання у процесі.

У процесі одержання ацетилену з ключову роль відіграє якісна абсорбція діацетилену з газів метану, тому що його вміст несе негативний вплив уже на кінцеву продукцію. Для якісної абсорбції потрібно підтримувати необхідний температурний режим. Охолодження газів відбувається у холодильниках за допомогою холодної води до температури 38 °С (311 К). Необхідно розробити моделі статички і динаміки даного процесу за каналом керування-вихід для можливості синтезу якісної системи автоматичного керування процесом. На рис 3.1. наведена структурно-параметрична схема апарату.

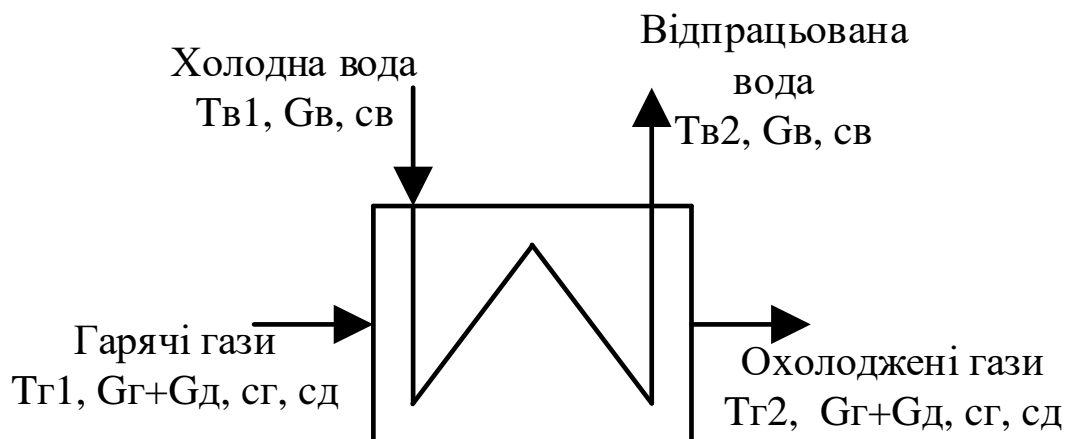


Рисунок. 3.1. – Схема холодильника

Отже, бачимо, що на температуру газів впливає температура та витрата води, початкова температура газів, а також кількість домішок у ньому. В цьому процесі вміст домішок виступає у ролі збурення, вплив якого нам і потрібно нівелювати. Підтримувати температуру газів на заданому рівні необхідно для отримання продукції потрібної якості і запобігання зносу обладнання, що використовується, в нашому випадку – абсорбера.

Очевидно, що керувати температурою вхідних газів доцільно шляхом регулювання витрати холодної води.

Таблиця 3.1. – Основні параметри

Назва	Умовне позначення	Одиниці вимірювання	Значення	№.
Витрата газів на вході в апарат	G_g	кг/с	0,56	1
Об'єм газу	V_g	m^3	0,1	2
Питома теплоємність газу	C_g	Дж/(кг•К)	2226	3
Температура газів на вході в апарат	T_{g1}	К	354	4
Температура газів на виході з апарату	T_{g2}	К	311	5
Питома теплоємність домішок	C_d	Дж/(кг•К)	1683	6
Добуток коефіцієнта теплопередачі та поверхні теплопередачі	$K \cdot S$	Дж/с·°К	28340	7
Питома теплоємність води	C_b	Дж/(кг•К)	4183	8
Температура води на вході до апарату	T_{v1}	К	283	9
Температура води на виході до апарату	T_{v2}	К	320	10
Витрата домішок	G_d	кг/с	0,08	11
Витрата води	G_b	кг/с	0,56	12

Маса газів, що проходить через холодильник за визначений проміжок часу	M_G	кг	5,88	13
Густина газу	ρ_G	кг /м ³	0,657	14
Зовнішній діаметр труби	D_z	м	0,105	15
Внутрішній діаметр труби	D_v	м	0,11	16
Довжина труби	L	м	3,2	17
Густина матеріалу стінки	ρ_c	кг/м ³	7800	18
Об'єм води в апараті	V_v	м ³	0,5	19

Розглянемо статичний режим. Він представляє собою режим роботи системи автоматичного керування, у ньому керована величина та інші проміжні величини не змінюються у часі. Даний режим зображується графічно

зображується за допомогою статичної характеристики, вона представляє собою залежність керованого параметру, температури газу, від керуючого впливу – витрати води.

Запишемо тепловий баланс для холодильника, використовуючи структурно-параметричну схеми об'єкта, що зображена на рис. 3.1., отримуємо систему її трьох рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} G_{\epsilon} c_{\epsilon} \cdot (T_{\epsilon 1} - T_{\epsilon 2}) - KS \cdot (T_c + \frac{T_{\epsilon 1} + T_{\epsilon 2}}{2}) = 0 \\ G_{\Gamma} c_{\Gamma} \cdot (T_{\Gamma 1} - T_{\Gamma 2}) - KS \cdot (T_c + \frac{T_{\Gamma 1} + T_{\Gamma 2}}{2}) = 0 \\ \frac{2\pi L \lambda \cdot (2T_c + \frac{T_{B1} + T_{B2} - T_{\Gamma 1} - T_{\Gamma 2}}{2})}{\ln \frac{d_3}{d_B}} + G_{\epsilon} c_{\epsilon} \cdot (T_{B1} - T_{B2}) + G_{\Gamma} c_{\Gamma} \cdot (T_{\Gamma 1} - T_{\Gamma 2}) = 0 \end{array} \right. \quad (3.1)$$

Виведемо рівняння статички для каналу «витрата води» - «температура газів на виході»

$$T_{\Gamma 2} = \frac{2G_{\epsilon} c_{\epsilon} (T_{B1} - T_{B2}) + 2G_{\Gamma} c_{\Gamma} T_{\Gamma 1} - KS (\frac{T_{B1} - T_{B2} - T_{\Gamma 1}}{2}) + \frac{4\pi L \lambda (2T_c + T_{B1} + T_{B2} + T_{\Gamma 1})}{2}}{2G_{\Gamma} c_{\Gamma} - \frac{KS}{2} + \frac{\frac{4\pi L \lambda}{\ln \frac{d_3}{d_B}}}{2}} \quad (3.2)$$

Головною регульованою величиною є температура газу на виході з апарату, тому визначимо її залежність від керуючого впливу, в нашому випадку це – витрата води.

Побудуємо відповідну статичну характеристику для $T_{\Gamma 2} = f(G_B)$:

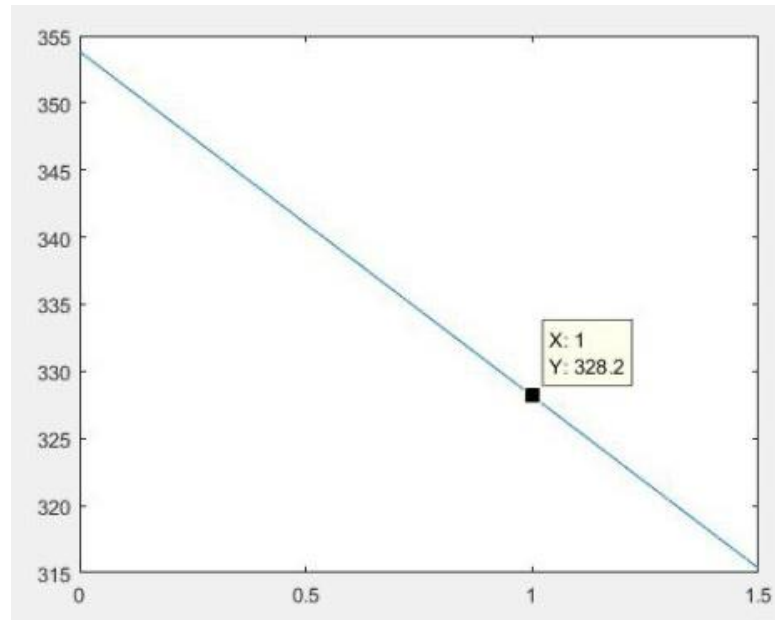


Рисунок 3.2 Статична характеристика апарату за каналом «керування»-«вихід»

3.2. Моделювання динамічного режиму

Динамічний режим – це режим, у якому хоча б один параметр змінюється в часі. Його основною ознакою є розподіл параметрів у просторі, проте холодильник газу ми будемо розглядати як об’єкт із зосередженими параметрами. Ми робимо припущення, що параметри не змінюються по довжині об’єкта.

Рівняння для холодильника газу матимуть наступний вигляд.

Для води:

$$G_w c_w \cdot (T_{e1} - T_{e2}) - KS \cdot (T_c + \frac{T_{e1} + T_{e2}}{2}) = V_w \rho_w c_w \cdot \frac{d}{dt} \cdot (\frac{T_{e1} + T_{e2}}{2}) \quad (3.3)$$

Для газу:

$$G_g c_g \cdot (T_{r1} - T_{r2}) - KS \cdot (T_c + \frac{T_{r1} + T_{r2}}{2}) = V_g \rho_g c_g \cdot \frac{d}{dt} \cdot (\frac{T_{r1} + T_{r2}}{2}) \quad (3.4)$$

Для стінки:

$$\frac{2\pi L \lambda \cdot (2T_c + \frac{T_{B1} + T_{B2} - T_{r1} - T_{r2}}{2})}{\ln \frac{d_3}{d_B}} + G_w c_w \cdot (T_{B1} - T_{B2}) + G_g c_g \cdot (T_{r1} - T_{r2}) = V_c \cdot \rho_c \cdot \frac{d}{dt} T_c \quad (3.5)$$

Лінеаризуємо вказані вище рівняння

Змінні для лінеаризації: G_{Γ} , G_V , $T_{\Gamma 2}$, T_C , T_{B1}

$$\Delta G_{\epsilon} c_{\epsilon} \cdot (\Delta T_{B1} - T_{B2}) - KS(\Delta T_c + \frac{T_{B1} + T_{B2}}{2}) = V_{\epsilon} \rho_{\epsilon} c_{\epsilon} \cdot \frac{d}{dt} (\frac{\Delta T_{B1}}{2}) \quad (3.6)$$

$$G_{\epsilon} c_{\epsilon} \cdot \Delta T_{B1} + \Delta G_{\epsilon} c_{\epsilon} T_{B1} - \Delta G_{\epsilon} c_{\epsilon} T_{B2} - KS \cdot \Delta T - KS \cdot \frac{\Delta T_{B1}}{2} = \frac{V_{\epsilon} \rho_{\epsilon} c_{\epsilon}}{2} \cdot \frac{d \Delta T_{B1}}{dt} \quad (3.7)$$

$$(G_{\epsilon} c_{\epsilon} - \frac{KS}{2}) \cdot \Delta T_{B1} + \Delta G_{\epsilon} (c_{\epsilon} (T_{B1} - T_{B2})) - KS \cdot \Delta T_c = \frac{V_{\epsilon} \rho_{\epsilon} c_{\epsilon}}{2} \cdot \frac{d \Delta T_{B1}}{dt} \quad (3.8)$$

Отримаємо коефіцієнти впливу:

$$T_1 = \frac{V_{\epsilon} \rho_{\epsilon} c_{\epsilon}}{2G_{\epsilon} c_{\epsilon} - KS} \quad (3.9)$$

$$K_G = \frac{2c_{\epsilon} (T_{B1} - T_{B2})}{2G_{\epsilon} c_{\epsilon} - KS} \quad (3.10)$$

$$K_{Tc} = \frac{-2KS}{2G_{\epsilon} c_{\epsilon} - KS} \quad (3.11)$$

Запишемо рівняння та зведемо його до загального виду:

$$T_1 \frac{d \Delta T_{B1}}{dt} - \Delta T_{B1} = K_{Gv} \cdot \Delta G_{\epsilon} + K_{Tc1} \Delta T_c \quad (3.12)$$

$$\Delta G_{\Gamma} c_{\Gamma} \cdot (T_{\Gamma 1} - \Delta T_{\Gamma 2}) + KS(\Delta T_c + \frac{T_{\Gamma 1} + \Delta T_{\Gamma 2}}{2}) = V_{\Gamma} \rho_{\Gamma} c_{\Gamma} \cdot \frac{d}{dt} (\frac{T_{\Gamma 1} + \Delta T_{\Gamma 2}}{2}) \quad (3.13)$$

$$G_{\Gamma} c_{\Gamma} \cdot \Delta T_{\Gamma 1} + \Delta G_{\Gamma} c_{\Gamma} T_{\Gamma 2} - G_{\Gamma} c_{\Gamma} \Delta T_{\Gamma 2} + KS \cdot \Delta T_c - KS \cdot \frac{\Delta T_{\Gamma 2}}{2} = V_{\Gamma} \rho_{\Gamma} c_{\Gamma} \cdot \frac{d}{dt} (\frac{\Delta T_{\Gamma 2}}{2}) \quad (3.14)$$

$$T_2 = -\frac{V_{\Gamma} \rho_{\Gamma} c_{\Gamma}}{KS + 2G_{\Gamma} c_{\Gamma}} \quad (3.15)$$

$$K_{G\Gamma} = \frac{-2c_{\Gamma} (T_{\Gamma 1} - T_{\Gamma 2})}{KS + 2G_{\Gamma} c_{\Gamma}} \quad (3.16)$$

$$K_{Te2} = \frac{-2KS}{KS + 2G_{\Gamma} c_{\Gamma}} \quad (3.17)$$

$$T_2 \frac{d \Delta T_{\Gamma 2}}{dt} - \Delta T_{\Gamma 2} = K_{G\Gamma} \cdot \Delta G_{\Gamma} + K_{Te2} \Delta T_c \quad (3.18)$$

$$\frac{2\pi L\lambda \cdot (2\Delta T_c + \frac{\Delta T_{B1} + T_{B2} + T_{\Gamma1} + \Delta T_{\Gamma2}}{2})}{\ln \frac{d_3}{d_B}} + \Delta G_6 c_6 \cdot (\Delta T_{B1} - T_{B2}) + \Delta G_{\Gamma} c_{\Gamma} \cdot (T_{\Gamma1} - \Delta T_{\Gamma2}) = \quad (3.19)$$

$$V_C \cdot \rho_C \cdot \frac{d\Delta T_C}{dt} + \frac{4\pi L\lambda - \Delta T_c + \pi L\lambda \cdot \Delta T_{B1} + \pi L\lambda \cdot \Delta T_{\Gamma2}}{\ln \frac{d_3}{d_B}} + \Delta G_6 c_6 (T_{B1} - T_{B2}) \cdot G_6 c_6 \cdot \Delta T_{B1} + \Delta G_{\Gamma} c_{\Gamma} (T_{\Gamma1} - T_{\Gamma2}) + G_{\Gamma} c_{\Gamma} \Delta T_{\Gamma2} = V_C \cdot \rho_C \cdot \frac{d\Delta T_C}{dt} \quad (3.20)$$

$$T_3 = - \frac{V_C \rho_C \ln \frac{d_3}{d_B}}{4\pi L\lambda} \quad (3.21)$$

$$K_{3TB1} = \frac{\pi L\lambda + G_6 c_6}{4\pi L\lambda} \quad (3.22)$$

$$K_{3T\Gamma2} = \frac{\pi L\lambda + G_{\Gamma} c_{\Gamma}}{4\pi L\lambda} \quad (3.23)$$

$$K_{3GB} = \frac{c_6 (T_{B1} - T_{B2}) \cdot \ln \frac{d_3}{d_B}}{4\pi L\lambda} \quad (3.24)$$

$$K_{3G\Gamma} = \frac{c_{\Gamma} (T_{\Gamma1} - T_{\Gamma2}) \cdot \ln \frac{d_3}{d_B}}{4\pi L\lambda} \quad (3.25)$$

$$T_3 \frac{d\Delta T_C}{dt} - \Delta T_C = K_{3TB1} \cdot \Delta T_{B1} + K_{3T\Gamma2} \cdot \Delta T_{\Gamma2} + K_{3GB} \Delta G_6 + K_{3G\Gamma} \cdot \Delta G_{\Gamma} \quad (3.26)$$

Система рівнянь:

$$\begin{aligned} (T_1 p - 1) \cdot T_{B1}(p) - K_{Tc1} \cdot T_C(p) &= K_{G_6} \cdot G_6(p) \\ (T_2 p - 1) \cdot T_{\Gamma2}(p) - K_{Tc2} \cdot T_C(p) &= K_{G_{\Gamma}} \cdot G_{\Gamma}(p) \\ (T_3 p - 1) \cdot T_C(p) - K_{3TB1} \cdot T_{B1}(p) - K_{3T\Gamma2}(p) &= K_{3GB} \cdot G_6(p) + K_{3G\Gamma} \cdot G_{\Gamma}(p) \end{aligned} \quad (3.27)$$

$$\begin{aligned} \nabla = \begin{vmatrix} 0 & T_1 p - 1 & -K_{Tc1} \\ T_2 p - 1 & 0 & -K_{Tc2} \\ -K_{3T\Gamma2} & -K_{3TB1} & T_3 p - 1 \end{vmatrix} &= K_{Tc1} \cdot K_{3TB1} (T_2 p - 1) + \\ &+ K_{3T\Gamma2} \cdot K_{Tc2} (T_1 p - 1) - (T_1 p - 1)(T_2 p - 1)(T_3 p - 1) \end{aligned} \quad (3.28)$$

Щоб отримати передатну функцію для нашої системи ми скористались методом Крамера.

Детермінант системи рівнянь:

$$\nabla = \begin{vmatrix} 0 & T_1 p - 1 & -K_{Tc1} \\ T_2 p - 1 & 0 & -K_{Tc2} \\ -K_{3IT2} & -K_{3TB1} & T_3 p - 1 \end{vmatrix} = K_{Tc1} \cdot K_{3TB1} (T_2 p - 1) + K_{3IT2} \cdot K_{Tc2} (T_1 p - 1) - (T_1 p - 1)(T_2 p - 1)(T_3 p - 1) \quad (3.29)$$

Вектор стовпець для G_v :

$$\bar{G}_v = \begin{vmatrix} K_{Gv} \\ 0 \\ K_{3GB} \end{vmatrix} \quad (3.30)$$

Вектор стовпець для G_g :

$$\bar{G}_g = \begin{vmatrix} 0 \\ K_{GF} \\ K_{3GF} \end{vmatrix} \quad (3.31)$$

Доповнення для G_v :

$$\nabla G_v = \begin{vmatrix} K_{Gv} & T_1 p - 1 & -K_{Tc1} \\ 0 & 0 & -K_{Tc2} \\ K_{3GB} & -K_{3TB1} & T_3 p - 1 \end{vmatrix} = K_{Tc2} (K_{3GB} (T_1 p - 1) + K_{Gv} \cdot K_{3TB1}) \quad (3.32)$$

Доповнення для G_g :

$$\nabla G_g = \begin{vmatrix} 0 & T_1 p - 1 & -K_{Tc1} \\ K_{GF} & 0 & -K_{Tc2} \\ K_{3GF} & -K_{3TB1} & T_3 p - 1 \end{vmatrix} = K_{GF} \cdot K_{Tc1} \cdot K_{3TB1} - K_{Tc2} \cdot K_{3GF} (T_1 p - 1)(T_3 p - 1) \quad (3.33)$$

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

$$W_K(p) = \frac{\nabla G_g}{\nabla} = \frac{-K_{Tc2} (K_{3GB} (T_1 p - 1) + K_{Gv} - K_{3TB1})}{K_{Tc1} - K_{3TB1} (T_2 p - 1) + K_{3IT2} \cdot K_{Tc2} (T_1 p - 1) - (T_1 p - 1)(T_2 p - 1)(T_3 p - 1)} \quad (3.34)$$

Побудуємо перехідну характеристику, використаємо фрагмент коду

Matlab, наведений нижче:

```
Vv = 0.5;
po = 1000;
cv = 4200;
Gv = 0.5;
KS = 28340;
Vg = 0.1;
pog = 0.657;
Gg = 0.56;
```

```

Tg1 = 354;
Tg2 = 311;
cg = 2226;
dz = 0.105;
dv = 0.11;
L = 3.2;
l = 1;
Vc = (pi*dz*dz*L/4) - (pi*dv*dv*L/4);
poc = 7800;
Tv1 = 283;
Tv2 = 320;
Tc = Tv1;
T1 = (Vv*po*cv)/(2*Gv*cv - KS);
Ktc1 = (-2*KS)/(2*Gv*cv - KS);
T2 = (Vg*pog*cg)/(KS + 2*Gg*cg);
Kgg = -(2*cg*(Tg1-Tg2))/(KS + 2*Gg * cg);
Kgv = (2*cv*(Tv1 - Tv2)) / (2*Gv*cv -KS);
Ktc2 = -(2*KS)/(KS + 2*Gg*cg);
T3 = (Vc * poc*log(dz/dv))/(4*3.14*L*l);
KzTv1 = (3.14*L*l+Gv*cv)/(4*3.14*L*l);
KzTg2 = (3.14*L*l+Gg*cg)/(4*3.14*L*l);
KzGv = (cv*(Tv1-Tv2)*log(dz/dv))/(4*3.14*L*l);
KzGg = (cg*(Tg1-Tg2)*log(dz/dv))/(4*3.14*L*l);

Wk1 = tf([-Ktc2*KzGv*T1 -Kgv-KzTv1-Ktc2*KzGv], [-T1*T2*T3
(T3*(T1+T2)+T1*T2) -Ktc1*KzTv1*T2+KzTg2*Ktc2*T1-T1-T2-T3
Ktc1*KzTv1-KzTg2*Ktc2+1])
t = 0:300;
Wk1 = tf([-0.0000287 -291], [0.01006 2.534 5558 11.2]);
step(Wk1);

```

Перехідна характеристика за каналом «керування -«вихід» відповідно буде мати вигляд:

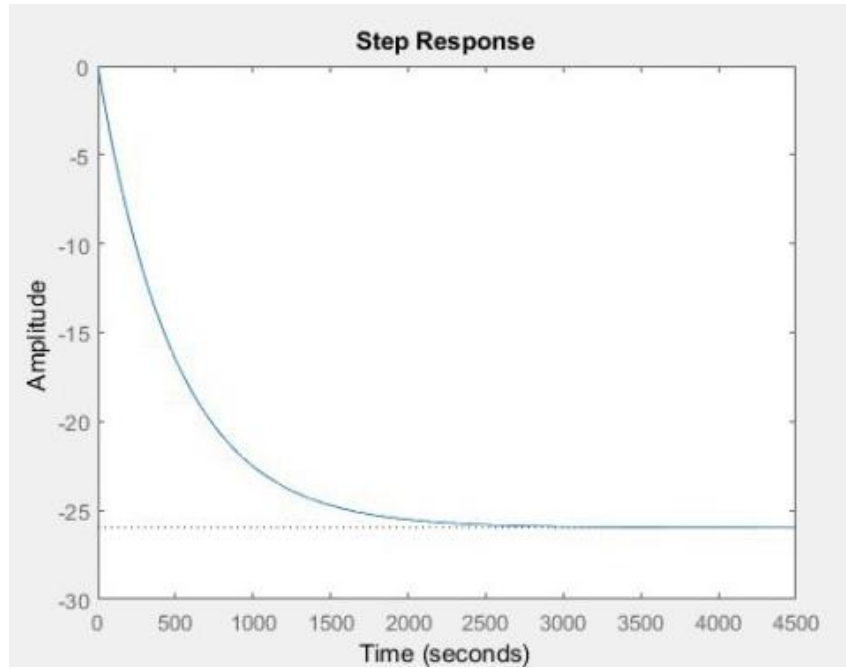


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика за каналом «керування» - «вихід»

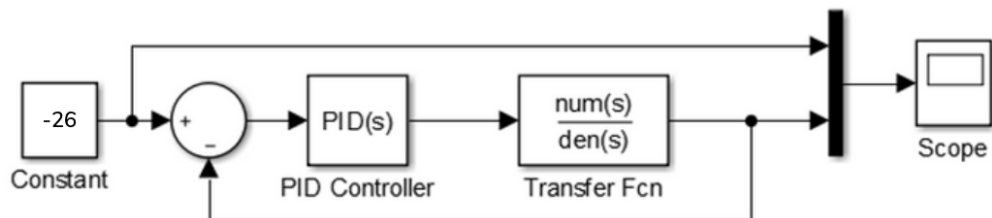
4. СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКОМ ГАЗУ

4.1. Моделювання системи керування в Simulink

Сьогодні дуже важливо перед впровадженням складної системи дослідити її роботу та реакцію на різні впливи, моделювання є одним із способів перевірки роботи об'єкта або системи загалом.

Існує велика кількість програм для таких дій, але Matlab є одним з найкращих, найстарших і до того ж добре перевіреним на практиці. Він широко розповсюджений, тому що має велику кількість різних пакетів візуального проектування, які можна комбінувати для отримання потрібного результату. Підсистема Simulink – це інтерактивне середовище для моделювання та аналізу динамічних систем, використовуючи блок-діаграми. Перевагою Simulink є велика бібліотека блоків, якими можна зібрати просту і складну системи. Більше того є можливість моделювати лінійні, нелінійні системи, неперервні, дискретні та комбіновані системи.

Необхідна нам систему зображена:



Риснок 4.1 – Робоче вікно в програмі Simulink

Вона включає такі елементи:

Блок *TransferFcn* – задає передатну функцію. *PID Controller* – алгоритм управління. *Scope* – блок відображення використовуваних сигналів у часі. *Sum* – суматор. *Constant* – задає сигнал, може бути дійсним, комплексним числом, вектором або матрицею, у нашому випадку -26 – це завдання для об'єкта, яке розглядається.

Щоб отримати перехідну характеристику натискаємо на блок «Scope»:

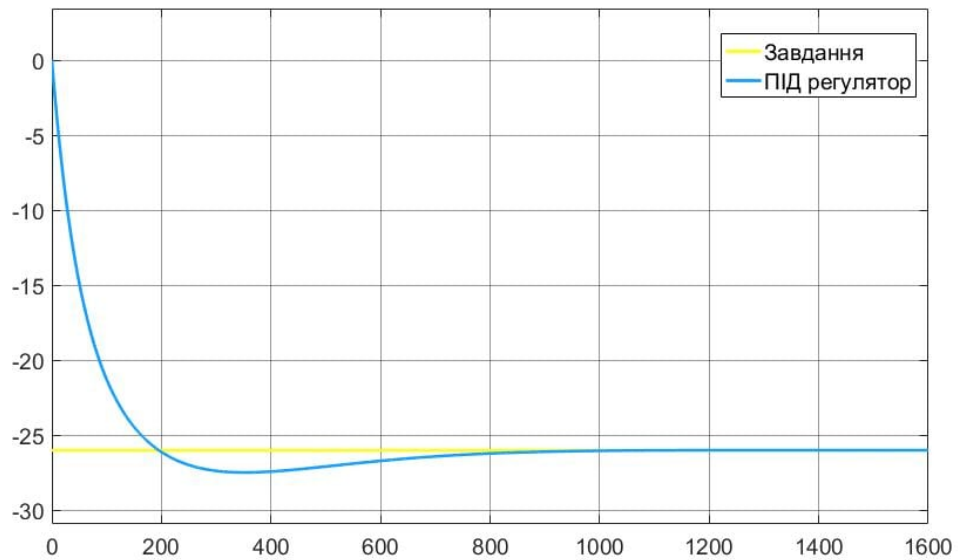


Рисунок 4.2 – Графік перехідного процесу системи із ПІД-регулятором

Далі налаштовуємо регулятор, для цього натиснемо на блок «*PIDController*», впливає вікно, що наведено на рисунку 4.11, параметри налаштування обираються автоматично.

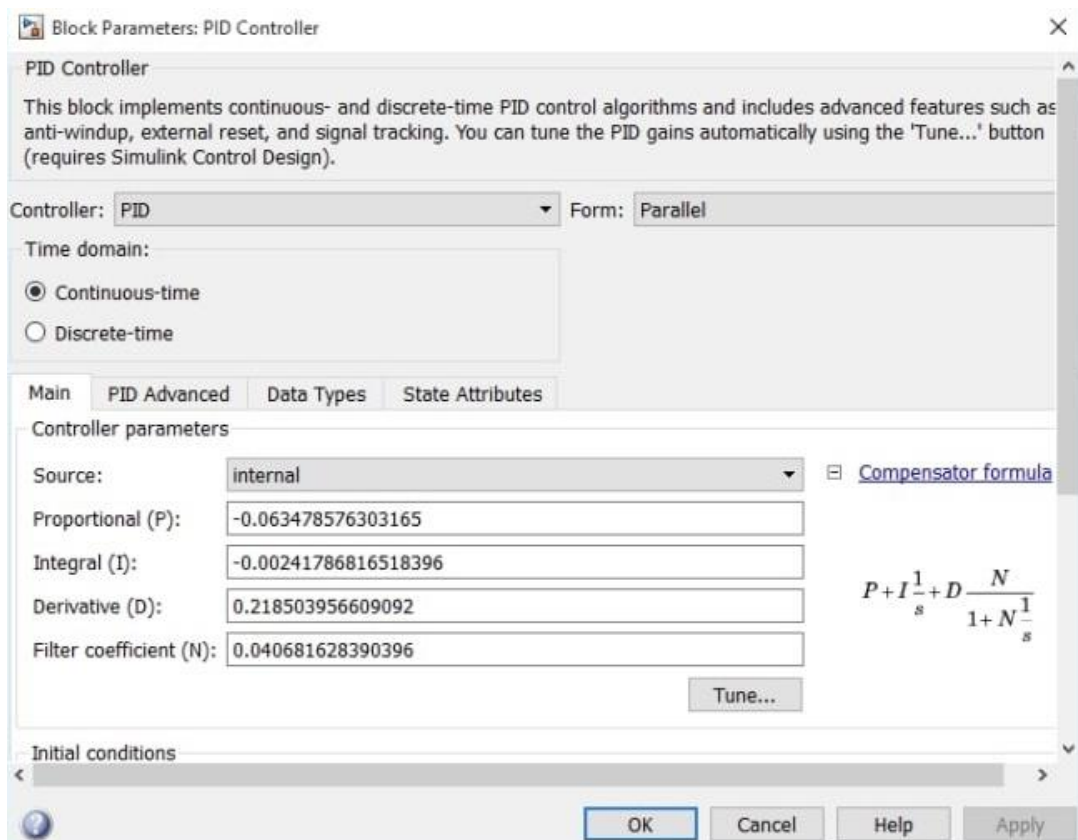


Рисунок 4.3 - Вікно налаштувань ПІД-регулятора

5. ПРОГРАМУВАННЯ КОНТРОЛЕРА МІК-51

5.1. Переваги застосування контролерів в технологічних процесах

Слово «контролер» походить від англійського «control» - управління. Контролером у системах автоматизації називають пристрій, який виконує управління усіма фізичними процесами по записаному алгоритмі з використанням інформації, отриманої від датчиків та виведеної у виконавчі механізми.

Перші контролери з'явилися у період 60-х і 70-х років в автомобільній промисловості, де використовувались для автоматизації складальних ліній. В той час комп'ютери коштували дорого, тому контролери програмувались апаратно, тому що це дешевше. Але значним недоліком було те, що для переналаштування однієї технологічної лінії на іншу потрібно фактично виготовляти нового контролера, тому потрібно було якось вирішувати цю проблему. Тому далі з'явилися контролери, алгоритм роботи їх міг бути змінений дещо простіше, а саме за допомогою схеми з'єднань реле. Ось такі пристрої і отримали назву програмовані логічні контролери (ПЛК). Трохи пізніше з'явилися ПЛК, котрі можна було програмувати на машинно-орієнтованій мові, що було значно простіше в конструктивному плані, але для цього потрібно було залучати програміста, навіть для внесення якихось незначних змін в алгоритмі управління. З цього моменту і почалась боротьба за спрощення процесу програмування контролерів, призвела до створення мов програмування високого рівня.

У 1972 році на ринку з'явилися досить потужні та дешеві ПЛК, тому ринок почав зростати за період з 1978 до 1990 років збільшився із 80 млн. до 1 млрд. доларів, а у 2002 році вже становив 1.4 млрд. У наш час ринок ПЛК продовжує зростати тільки вже не такими стрімкими темпами.

Програмовані логічні контролери використовуються практично в усіх галузях людської діяльності для автоматизації ряду процесів, у системах аварійного захисту і сигналізації, в системах охорони, в медичному обладнанні, для збору і архівування даних, у системах зв'язку, для керування космічними кораблями, для автоматизації випробувань продукції.

Контролери використовуються не лише як автономні засоби локального керування, но і в складі великих систем автоматизованого управління цілими виробництвами. На українському ринку переважають пристрої фірм: Siemens, SchneiderElectric, МІКРОЛ.

Обмеження на вартість і більша кількість цілей автоматизації призвели до неможливості створення універсального програмованого контролера. Галузь автоматизації висуває багато задач, разом з ними розвивається і ринок, на якому є сотні різноманітних пристроїв, які різняться рядом параметрів. Кожний виробник виготовляє ПЛК різних типів, вартості і потужності для збільшення прибутку за рахунок саме сегментування ринку.

5.2. Класифікація та вибір контролера

Вибір найбільш оптимального контролера для потрібної задачі базується в основному на відповідності його функціональних характеристик при умові його мінімальної вартості. Також враховуються другорядні не менш важливі характеристики такі як надійність, температурний діапазон, марка виробника. Не дивлячись на великий вибір контролерів, в їхньому розвитку помітні такі тенденції як:

- зменшення розмірів;
- розширення можливостей;
- збільшення кількості підтримуваних інтерфейсів і мереж;
- низькі ціни.

Для класифікації великої кількості промислових контролерів, розглянемо їх головні відмінності. Перший показник – кількість каналів введення – виведення, тому вони поділяються на такі групи:

- нано (до 16 каналів);
- мікро (від 16 - до 100 каналів);
- середні (до 500 каналів);
- великі (> 500 каналів).

В залежності від розташування модулів введення-виведення промислових контролерів розрізняють:

- моноблочні, у них пристрій введення-виведення не може бути видалений із ПЛК або ж замінений на інший. Конструкція промислового контролера представляє єдиний цілий корпус;

- модульні – можна змінювати. Конструктивно він представляє собою загальний кошик з модулем центрального процесора та змінними модулями введення – виведення. За вибір складу модулів, у залежності від поставлених задач відповідає проектувальник АСУ ТП;

- розподіленні, модулі введення – виведення у них винесені за межі контролера, виготовляються у спеціальних корпусах та з'єднуються з контролерами за допомогою інтерфейсів, наприклад RS-485, а також модулі можуть бути розташовані на відстані від самого контролера.

Саме для багатьох контролерів доступна можливість заміни процесорних плат, котрі мають різну продуктивність. Завдяки цьому значно розширюється коло можливостей АСУ ТП на базі промислового контролера. По способу кріплення та конструктивному виконанню промислові контролери поділяються на:

- панельні;
- DIN-рейкові;
- безкорпусні.

В залежності від областей застосування контролери поділяють на:

- загальнопромислові універсальні ;
- комунікаційні;
- спецпризначення;
- керування переміщенням і позиціонуванням.

Виходячи з наведеної класифікації, варто відмітити, що промислові контролери можуть містити або не містити введення – виведення. Прикладом контролера без модулів введення – виведення є комунікаційний контролер, він

призначений для виконання функції між мережевого шлюзу або приклад контролера, який здійснює збір даних із промислових контролерів.

В магістерській дисертації ми розглядаємо промисловий контролер МІК-51 та його можливості ПІД-регулятора. МІК-51 це компактний малоканалний багатофункціональний мікропроцесорний контролер з великою продуктивністю, він має вигляд маленької коробочки рис.5.1., дозволяє вибрати набір потрібних модулів та блоків згідно числу і виду сигналів. У контролерах присутня розвинена система обміну інформацією між собою, їх можна поєднати у локальну чи розподілену виконавчу мережу. Також в мережі вони можуть обмінюватись інформацією з комп'ютером. Саме за використання функції обміну інформацією між приборами значно зменшується інформаційне навантаження на мережу.



Рисунок 5.1 – Контролер МІК-51

5.3. Програмування контролера

Програмування МІК-51 здійснюється за допомогою кнопок передньої панелі або по інтерфейсу спеціального програмного забезпечення – візуального редактора FBD-програм АЛЬФА. FBD реалізований як мова функціональних блокових діаграм Function Block Diagram. Сама система програмування реалізована у відповідності з вимогами стандарту. Редактор FBD-програм має вбудований відлагоджувач програм, систему логічного контролю стану

програми, можливості документації програм, друку, представлення таблиці у вигляді таблиці.

МК-51 має бібліотеку функціональних блоків, яких достатньо для того, щоб вирішувати досить складні задачі автоматичного регулювання і логіко-програмного управління. Тому бібліотека функціональних блоків поділена на наступні розділи:

- Функціональні блоки введення-виведення;
- Математичні функціональні блоки;
- Логічні функціональні блоки: логічне «І», «АБО» виключне «АБО», тригер, регістр;
- Функціональні блоки керування програмою: обмеження, обмеження швидкості, перемикач по номеру, мінімум, максимум, затримка, екстремум, компаратор, таймер, лічильник, мультівібратор;
- Функціональні блоки керування технологічним процесом: фільтр, кусково-лінійна функція, уставка часу, програмний задатчик, лінійна зміна параметру, аналоговий регулятор, каскадний регулятор, імпульсний регулятор, панель користувача.
- Функціональні блоки дельта-регуляторів: аналогові та імпульсні регулятори з розширеними функціями, дельта-регулятор.

Будемо розглядати блок PID(60), він представляє собою звичайний аналоговий ПД-регулятор, який може працювати в чотирьох режимах: ручному, локальному, каскадному, при використанні двох таких блоків, а також в режимі слідкуючого управління.

Зазначений контур призначений для побудови контурів ПД-регулювання з використанням аналогових виконавчих механізмів і має такі додаткові можливості як:

- Формування безпечного впливу на виході регулятора по зовнішній команді;

- 4 режими роботи: ручний, локальний, каскадний, слідкуючий – автоматично спостерігає за значенням виходу блока для подальшого переходу в другий режим роботи;

- функцію корекції сигналу неузгодженості.

Параметри функціонального блоку показано на рисунку 5.2.

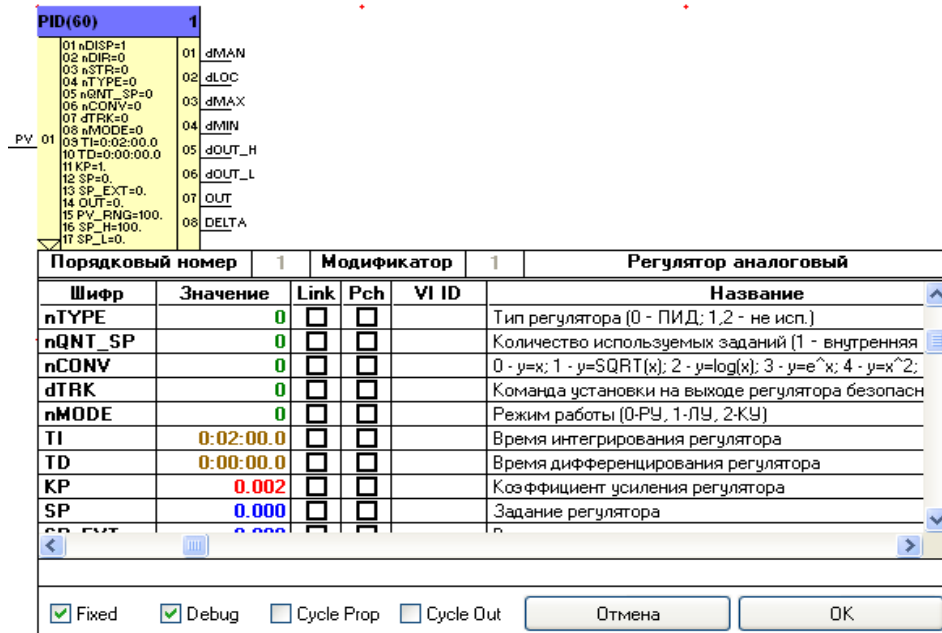


Рисунок 5.2 – Вікно програмування контролера

Таблиця 5.1 – Опис налаштовуваних параметрів

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	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
03	nSTR	0 / 1		Структура регулятора
04	nTYPE	0, 1, 2		Тип регулятора (0 – ПИД; 1,2 – не використовуються)
05	SP_Q	1, 2		Кількість використовуваних завдань
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5		$y=x$ $y=\log$ $y=e^X$ $y=x^2$ $y=1/x$
07	dTRK	0 / 1		Команда установки на виході регулятора безпечного значення впливу
08	nMODE	0, 1, 2		Режим роботи
09	TI	Час		Час інтегрування
10	TD	Час		Час диференціювання
11	KP	Дійсне		Коефіцієнт підсилення
12	SP	Дійсне		Завдання регулятора
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
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
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
Виходи				
01	dMAN	0 / 1		Стан регулятора
02	dLOC	0 / 1		Використовувана задана точка
03	dMAX	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром
04	dMIN	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MIN
05	dOUT_H	0 / 1		Вихід регулятора обмеження по верхньому значенню
06	dOUT_L	0 / 1		Вихід регулятора обмеження по нижньому значенню
07	OUT	Дійсне		Аналоговий вихід регулятора
08	DELTA	Дійсне		Розузгодження регулятора у %

З таблиці 5.1 видно, що МІК має велику кількість параметрів, котрі ми можемо налаштувати для нормальної роботи системи, але найголовніші це – параметри 09 TI, який відповідає за час інтегрування регулятора, 10 TD – час диференціювання регулятора, 11 Kp – коефіцієнт підсилення, 12 SP – завдання регулятора. Контур контролю для холодильника в програмному середовищі АЛЬФА буде мати вигляд:

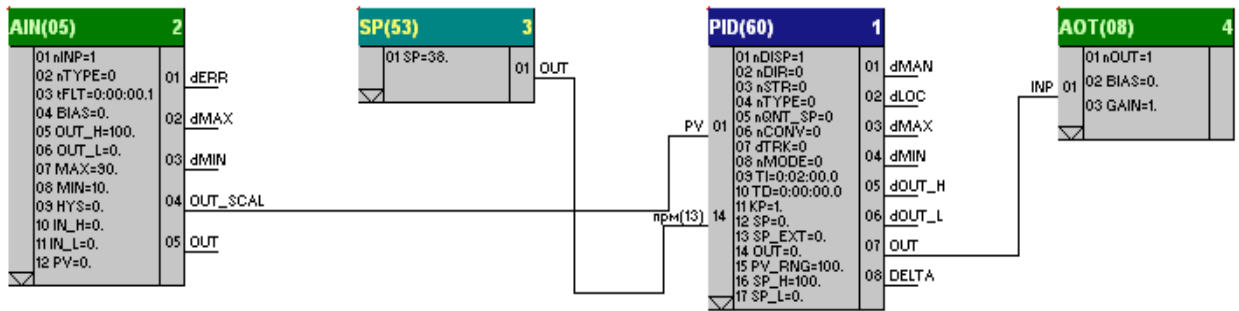


Рисунок 5.3 –Контур контролю для холодильника

Якщо зобразити контур наглядніше, то він буде мати такий вигляд:

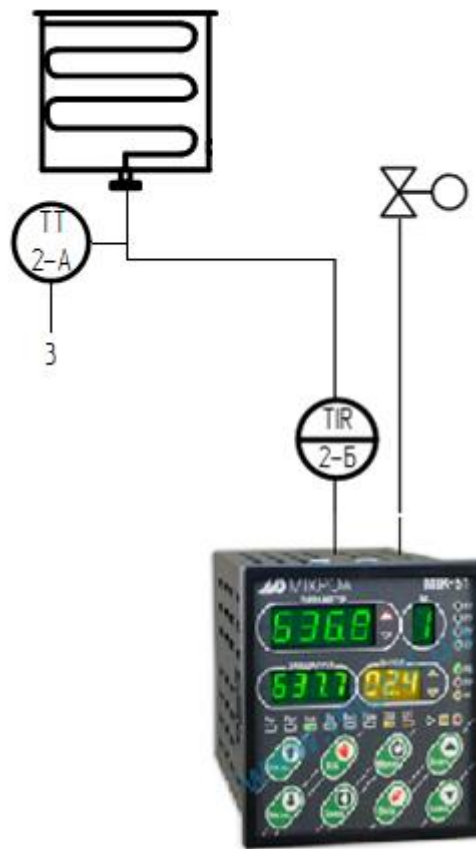


Рисунок 5.4 – Контур керування

Отже, такий вигляд буде мати контур керування холодильником газу у разі використання мікропроцесорного контролера МІК-51.

6. РОЗРАХУНОК РЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

6.1. Основні поняття та принципи побудови нейронних мереж

Штучні нейронні мережі виникли на основі знань про функціонування нервової системи живих організмів. Вони представляють собою спробу використання процесів, що відбуваються в нервових системах для створення нових технологій і рішень. Нервова клітина або коротко нейрон є основним елементом нервової системи. Вивчення механізмів функціонування окремих нейронів і їх взаємодії принципово важливо для пізнання процесів, які відбуваються в нервовій системі: пошук, передача і обробка інформації. Тому необхідно побудувати і вивчити модель біологічного нейрона.

Як і у будь якої іншої клітини, нейрон має тіло зі стандартним набором органел, що називається сома, всередині, якого розташоване ядро. Із соми нейрона виходить велика кількість відростків, що відіграють ключову роль в його взаємодії з іншими нервовими клітинами. Можна виділити два типи відростків: тонкі дендрити і більш товсті та розгалужені дендрити. Вхідні сигнали поступають через синапси, тоді як вихідний сигнал відводиться аксоном через його чисельні відростки. Очевидно, що синапси, котрі підключають до клітини виходи інших нейронів можуть знаходитись як на дендритах, так і безпосередньо на тілі клітини.

Синапси відрізняються один від одного розмірами і можливостями концентрації нейромедіатора поблизу своєї оболонки. По цій причині імпульси однакової величини, що поступають на входи нервової клітини через різні синапси можуть збуджувати її по-різному. Мірою збудження клітини вважається рівень поляризації її мембрани, який залежить від сумарної кількості нейромедіатора, виділеного на всіх синапсах. Тому зі сказаного раніше зрозуміло, що кожному входу клітини можна зіставити числові коефіцієнти, пропорційні кількості нейромедіатора. В математичній моделі нейрона вхідні сигнали повинні множитись на ці коефіцієнти, щоб коректно врахувати вплив кожного сигналу на стан нервової клітини. В результаті надходження вхідних імпульсів на конкретні синапси і вивільнення відповідної

кількості нейромедіатора відбувається певне електричне збудження нервової клітини.

Кількість взаємодіючих одна з одною нервових клітин надзвичайно велика. Вважається, що людський мозок містить близько 10^{11} нейронів, кожен з яких виконує відносно примітивні функції сумування вагових коефіцієнтів вхідних сигналів і порівнюють отриману суму з критичним значенням.

Велика кількість нейронів та їх зв'язків приводить до того, що помилка в спрацюванні окремого нейрона залишається незамітною в загальній картині. Нейронна мережа проявляє велику стійкість до перешкод – це «стабільна» мережа, в якій окремі окремі неполадки суттєво не впливають на результати її функціонування. Це і є головною відмінністю нейромереж від звичайних систем, створених людиною. Варто відзначити, що ні одна сучасна технологія не дозволяє побудувати штучну мережу, схожу по масштабах до нейронної мережі мозку. Але вивчення та копіювання біологічних нервових систем дозволяє надіятись на створення нового покоління електричних приладів, що будуть мати такі ж характеристики.

Другою важливою особливістю нервових систем є висока швидкість їх функціонування, не дивлячись на відносно тривалий період спрацювання кожної окремої клітини, що вимірюється в мс. Вона досягається завдяки паралельній обробці інформації в мозку з великою кількістю нейронів, з'єднаних зв'язками.

Будь яка нейронна мережа використовується в якості самостійної системи представлення знань, що виступає, як правило, в якості одного із компонентів системи керування чи модуля прийняти рішень, який передає результуючий сигнал на другі елементи, не пов'язані безпосередньо із самою штучною нейронною мережею. Всі функції нейромережі можна поділити на декілька груп: апроксимація, інтерполяція, розпізнавання і класифікація образів, стиснення даних, прогнозування, ідентифікація, управління, асоціації.

Для класифікації та розпізнавання образів мережа вивчає їх найголовніші властивості. В процесі навчання виділяються ознаки, що відрізняють образи один від одного, які будуть формувати базу для прийняття рішень про віднесення їх до відповідних класів.

При вирішенні задач прогнозування роль мережі полягає в передбаченні майбутньої реакції системи по існуючій поведінці.

Володіючи інформацією про значення змінної x в попередні моменти часу, $x(k-1)$, $x(k-2)$, ..., $x(k-N)$, мережа виробляє рішення, яким буде найбільш ймовірне значення послідовності $x(k)$ в поточний момент часу. Для адаптації вагових коефіцієнтів мережі використовується фактична похибка прогнозування $e = x(k) - \hat{x}(k)$ і значення цієї похибки в попередні моменти часу.

При вирішенні задач ідентифікації та управління динамічними процесами нейромережа, як правило, виконує декілька функцій. Вона представляє собою нелінійну модель цього процесу, яка забезпечує генерування відповідного керування. Мережа також виступає в ролі наглядової системи і адаптується до всіх змін навколишнього середовища.

В задачах асоціації нейронна мережа відіграє роль асоціативного запам'ятовуючого пристрою. Якщо на вхід мережі подається неструктурований вектор, то мережа може його відновити оригінальний і очищений від шумів і згенерувати при цьому повну версію асоціативного з ним вектора.

Також дуже важливою властивістю нейронних мереж, що вказує на великий потенціал і широкі прикладні можливості полягає в паралельній обробці інформації одночасно усіма нейронами. Завдяки цій здатності при великій кількості міжнейронних зв'язків досягається значне пришвидшення процесу обробки інформації. В багатьох ситуаціях стає можливою обробка сигналів в реальному часі. Велика кількість міжнейронних зв'язків приводить до того, що мережа стає нечутливою до помилок, які виникають на окремих проміжках. Інша не менш важлива властивість мережі полягає в можливості навчання. Так як нейронна мережа наділена рисами штучного

інтелекту. Навчена на обмеженій кількості вибірок вона узагальнює накопичену інформацію і формує очікувану реакцію.

Штучні нейронні мережі характеризуються тим, що містять адаптивні ваги вздовж шляхів між нейронами, які можуть бути налаштовані за допомогою алгоритму навчання, який вивчає дані, що спостерігаються, для вдосконалення моделі. На додаток до самого алгоритму навчання, потрібно вибрати відповідну функцію активації. Функція активації - це те, що використовується для вивчення оптимального рішення вирішуваної проблеми. Це передбачає визначення найкращих значень для всіх параметрів моделі, що регулюється, при цьому основними цілями є адаптивні ваги нейронних шляхів, а також параметри налаштування алгоритму, такі як швидкість навчання. Зазвичай це робиться за допомогою таких методів оптимізації, як градієнтний спуск або стохастичний градієнтний спуск. Ці методи оптимізації намагаються зробити рішення нейронної мережі максимально наближеним до оптимального рішення, що в разі успіху дасть можливість вирішити задуману проблему з високою продуктивністю.

Архітектурно штучна нейронна мережа моделюється з використанням шарів штучних нейронів або обчислювальних одиниць, здатних отримувати вхідні дані та застосовувати функцію активації разом із порогом, щоб визначити, чи передаються повідомлення. У простій моделі перший рівень - це вхідний шар, за ним йде один прихований шар і, нарешті, вихідний шар. Кожен шар може містити один або кілька нейронів. Моделі можуть ставати дедалі складнішими, а при збільшенні можливостей абстрагування та вирішення проблем за рахунок збільшення кількості прихованих шарів, кількості нейронів у кожному даному шарі або кількості шляхів між нейронами. Підвищена ймовірність переобладнання також може мати місце при збільшенні складності моделі. Тому, архітектура та настройка моделей є основними компонентами методів нейронних мереж, на додаток до власне самих алгоритмів навчання. Усі ці характеристики можуть мати значний вплив на продуктивність нашої моделі.

Крім того, моделі характеризуються і регулюються функцією активації, яка використовується для перетворення зваженого вхідного сигналу нейрона в його вихідну активацію. Існує багато різних типів перетворень, які можна використовувати як функцію активації.

Абстракція вихідних даних в результаті перетворень вхідних даних через нейрони та шари є формою розподіленого представлення, на відміну від локального подання. Значення, представлене одним штучним нейроном, наприклад, є формою місцевого представлення. Сенс усієї мережі є формою розподіленого представлення через безліч перетворень між нейронами та шарами. Варто зазначити, нейронні мережі надзвичайно потужні, але вони також можуть бути дуже складними і вважатись алгоритмами чорного ящика, а це означає, що їх внутрішню роботу дуже важко зрозуміти та пояснити.

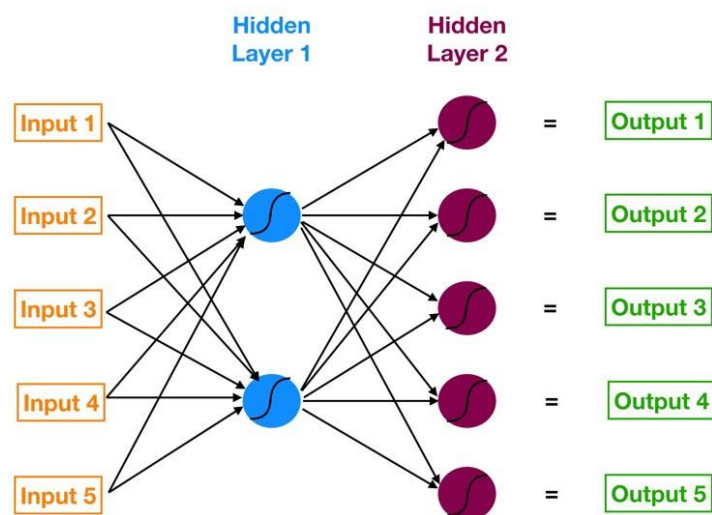


Рисунок .6.1 – Схема нейронної мережі

Серед всіх цікавих властивостей нейронних мереж найбільше вражає їх здатність до навчання. Цей процес дуже сильно схожий на процес інтелектуального розвитку людської особистості і навіть може здаватись, що досягнуте велике розуміння цього процесу. Але це не так, тому що можливості навчання нейронних мереж обмежені і потрібно вирішити багато складних задач, щоб вирішити чи на правильному шляху ми знаходимось.

Мережа навчається, щоб для деякої кількості входів давати бажаний результат на виході. Кожна така вхідна множина розглядається як вектор.

Навчання відбувається шляхом послідовного підбору вхідних векторів разом із одночасним налаштуванням ваг відповідно до певної процедури. В процесі навчання ваги мережі стають такими, щоб кожний вхідний вектор виробляв вихідний сигнал.

Розрізняють алгоритми навчання з учителем і без. Навчання з учителем передбачає, що для кожного вектору існує цільовий вектор, що представляє собою потрібний вихід. Разом вони отримали назву навчальна пара. Зазвичай мережа навчається на деякій кількості таких навчальних пар. Пред'являється вхідний вектор, обчислюється вихід мережі і порівнюється із відповідним цільовим вектором, а помилка за допомогою зворотного зв'язку подається в мережу при цьому ваги змінюються відповідно до алгоритму та прагнуть мінімізувати помилку. Незважаючи на численні прикладні досягнення, навчання з учителем критикувалось за його біологічну неправдоподібність. Важко уявити навчальний механізм в мозку, який би порівнював бажані і дійсні значення виходів, виконуючи корекцію за допомогою зворотного зв'язку. Якщо допустити подібний механізм в мозкові, то звідки тоді виникають потрібні виходи? Тому навчання без учителя є більш правдоподібною моделлю в біологічній системі. Розвинута Кохреном і багатьма іншими у ній немає потреби в цільовому векторі для виходів і відповідно не потребує порівняння із зумовленими ідеальними відповідями. Навчальна множина складається лише із вхідних векторів. Навчальний алгоритм підлаштовує ваги так, щоб ми отримували тільки узгоджені вихідні вектори, тобто щоб підстановка достатньо близьких вхідних векторів давала однакові виходи. Процес навчання, відповідно, виділяє статичні властивості навчальної множини і групує вектори в класи. Представлення на вхід вектору з цього класу дасть певний вихідний вектор, але до навчання неможливо передбачити який вихід буде формуватись цим класом. Тобто, виходи подібної мережі повинні трансформуватись в деяку зрозумілу форму, обумовлену процесом навчання. Це не є серйозною проблемою, зазвичай неважко ідентифікувати зв'язок між входом і виходом.

6.2. Переваги використання нейронних мереж

Виробництво ацетилену – складний технологічний процес, в якому задіяна велика кількість різного обладнання. АСУТП в процесі виробництва ацетилену здійснюється за використання численних інформаційних даних про технологічний процес, що постійно змінюються.

В сучасних системах керування застосовують мікропроцесорну техніку, робота якої базується на інтелектуальних і комп'ютерно-інтегрованих системах управління процесом одержання ацетилену. Для отримання ефективної системи управління необхідна інформація про об'єкт дослідження, в нашому випадку – це холодильник газу. Системний підхід до розвитку виробництва ацетилену разом з покращенням технологій і обладнання зумовлює і обов'язкове використання засобів автоматизації.

Автоматизація процесу одержання ацетилену забезпечує якісну і ефективну роботу всіх технологічних ділянок виробництва тільки за допомогою комплексного підходу до рішення цієї задачі.

При побудові системи керування системи керування локальними технологічними процесами на даний момент широко використовуються ПІ- та ПІД-регулятори. Простота і висока надійність стали основними факторами широкого використання зазначених регуляторів. Налаштування ПІД-регулятора для керування холодильником газу здійснюється шляхом задання усіх трьох параметрів: пропорційного, інтегрального та диференційного коефіцієнтів.

Але незважаючи на усі переваги, ПІД-регулятори мають і суттєві недоліки, найбільшим з яких є необхідність ручного переналаштування параметрів при зміні параметрів об'єкта чи зовнішніх збурень. Крім того алгоритми оцінювання якості роботи також не ідеальні. Наприклад метод Циглера-Нікольса чутливий до шумів, оскільки його оцінки базуються на результатах експериментів з розімкненою системою керування.

Все зазначене стало причиною розвитку адаптивного управління, основна ідея якого полягає в зміні параметрів регулятора в залежності від критерію

оптимальності замкнутої системи. Слід зазначити, що більшість реальних виробничих систем характеризуються нелінійними залежностями, важкими для моделювання, наявністю неконтрольованих шумів, що перешкоджають реалізації традиційних стратегій керування, так як сучасна теорія адаптивного і оптимального керування базується на ідеї лінеаризації систем. Основним недоліком адаптивних систем є те, що більшість алгоритмів адаптації отримані без врахування неконтрольованих збурень і при можливості визначення всіх параметрів об'єкта в процесі ідентифікації. Крім того, практично всі алгоритми адаптації дієздатні лише тоді, якщо виконується гіпотеза квазістаціонарності об'єкта керування впродовж часу налаштування регулятора, а також відсутні зникаючі збурення. Варто зазначити, що існуючі алгоритми адаптації досить важкі в реалізації і сам процес адаптації зазвичай займає дуже багато часу.

На відміну від адаптивних систем керування інтелектуальні системи керування здатні до навчання і розуміння у відношенні до об'єктів керування, збурень, навколишнього середовища та умов роботи.

В основі створення інтелектуальних систем управління лежать два принципи: ситуаційне управління (на основі аналізу зовнішніх ситуацій на подій) і використання сучасних інформаційних технологій обробки знань. Інтелектуальні технології відрізняються між собою насамперед тим, що покладено в основу: здатність працювати з формалізованими знаннями людини (експертні системи, нечітка логіка) або притаманні людині методи навчання і мислення (штучні нейронні мережі та генетичні алгоритми).

Структурно інтелектуальні системи включають додаткові блоки, що виконують функцію системної обробки знань на основі названих вище інформаційних технологій. Ці блоки можуть виконуватись як надбудова над звичайним регулятором, налаштовуючи потрібним чином його параметри або безпосередньо включатись в замкнений контур керування. Нейромережеві системи керування – системи, в яких використовується архітектура штучних нейронних мереж і їх здатності до навчання. Штучні нейронні мережі є досить цікавою альтернативою класичним методам ідентифікації і управління нелінійними системами. Так як для практичного застосування алгоритмів

управління необхідно, щоб вони були адаптивними, стійкими, нелінійними, а також простими для реалізації та розуміння.

Саме тому широкого застосування в задачах керування набули саме штучні нейронні мережі з описаними вище властивостями. Будучи альтернативою традиційним методам управління, нейромережеве керування базується на застосуванні повністю визначених ШНМ для одержання потрібних сигналів керування.

Таким чином, нейромережева технологія керування дозволяє подолати багато труднощів, що виникають при роботі з нелінійними об'єктами чи з об'єктами невідомої структури, які не можна розв'язати використовуючи звичні методи адаптивного керування. Крім того, здатність до навчання дозволяє використовувати нейромережеві регулятори навіть в умовах істотних невизначеностей. Так як штучні нейронні мережі можна навчати це дозволяє використовувати нейрорегулятори навіть в умовах суттєвих невизначеностей, а висока степінь забезпечує високу швидкодію і надійність цих регуляторів.

Налаштування наслідувального нейрокерування

Схема реалізації генерації вибірок, створена в Simulink

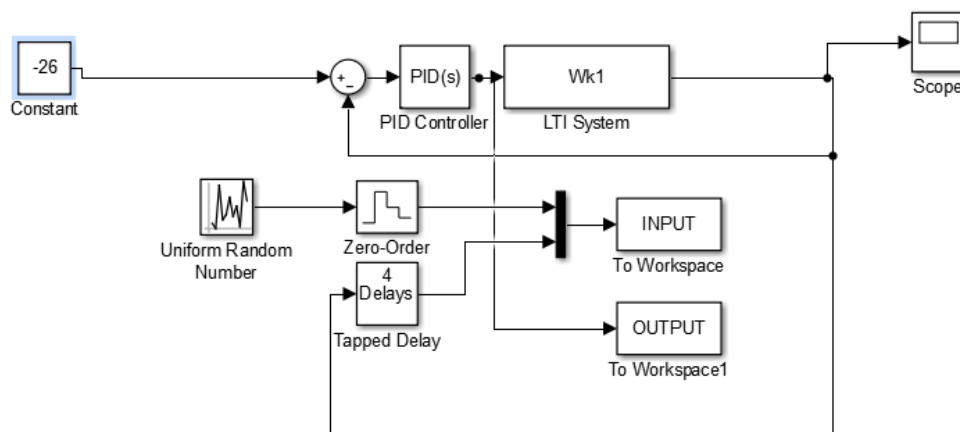


Рисунок 6.2. Схема для генерації навчальних вибірок

Наступним кроком нам потрібно навчити нейронну мережу по наших вибірках. Пишемо команду «nntool» відкривається вікно для роботи з нейронною мережею NNTool, зображене на рисунку 6.3

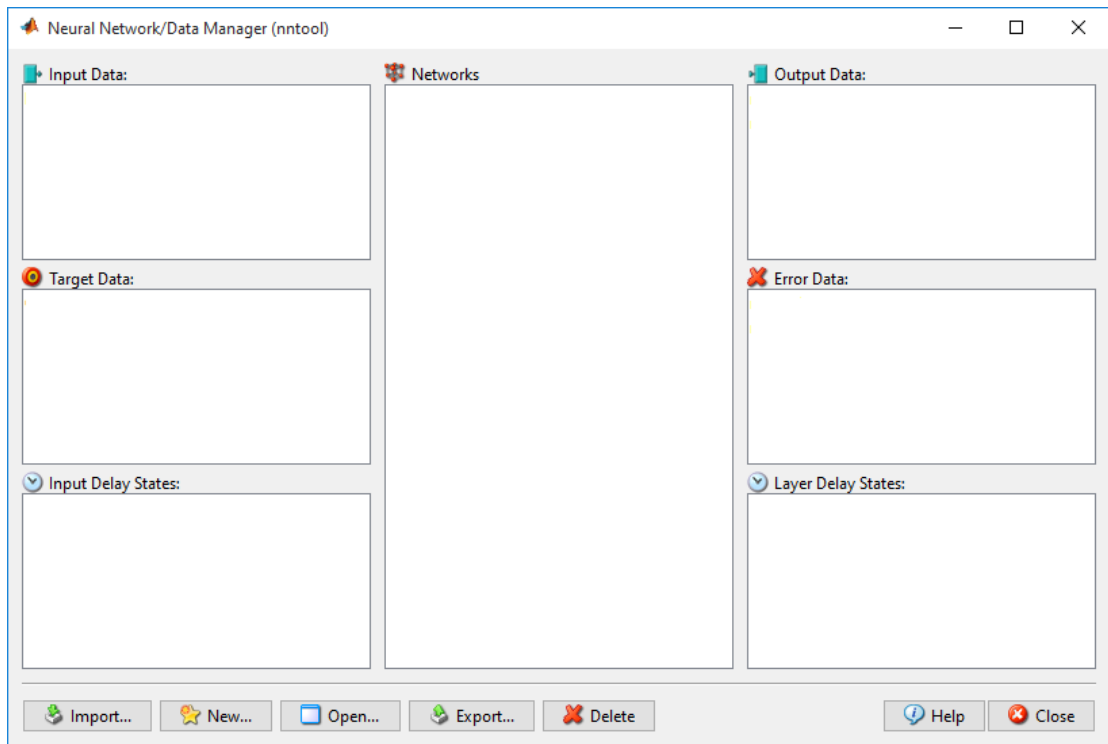


Рисунок 6.3. Вікно NNTool

Перед тим як завантажити дані, необхідно транспонувати масиви Input та Output. Для цього в діалоговому вікні NNtool потрібно натиснути Import, після цього з'явиться вікно зображене на рисунку 6.4

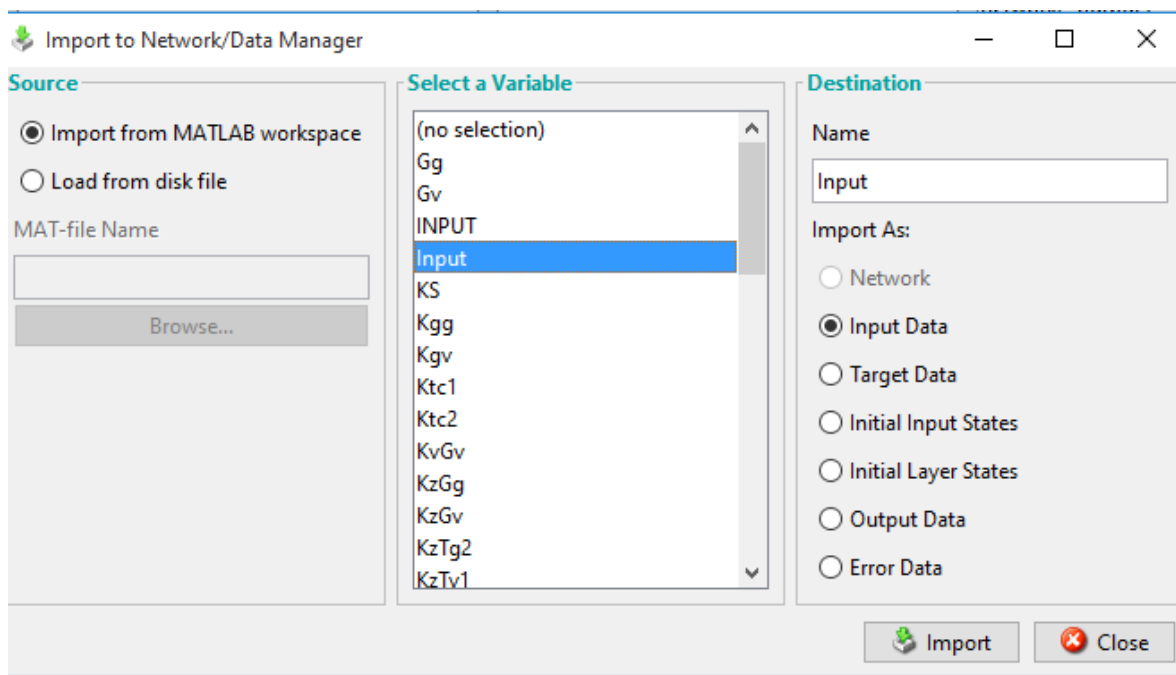


Рисунок 6.4. Завантаження вхідних даних в NNTool

При завантаженні наших даних в масив Input вибираємо Input, аналогічним робимо так само для Output, перед цим обравши Target Data.

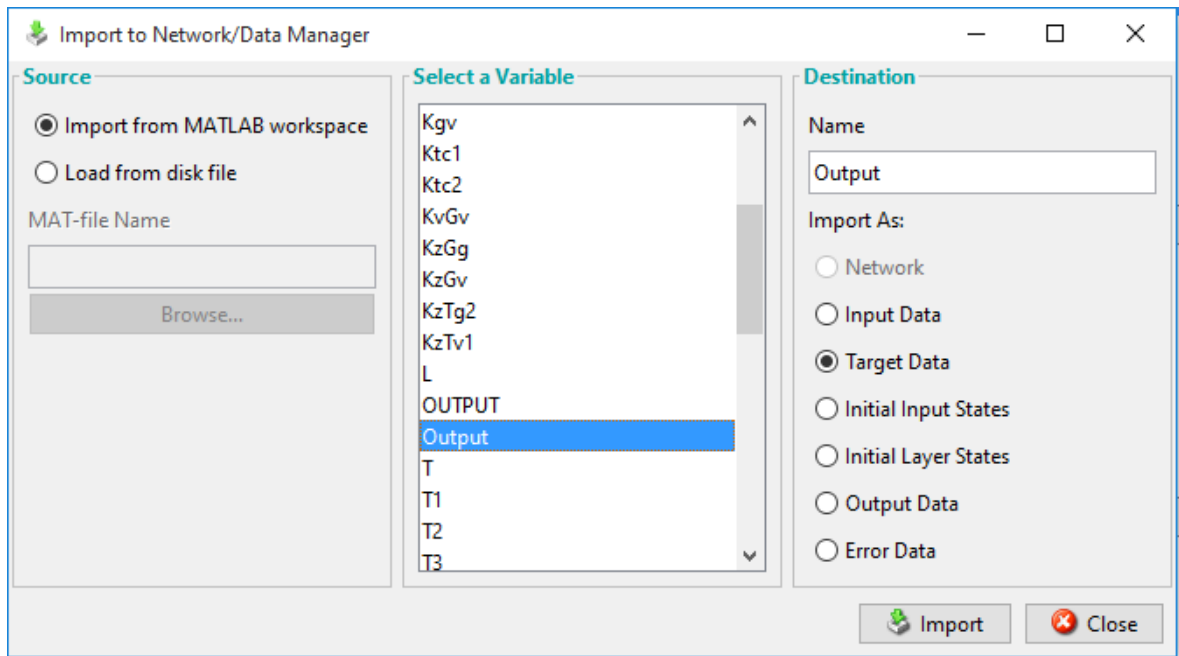


Рисунок 6.5. Вікно імпорту вектору цілей в NNTool

Для створення нової нейромережі натискаємо New в головному вікні NNTool. Наступним кроком обираємо тип нашої мережі (Network Type) та вхідні і вихідні масиви значень, вибираємо потрібну функцію тренування мережі (Training function), кількість шарів та нейронів для кожного з них, відповідно (Number of Layers та Number of Neurons) і також не забуваємо про функцію активації (Transfer Function)

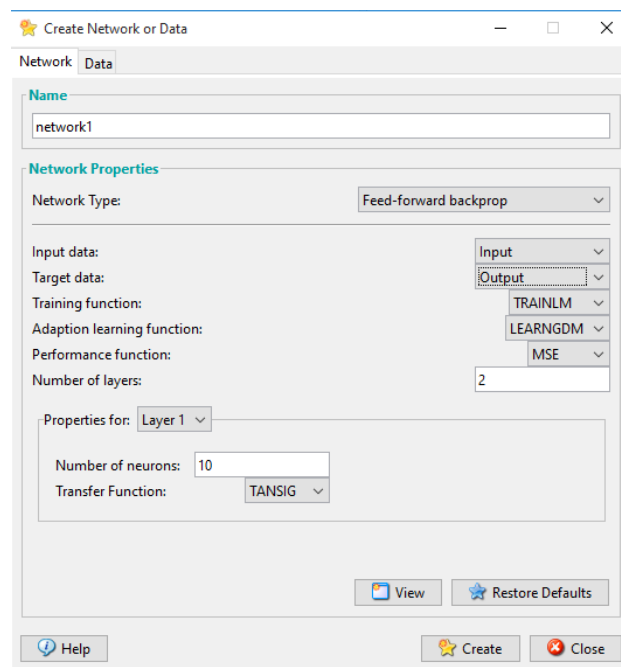


Рисунок 6.6. Вікно створення нейронної мережі

Після того як ми натиснули Create, створюється наша нейронна мережа, яку потрібно навчити, натиснувши Train, зображену на рисунку 6.7.

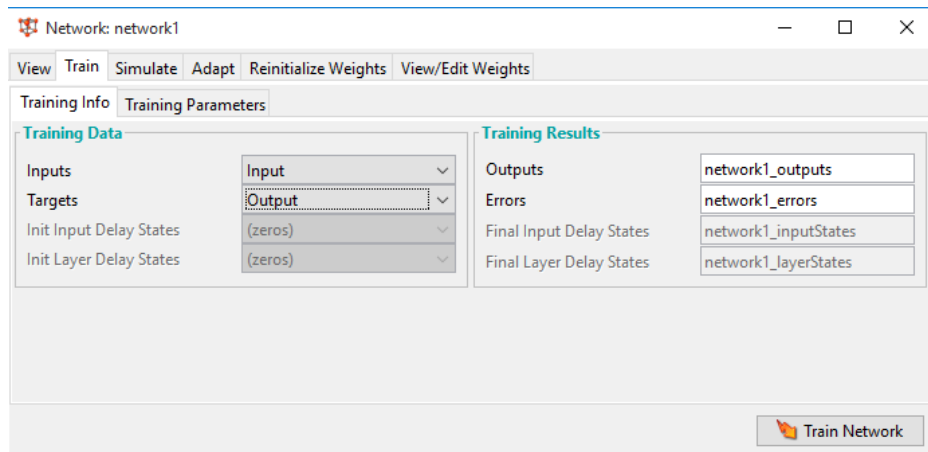


Рисунок 6.7. Тренування мережі

Далі у нас відкривається вікно, в якому ми бачимо структуру нашої нейромережі та можемо спостерігати за прогресом навчання. Рисунок 6.8

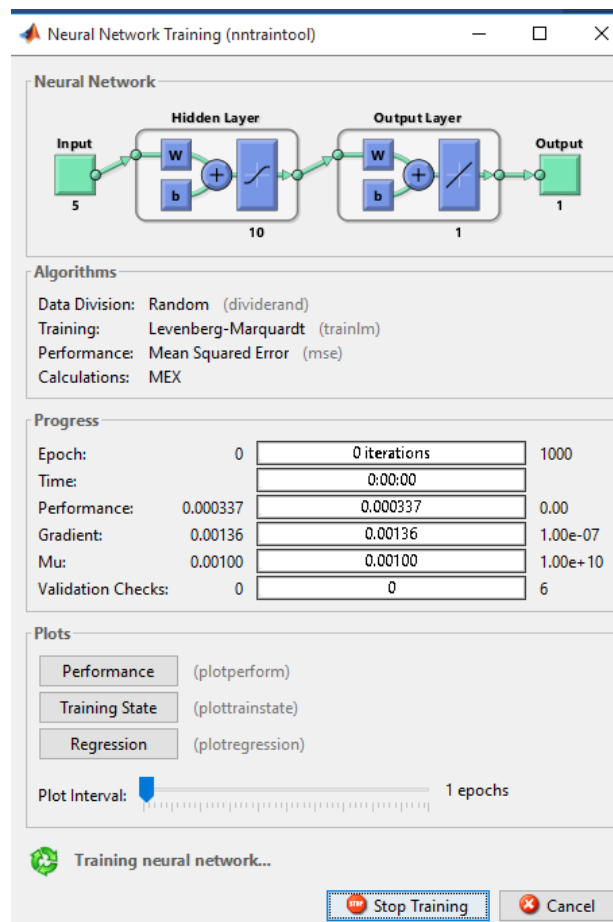


Рисунок 6.8. Навчання нейронної мережі

Тепер нам потрібно експортувати вже навчену нейромережу в робочий простір Матлабу. Натискаємо Export, тим самим викликаємо діалогове вікно, наведене на рисунку 6.9.

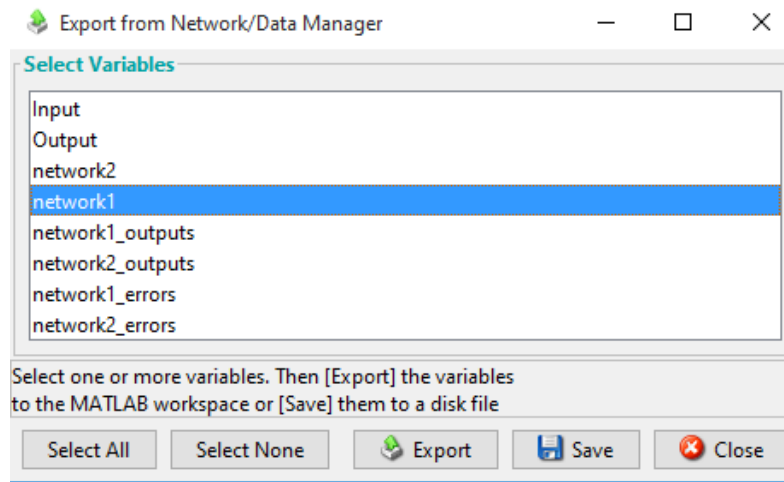


Рисунок 6.9. Експорт мережу у Workspace

І вже з Матлабу, використовуючи блок NNET вбудовуємо навчену нейронну мережу до нашої системи керування з холодильником газу так, як зображено на рисунку 6.10.

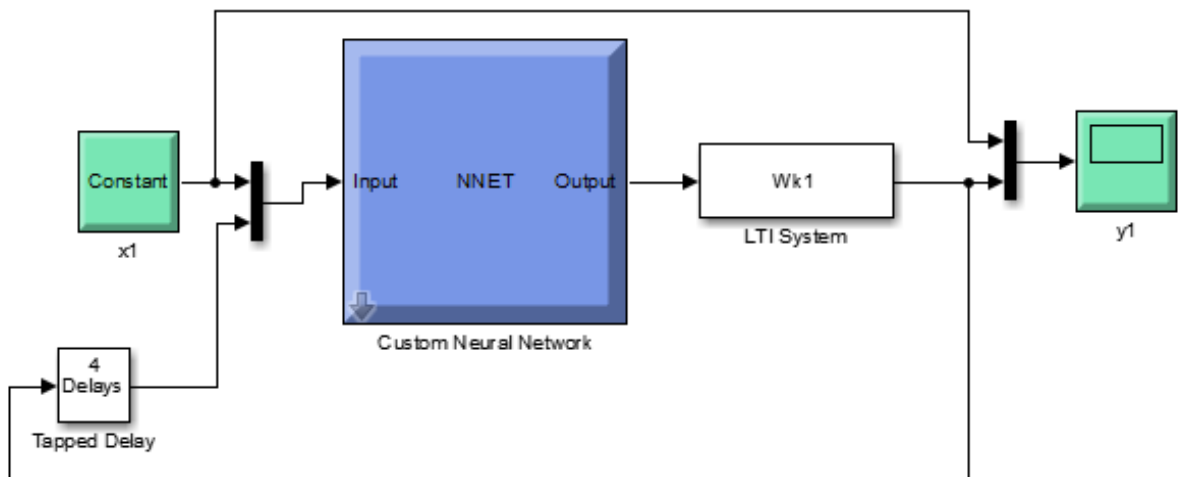


Рисунок 6.10. Система з наслідувальним нейрокеруванням

Результат роботи системи з наслідувальним нейрокеруванням підігрівача показано на рисунку 6.11.

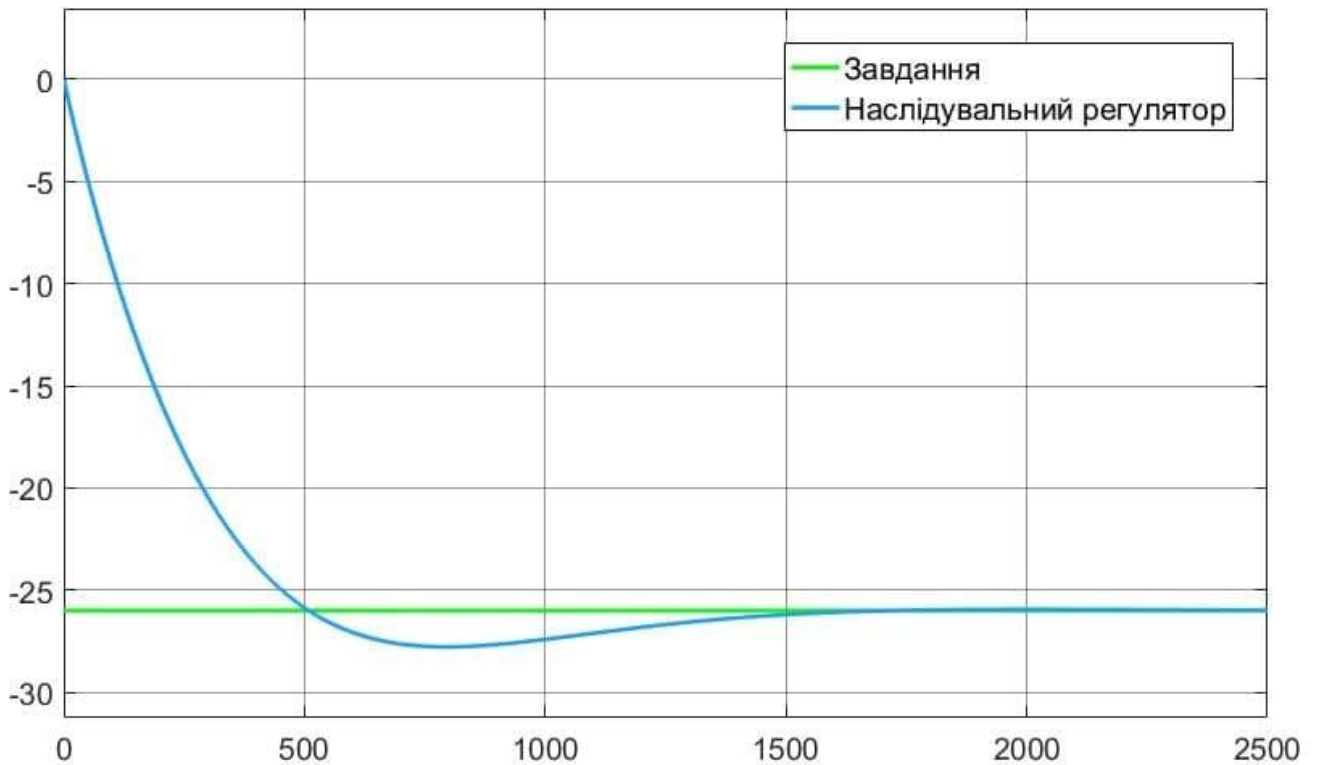


Рисунок 6.11. Графік переходного процесу системи за наслідувальним регулятором

6.3. Синтез інверсійного нейрмережевого регулятора

Для синтезу інверсного нейррегулятора необхідно побудувати схему, зображену на рисунку 4.16 та створити навчальну вибірку. Вихідні сигнали дискретизуються і записуються в масив *OUTPUT*, а сигнали на вході нейрмережі – у масив *INPUT*.

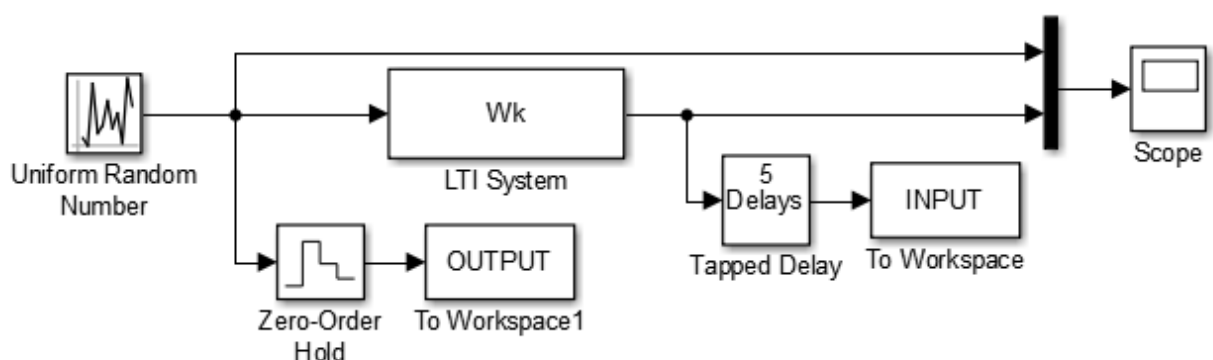


Рис. 4.12. Схема для генерування навчальної вибірки інверсної нейрмережі

Провівши навчання та генерацію інверсної нейрмережі аналогічно попередньому розділу, ми синтезували систему керування контактним апаратом з інверсним нейррегулятором (Рис. 4.17.).

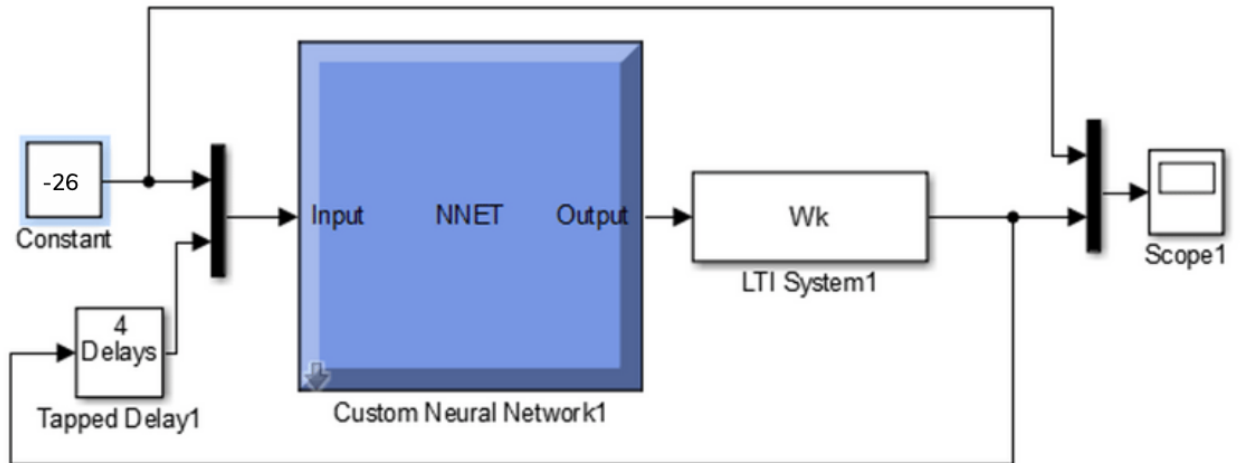


Рис. 4.13. Схема системи керування з інверсним нейрорегулятором

Графік перехідного процесу керування контактним апаратом з інверсним нейрорегулятором зображено на рисунку 4.18.

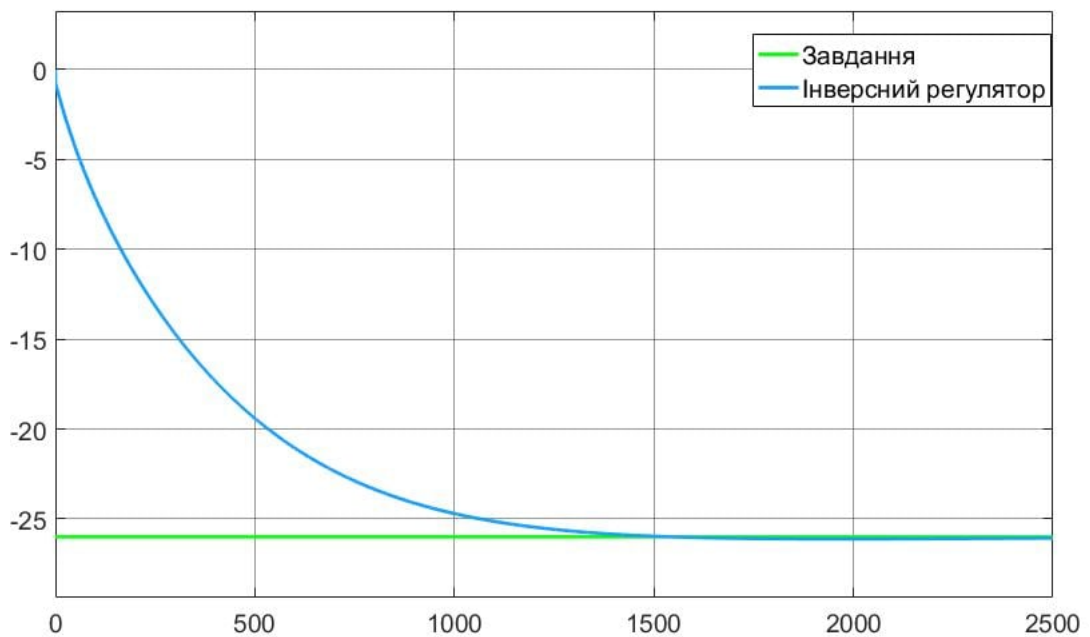


Рис. 4.14. Графік перехідного процесу керування з інверсним нейрорегулятором

6.4. Порівняння отриманих систем керування

Отримавши перехідні характеристики для систем керування з різними регуляторами, нам необхідно порівняти їх та вибрати найкращий варіант для керування холодильником. Спочатку потрібно звести всі характеристики для побудови на єдиному графіку – для цього потрібно створити схему систем

керування з побудованими регуляторами в середовищі Simulink, зображену на рисунку 4.15.

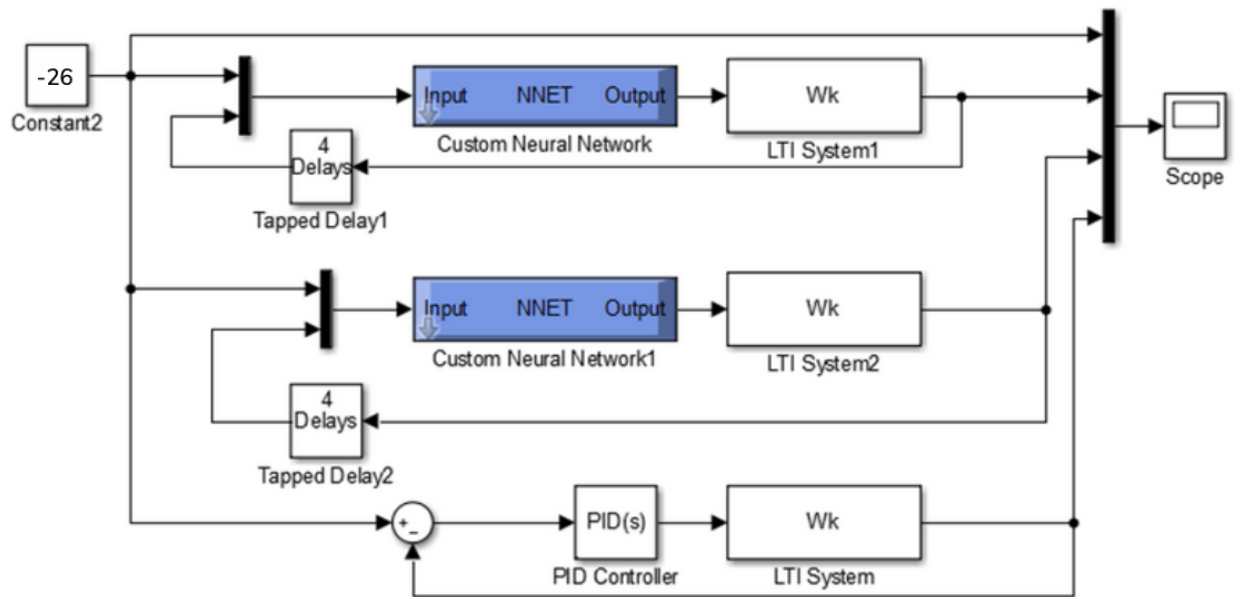


Рис. 4.15. Схема усіх систем керування з регуляторами

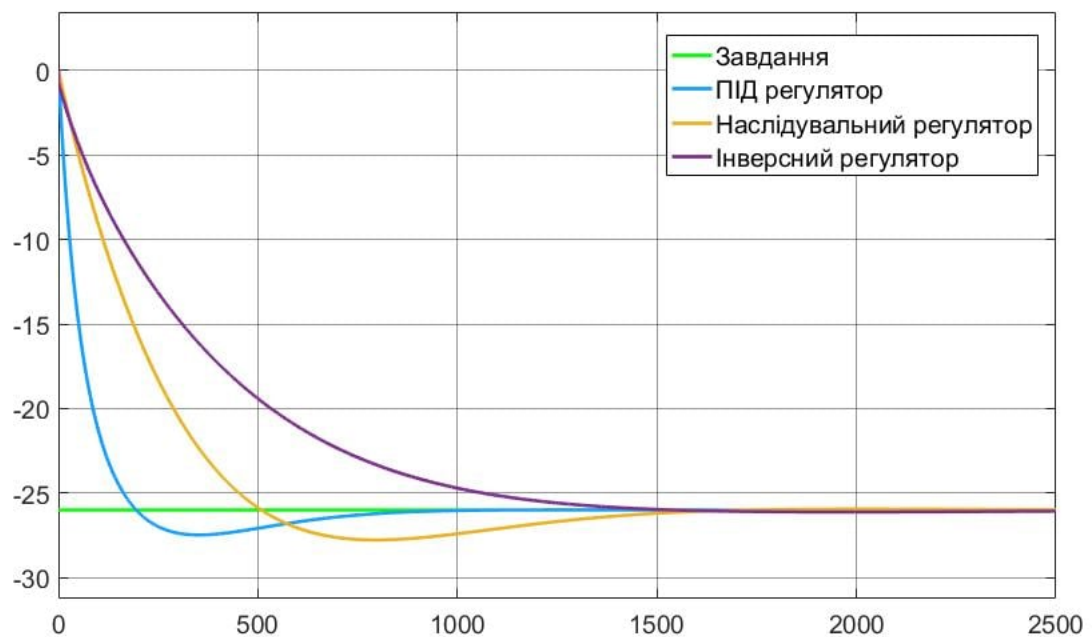


Рис. 4.16. Графік перехідних характеристик створених систем керування

На рисунку 4.16 зображено перехідні характеристики створених систем керування побудовані на єдиному графіку. Провівши візуальний аналіз, ми можемо сказати, що доцільніше використовувати ПД-регулятор, хоч ми і спостерігаємо невелике перерегулювання, але система найшвидше виходить на усталене значення.

7. СТВОРЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

Основна ідея проекту – розробка маркетингового плану співпраці виключно з іноземними компаніями. Тобто, продаж ацетилену в балонах для підприємств, яким потрібен наш продукт.

Ацетилен широко використовується для автогенного зварювання та різання металів, в ракетних двигунах, саме на ці галузі буде основний фокус.

Основною цільовою аудиторією для нашого продукту є іноземні підприємства.

Конкуренти

Підприємства та компанії, котрі виготовляють або продають ацетилен. Найбільші та найбільш конкурентоспроможні: ПАТ Кисневий завод, ТОВ Полтавський газовий завод, ПАТ Львівський хімічний завод.

Основна конкурентна перевага

Для створення плану виходу на іноземний ринок необхідно:

1. Найняти хорошого маркетолога із впевненим рівнем володіння англійської мови – 20 тис. грн.
2. Бюджет для реклами в соціальних мережах – 6 тис. грн.

Оскільки на початку запуску проекту його реалізація планується за рахунок ідейних активістів проекту, то витрати на заробітну плату є опціональними. Врахуємо витрати на ЗП – 20 тис грн. в місяць. Оскільки проект має окупити себе за 1-2 місяці то загальна витрата на ЗП складе 40 тис. грн.

Тоді, сумарна вартість запуску проекту складе приблизно 52 тис. грн.

Команда

Наша команда – група інженерів та маркетологів. Всі задачі ми вирішуємо командно, підтримуючи та доповнюючи досвід та знання один одного.

Аналіз маркетингового середовища

Товаром в нашому проекті є стратегія з покроковим планом виходу на іноземний ринок.

Аналіз внутрішнього середовища

Загальна інформація про компанію:

Історія розвитку підприємства

Метою діяльності нашої команди є створення дійсно якісного продукту, що стане невід'ємною частиною виробництва і збільшить прибуток, який отримує виробництво. Саме тому уся наша діяльність спрямована на дослідницькі заходи покращення та уточнення розробки для подальшого її впровадження на реальні підприємства.

Корпоративні стандарти

Люди і взаємодія важніше процесів та інструментів.

Ззовні можна отримати більше інформації.

Готовність до змін важливіша за дотримання вихідного плану.

Якщо ти можеш зробити більше, ніж від тебе очікували – ти правий.

Ресурси і обмеження

Найвагоміші ресурси нашої фірми – інтелектуальні, такі як знання, навички та виробничий досвід нашої команди та помічників і розроблені нами і нашими колегами патенти, бази даних, програмне забезпечення для реалізації поставлених цілей. А також інформаційні у вигляді наукових розробок попередніх дослідників та наших колег. В подальшому ми плануємо залучати фінансові ресурси у вигляді інвестицій з різних боків, технологічні у вигляді вже готових компонентів та елементів для наших систем. Основними обмеженнями є молодість та поки невідоме ім'я нашої фірми для пошуку необхідних ресурсів, яких не вистачає.

Актуальність проведення аналізу маркетингового середовища підприємства.

Маркетингова діяльність як найважливіша функція в сфері підприємництва має забезпечити стійке, конкурентоздатне положення

підприємства на ринку товарів і послуг з урахуванням стану внутрішнього і зовнішнього середовища. Маркетингові дослідження і його результати сприяють ефективній адаптації виробництва і його потенціалу до стану ринку і вимог кінцевого споживача. А для молоді, невідомої компанії дуже важливо зайняти своє правильне місце на ринку товарів та послуг.

Головна мета наших маркетингових досліджень - це генерування маркетингової інформації для прийняття рішень в області взаємодії суб'єктів маркетингової системи, які забезпечували б необхідні ринком кількість і якість товарних і сервісних угод при дотриманні вимоги основних факторів зовнішнього середовища і споживача.

Викладена вище загальна інформація систематизується у вигляді переліку факторів внутрішнього маркетингового середовища фірми за такими групами:

Організаційно-правові:

1. Форма власності – Партнерська приватна власність
2. Форма організації – Товариство з обмеженою відповідальністю
3. Організаційна структура – Лінійна
4. Система менеджменту.

За змістом - стратегічна - припускає обґрунтування, вибір перспективних цілей, шляхів розвитку підприємства, підвищення конкурентоспроможності, довгострокове планування, розробка цільових програм.

За об'єктом керування:

інноваційна (НТ) - організація, управління дослідженнями, освоєнням, розробкою, розподілом нововведень згідно з перспективними, стратегічними цілями, результатами маркетингових досліджень;

креативна (творча) - прагнення реалізації досвіду, знань, ідей, за допомогою організації науково-дослідних, креативних, дослідно-конструкторських дій;

1. Стиль керівництва - Демократичний

Ресурси:

2. Фінансові – як власні, так і залучені.

3. Технології: усі існуючі розробки нашої команди, колег, готове сучасне обладнання, компоненти та елементи систем, попередні зразки систем керування. Експериментальна установка для випробування системи.

4. Інформаційні: недокументовані – індивідуальні та колективні знання спеціалістів, документовані - наукові розробки та дослідження, статистичні дані, проекти, аналітичні та практичні моделі.

5. Інтелектуальні: знання, навички та виробничий досвід нашої команди та помічників і такі нематеріальні активи, як патенти, бази даних, програмне забезпечення для реалізації поставлених цілей.

Таблиця 7.1 – Аналіз внутрішнього маркетингового середовища підприємства

Внутрішні фактори	Вплив фактору		Симптоми проблеми/можливості
	Можливості	Загрози	
Проблеми стратегічного планування	Складність прогнозування, визначення цілей, завдань роботи компанії і методів їх досягнення		Проведення комплексних маркетингових досліджень, розробка стратегії діяльності компанії з урахуванням кризи
Високий інтелектуальний потенціал компанії		Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг	Оптимізація управління трудовими ресурсами; розробка методів, спрямованих на підвищення продуктивності праці
Недостатній рівень фінансування			Внесення змін до фінансового плану компанії; пошук нових інвесторів
Інноваційність технології	Пошук нових клієнтів	Співпраця з клієнтами, орієнтованими на оновлене виробництво	Спроби приваблювати клієнтів доведенням якості систем

Таблиця 7.2 – Необхідна інформація

№ п/п	Необхідна інформація
1	Комплексні маркетингові дослідження
2	Стратегії діяльності компанії з урахуванням кризи
3	Оптимізоване управління трудовими ресурсами

4	Методів, спрямовані на підвищення прибутку компанії
5	Нові інвестори для компанії
6	Пошук клієнтів
7	Способи просування в соціальних мережах

Аналіз зовнішнього маркетингового середовища

Таблиця 7.3 – Підсумкова таблиця факторів політико-правового середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Діяльність підприємства регулюється законодавчими актами і законами	За допомогою ліцензування та сертифікації можна підвищувати якість реалізованих товарів і послуг.		Дотримання захисту прав споживачів, забезпечення безпеки праці, часу роботи, мінімальної заробітної плати
Наявність складової харчової промисловості в Стратегії сталого розвитку України	Отримання державних інвестицій для впровадження технології		Пошуки каналів зв'язку з потрібними державними установами для отримання інвестицій

Таблиця 7.4 – Підсумкова таблиця факторів економічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Світова економічна		Недостатнє фінансування,	Пошук шляхів здешевлення товару

криза		відсутність інвесторів	без компенсування цього за рахунок його якості
Падіння рівню промислового виробництва в країні		Мала кількість місць впровадження технології	Пошук тільки закордонних клієнтів
Економічний потенціал країни		Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем	Саме тому впроваджуємо систему виходу кінцевого продукту виробництва на закордонні ринки

Таблиця 7.5 – Підсумкова таблиця факторів науково-технічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Інтенсивний розвиток науково-технічного прогресу	Для того, щоб бути конкурентоспроможним, підприємству необхідно відповідати трендам		Спостереження та впровадження новинок, що з'являються
Поява нових інноваційних технологій просування		Поява нових конкурентів	Постійний розвиток та вдосконалення товару, орієнтація на постійних клієнтів

виробництва			
-------------	--	--	--

Таблиця 7.6 – Підсумкова таблиця факторів демографічного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
<i>Демографічне середовище не має явно вираженого впливу на компанію</i>			

Таблиця 7.7 – Підсумкова таблиця факторів соціокультурного середовища

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Особливості відношення українських клієнтів	Перевага над конкурентами за рівнем прибутку з виробництва		Вдосконалення елементів стратегії в цілому

Аналіз факторів мікрорекетингового середовища

Таблиця 7.8 – Підсумкова таблиця впливу споживачів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Здатність покупців торгуватися		Втрата потенційних клієнтів через велику вартість товару та послуг	Співпраця з клієнтами на взаємовигідних умовах поступок

Бажання споживачів мати не тільки якісний, але й естетично гідний товар	Подолання конкурентів за рахунок унікального дизайну	Втрата клієнтів через невідповідність зовнішнього вигляду товару	Постійна робота над дизайном
Орієнтація споживачів на певну торгівельну марку		Втрата потенційно важливих клієнтів	Робота над іміджем компанії, доведення слів ділом, підтвердження якості товару

Таблиця 7.9 – Підсумкова таблиця впливу конкурентів

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Суперництво між наявними конкурентами		Витіснення конкурентами компанії з ринку	Порівняння, аналіз товару конкурентів, запозичення гарних тенденцій та запобігання помилок конкурентів
Поява нових конкурентів		Рівень інноваційності нових конкурентів перевищить рівень інноваційності компанії	Моніторинг ринку, спроби технологічно випереджувати конкурентів
Поява товарів-замінників		Поява інноваційного промислового обладнання, що не потребує впровадження	Робота над адаптивністю систем для впровадження на різні типи, види та рівні виробництва

		пропонованих систем	
--	--	---------------------	--

Таблиця 7.10 – Підсумкова таблиця впливу контактних аудиторій

Фактори	Вплив фактору		Альтернативні шляхи вирішення проблеми чи реалізації можливості
	Можливості	Загрози	
Внутрішня контактна аудиторія підприємства	Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності	Зниження продуктивності розробок за рахунок поганих відносин у колективі	Підвищення командного духу, проведення тимблдингів, корпоративів, пошук спільних інтересів
Засоби масової інформації	Просування власного бренду	Просування конкурентів, публікація неправдивої інформації	Просування власного бренду за рахунок взаємодії з різними видами ЗМІ
Професійно-технічні конференції, спільноти	Здобування підприємством «власного імені» у професійно-технічній спільноті		Співпраця з цими спільнотами, відвідування тематичних заходів, використання будь-якої можливості заявити про себе

Таблиця 7.11 – Формулювання управлінської проблеми

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом 	<ul style="list-style-type: none"> - Невідоме «ім'я» підприємства - Недостатній рівень фінансування

- Адаптованість продукту на суміжні ринки - вихід на закордонний ринок	
Можливості	Загрози
- Перевага над конкурентним товаром за рахунок некомпонентності в просуванні свого бренду - Підвищення прибутку виробництва за рахунок ефективної командної діяльності - Подолання конкуренції за рахунок унікального дизайну - Плідна співпраця з клієнтами на взаємовигідних умовах	- Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі наші послуги

Управлінська проблема:

Удосконалення стратегії просування інновації шляхом формування бренду і спрощення ставлення клієнтів до інновацій

Таблиця 7.12 – Слабкі та сильні сторони альтернативних шляхів вирішення управлінської проблеми

Альтернативи	Слабкі сторони	Сильні сторони
1. Підведення товару компанії до вимог та стандартів Європейського середовища	Незадоволеність клієнтів	Подолання конкуренції посиленням на європейські стандарти якості
2. Пошуки каналів зв'язку з потрібними державними установами для отримання інвестицій	Втрата додаткових інвесторів,	Впровадження стратегії, орієнтованої на іноземний ринок
3. Пошук клієнтів Спроби приваблювати консерваторів доведенням якості		Розширення клієнтської бази

продукту		
4. Використання різноманітних способів просування, в тому числі і в соціальних мережах	Виникнення «чорного» піару	Формування бренду, нас почнуть впізнавати
5. Демонстрація на практиці результатів впровадження стратегії		Зміна ставлення до інновацій, розширення меж потенціальних клієнтів
6. Підтримання співпраці з постійними клієнтами	Недостатня кількість уваги новим клієнтам	Підтримання стабільної бази постійних клієнтів
7. Спостереження та впровадження технологій, що йдуть в ногу з часом	Втрата важливих елементів перевірених технологій в пошуках кращого	Створення принципово нового, більш інноваційного продукту
8. Робота над іміджем компанії, доведення слів ділом, підтвердження якості товару	Виникнення «чорного» піару	Формування «імені» бренду, яке впізнають, розширення клієнтської бази, знаходження компаній для співпраці

Конкурентний аналіз

Таблиця 7.13. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції: чиста	Немає компаній які повністю завоювали ринок у цій області	Компанія повинна робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за якістю, економічністю, конкретними фізичними характеристиками). Велика кількість продавців виключає можливість праці

		виключно з іноземним ринком
2. Рівень конкурентної боротьби: Національна - конкуренція між компаніями всередині країни	Менше компаній-конкурентів, за рахунок того, що іноземні компанії не конкурують з національними.	Першим кроком орієнтуватися та виходити на іноземний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Охоплювати у співпраці максимальну кількість клієнтів, спілкуватися з ними особисто.
3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Системи керування можна використовувати для різногалузевих виробництв та процесів	Створення стратегій, що будуть адаптованими до різногалузевих клієнтів.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Під час прийняття рішення про купівлю наших послуг клієнт буде обирати за ступенем вдоволення певних потреб, в нашому випадку матеріальних	Передбачення способів просування товару та демонстрації його переваг з урахуванням потреб та точок зору різних категорій клієнтів
5. За характером конкурентних переваг: цінова	За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару	Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)
6. За інтенсивністю: немарочна	Спеціальної марки у стратегії немає.	Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.

Таблиця 7.14. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	ПАТ Кисневий завод, ТОВ Полтавський газовий завод, ПАТ Львівський хімічний завод	Основні бар'єри входження на ринок: ефект масштабу великих компаній, недостатність інвестицій, обмежена можливість науково-дослідницьких та досвідно-конструкторських робіт	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика закордоном)	Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає
Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	Постачальники загалом не диктують умови. На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Наш продукт є доволі адаптовним для виведених компонент.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати	Мінімальне обмеження через товари-замінники.

Таблиця 7.15. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Доступна ціна	За рахунок малокомпонентності системи – загальна вартість знижується
2.	Інноваційність технології	Впровадження подібних маркетингових стратегій рідко застосовується у цьому напрямку
3.	Адаптованість продукту на суміжні ринки	Використання стратегії такого виду можна адаптувати під різні галузі виробництва
4.	Співпраця тільки з іноземними компаніями	Інноваційність технології дозволяє впроваджувати ці системи не тільки на території України

Таблиця 7.16. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін системи робасного керування з використанням лінійно-квадратичного регулятора

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «INNOVATION»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Доступна ціна	17			К, Т	КСК			
2.	Інноваційність технології	18	Т, С	К	КСК				
3.	Адаптованість продукту на суміжні ринки	13			Т, С			СК	
4.	Можливість виходу на закордонний ринок	20			Т, С				КСК

Таблиця 7.17. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є «першопрхідцем»?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки

1.	Ні	Треба починати з клієнтів, не зациклених на відомому бренді, тих, хто готовий експериментувати.	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія заняття конкурентної ніші
----	----	---	---	-------------------------------------

Таблиця 7.18. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувану позицію власного проекту (три ключових)
1.	1.Аргументована ціна. 2.Супроводження товару	Стратегія диференціації	1.Продукція вищої якості за конкурентну 2.Можливість економити на ресурсах 3. Програми лояльності за тривалі контракти	1.Висока якість та надійність. 2.Тривалі контракти. 3.Програми лояльності.

Таблиця 7.19 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Висока актуальність розробки індивідуальних маркетингових стратегій	Збільшення чистого прибутку.	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Адаптованість продукту суміжні ринки

Таблиця 7.20 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної	Функції збуту, які має	Глибина каналу	Оптимальна система збу
-------	-------------------------	------------------------	----------------	------------------------

	поведінки цільових клієнтів	виконувати постачальник товару	збуту	ту
1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити ефективність впровадження стратегії	Гарантія Тестування	Нульовий рівень. Наша компанія сама розробляє та впроваджує стратегії.	Власна система збуту і домовленість про подальшу співпрацю

Таблиця 7.21 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Орієнтована на швидке та ефективне спілкування, бажано спеціалізоване	Спілкування як онлайн (сайти, соц.мережі) так і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо). Друкована продукція (каталоги, спецвидання). Документальне оформлення домовленостей	Якість залежить від ціни; Тривале партнерство = лояльні ціни; Вчасно, ефективно і економічно.	Ефективна демонстрація переваг продукції залежно від напрямку зацікавленості клієнта	Офіційний стиль. Наочна демонстрація даних (розрахунки, графіки, діаграми). Призначення зустрічей.

ВИСНОВОК

В магістерській дисертації було розглянуто процес одержання ацетилену.

Одним з основних технологічних апаратів являється холодильник газу. Отримано математичну модель холодильника газу. Зображено входи і виходи в апарат, класифікацію параметрів об'єкта і побудовано динамічні та статичні характеристики апарату за каналами керування.

На основі математичної моделі та динамічних характеристик синтезовано різні системи керування, а саме – з ПІД-регулятором, наслідувальним та інверсним нейрорегуляторами. За обраними критеріями якості обрано оптимальний контур керування – система із ПІД-регулятором. Наслідувальний та інверсійний нейрорегулятори показали більший час виходу системи на усталене значення.

Також розроблені наступні креслення: схема автоматизації процесу, принципова електрична схема з дистанційного керування двигунів, схема технологічних блокувань та аварійних сигналізацій.

При виконанні магістерської дисертації та оформленні необхідної проектної документації було застосовано програмні середовища *MS Office 2013*, *Visio 2013*, *MathCAD 15*, *MATLAB 2016*.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабіченко А.К., Тушинський В.І., Михайлов В.С. Промислові засоби автоматизації. Ч. 1. Вимірювальні пристрої / За заг. ред. Бабіченка А.К.: Навч. посібник. - Харків: НТУ "ХПГ", 2001 р. - 470 с.
2. Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза / Илья Исаевич Юкельсон. – Москва: ГХИ, 1959. – 528 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Касаткин А.Г. - Москва, 1988. - 832с;
4. Симановский А. Ю. Методика настройки регуляторов. Инструкция. – К.: МИКРОЛ, 2004. – 64с.
5. Флид М. Р., Трегер Ю. А. Винилхлорид: химия и технология. В 2 книгах. — М.: Калвис, 2008. — 584 с. — [ISBN 978-5-89530-019-0](#).
6. Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: «Химия», 1988. — С. 126-127; 140-141; 146-152. — [ISBN 5-7245-0008-6](#).
7. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.
8. Сигеру Омату, Нейроуправление и его приложения / Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф – М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с. – **ISBN: 5-93108-006-6**.
9. Хайкин Саймон Нейронные сети: полный курс, 2е издание / Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.
10. Кубрак А.І., Жученко А.І., Кваско М.З. Комп'ютерне моделювання та ідентифікація автоматичних систем. – К., “Політехніка”, 2004.
11. Коржик М.В. Моделювання об'єктів та систем керування засобами MatLab / Навч. посібн. для студентів вищих навч. закл. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016.

12. Голубятников В.А, Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в химической промышленности. – М.: Химия, 1985.
13. Автоматизовані хіміко-технологічні комплекси-1. Технологічні об'єкти керування: Метод. вказівки до практ. та лаб. занять для студ. напрямку підготовки: 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Уклад.: З.Я.Козаневич,– К. : НТУУ ”КПІ“, 2017. – 55 с.